
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS E
TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO

**MODELAGEM DE DADOS ESPACIAIS,
NO PADRÃO OMT-G, PARA CARTAS DE
SENSIBILIDADE AMBIENTAL AO ÓLEO**

DIEGO DA SILVA VALDEVINO

Orientadora: Prof^a Dr. Lucilene Antunes Correia Marques de Sá

Dissertação de Mestrado

Recife, 2010

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS E
TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO

Diego da Silva Valdevino

Tecnólogo em Geoprocessamento – Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia da Paraíba - 2008

**MODELAGEM DE DADOS ESPACIAIS PARA CARTAS DE SENSIBILIDADE
AMBIENTAL AO ÓLEO NO PADRÃO OMT-G**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, área de concentração Cartografia e Sistemas de Geoinformação defendida e aprovada em 15/09/2010

Orientadora: Prof. Dra. Lucilene Antunes Correia Marques de Sá

Recife, 2010

Catálogo na fonte

Bibliotecário Marcos Aurélio Soares da Silva, CRB-4 / 1175

V144m Valdevino, Diego da Silva.

Modelagem de dados espaciais, no padrão OMT-G, para cartas de sensibilidade ambiental ao óleo / Diego da Silva Valdevino. - Recife: O Autor, 2010.

94 folhas, il., gráfs., tabs.

Orientador: Prof. Dra. Lucilene Antunes Correia Marques de Sá .

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2010.

Inclui Referências Bibliográficas, Apêndice e Anexos.

**MODELAGEM DE DADOS ESPACIAIS PARA CARTAS
DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL AO ÓLEO NO
PADRÃO OMT-G**

POR

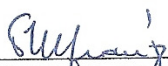
DIEGO DA SILVA VALDEVINO

Dissertação defendida e aprovada em 15/09/2010.

Banca Examinadora:



Profa. Dra. LUCILENE ANTUNES CORREIA MARQUES DE SÁ
Departamento de Engenharia Cartográfica - Universidade Federal de Pernambuco



Profa. Dra. TEREZA CRISTINA MEDEIROS DE ARAÚJO
Departamento de Oceanografia - Universidade Federal de Pernambuco



Prof. Dr. JOSÉ LUIZ PORTUGAL
Departamento de Engenharia Cartográfica - Universidade Federal de Pernambuco

Dedicatória

Aos Meus pais, Durval Valdevino e Josefa Francisca, por nunca deixaram de me apoiar em todas as horas de minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre me dar forças para continuar lutando dia-a-dia, quando eu duvidava de mim eu sempre segui em frente com a certeza que meus passos eram guiados por ele.

A minha Orientadora Lucilene, pela oportunidade impar que tive ao ser seu orientando, nos bons e nos maus momentos sempre tive certeza que poderia contar com seu apoio, carregarei para sempre a experiência que adquiri do tempo que passei no LATECGEO.

Ao Departamento de Engenharia Cartográfica da UFPE, vivo e atuante graças a sua equipe de professores, suas lições me guiaram pelos caminhos profissionais e acadêmicos pelo resto dos meus dias uteis. Agradeço em especial ao "Major" Portugal, a Andréa Carneiro, a Andréia de Seixas e a Ana Lucia, pois com carinho digo que pertence a vocês a responsabilidade de formar as próximas gerações de engenheiros cartógrafos e mestres em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação.

Aos Geógrafos e Mestrandos Caio Barbosa e Thatiana Vasconcelos, grandes amigos que fiz no LATECGEO, companheiros de batalha durante essa pesquisa, pessoas que definitivamente não vou esquecer e espero ter a chance de trabalhar com eles novamente no futuro.

Ao Departamento de Oceanografia, em especial a Professora Tereza Araújo e sua equipe de Pesquisadores Danielle, Tiago e Patrícia, sem vocês este trabalho não seria possível.

Aos meus colegas da Pós-Graduação, dentre os quais destaco Camila Junqueira, Flavio Antão, Kyara Nóbrega, Marcelo Xavier, Alex Quintan, Rosemary Nascimento, Luciene Gama, Carol Schuler, Thyago Silveira e Ligia Alcântara. Mais uma batalha vencida.

Aos Funcionários do Departamento de Engenharia Cartográfica, em especial a Judite, pois eles são uma peça fundamental para o funcionamento do Departamento.

As graduandas Ana "Aninha" Borborema e Hanna, Lima as tardes são muito menos divertidas sem vocês.

E por ultimo, mas não menos importante, meu melhor-amigo-quase-irmão João Alexandre, somos amigos a anos e sem o seu apoio eu não teria encarado essa aventura, conseguimos juntos!

“A mente que se abre a uma nova idéia jamais voltará ao seu tamanho original.”

(Albert Einstein)

SUMÁRIO

RESUMO	3
ABSTRACT	4
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	5
LISTA DE TABELAS	7
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	9
1. INTRODUÇÃO	10
1.1. Objetivos da Pesquisa	11
1.1.1. Objetivo Geral	11
1.1.2. Objetivos Específicos	11
2. CARTAS DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL AO ÓLEO – CARTAS SAO	12
2.1. Índice de Sensibilidade do Litoral – ISL	13
2.2. Habitats Submersos da Linha de Costa	15
2.3. Recursos Biológicos	15
2.4. Informações Sócio-econômicas	16
2.5. Informações estratégicas para resposta a derramamentos	17
2.6. Fontes potenciais de poluição por óleo e derivados	18
2.7. Legislação Sobre a Temática das Cartas SAO	18
2.8. Especificações e Normas Técnicas para Elaboração de Cartas SAO	20
3. SISTEMAS DE GEOINFORMAÇÕES E MODELAGEM DE DADOS ESPACIAIS	21
3.1. Sistemas de Geoinformação – SIG	21
3.1.1. TIPOS DE DADOS EM SIG	21
3.1.2. FORMAS DE AQUISIÇÃO DE DADOS EM SIG	22
3.1.3. INTEROPERABILIDADE DE DADOS EM SIG	23
3.2. Modelagem de Dados Espaciais	26
3.2.1. ABSTRAÇÃO DO MUNDO REAL	27
3.2.2. MODELO CONCEITUAL	28
3.3. O Modelo OMT-G	29
3.3.1. CLASSES	29
3.3.2. RELACIONAMENTOS	34
3.3.3. GENERALIZAÇÃO E ESPECIALIZAÇÃO	38
3.3.4. AGREGAÇÃO ESPACIAL	40

4. MODELAGEM DE DADOS ESPACIAIS PARA CARTAS DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL AO DERRAME DE ÓLEO – CARTAS SAO	43
4.1. Abstração do Mundo Real	43
4.2. Modelo Conceitual e Modelo de implementação.	44
5. ELABORAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO FÍSICO	63
5.1. Identificação das Fontes de Dados Espaciais	63
5.2. Metadados dos Documentos Cartográficos	67
5.3. Definição das Transformações dos Dados	68
5.4. Execução das Transformações	69
5.4.1. DOCUMENTOS CARTOGRÁFICOS	69
5.5. Apresentação do SIG para Cartas SAO	70
6. CONCLUSÕES	80
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
APENDICE	85
ANEXO	87

RESUMO

As Cartas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo – Cartas SAO, são instrumentos fundamentais no planejamento estratégico para os casos de derramamento de derivados de petróleo. Nestas cartas são representados os principais elementos que compõe a costa de determinada região, podendo estes elementos ser os recursos biológicos, socioeconômicos ou ainda mapeando e classificando a linha de costa de acordo com um índice de sensibilidade. Com o advento das obras para criação da refinaria Abreu e Lima, no porto de Suape - PE, em 2008, foi estabelecido um convênio entre o departamento de Engenharia Cartográfica e o departamento de Oceanografia da UFPE para geração de cartas SAO para o litoral do Estado. Estas cartas fazem parte dos planos obrigatórios estabelecidos pelo Ministério do Meio Ambiente para construções que representam risco de derramamento de óleo. Para a construção destas cartas, foi elaborado um modelo de dados espaciais em OMT-G, o mesmo tipo de modelo utilizado pela CONCAR – Comissão Nacional de Cartografia para a INDE – Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais. A necessidade de criação deste modelo se deu pela falta do mesmo dentro do manual de normas técnicas para elaboração de cartas SAO, publicado em 2004 pelo MMA. Todas as etapas para criação de uma base de dados espaciais foram utilizadas, sendo necessário um estudo de como integrar bases de dados de fontes distintas. Como resultados, obteve-se o modelo de dados espaciais para cartas SAO. Outro produto deste trabalho é um SIG voltado para cartas SAO, que integra diversas bases de dados sobre o litoral de Pernambuco. Constata-se neste trabalho a necessidade de criação de um modelo de dados para as cartas SAO, pois já é comprovado que a adoção de modelos de dados como direcionadores de esforço é uma prática que poupa tempo com discussões, eliminando erros e excessos.

Palavras-Chave: SIG, Modelagem de Dados Espaciais, OMT-G, cartas SAO.

ABSTRACT

The environmental sensitivity Index Maps – ESI Maps, are key tools in strategic planning for the cases of spillage of oil. On these maps, are represented the main elements that compose the coast of a region, and may these elements be biological resources, socioeconomic or classifying and mapping the coastline according to a sensitivity index. With the beginning of the work for creation of the Abreu e Lima's refinery on Suape's seaport – Pernambuco in 2008, a partnership between the Engineering Department of Cartographic and Oceanography's department of the UFPE was been established with the objective of generating ESI Maps to the coast of the state of Pernambuco. Since these maps are part of mandatory plans, established by the Ministerio do Meio Ambiente – MMA (Ministry of Environment) to building that pose a risk of oil spills. To build these maps, we designed a spatial data model in OMT-G, the same type of model used by *Comissão Nacional de Cartografia* – CONCAR (National Commission for Cartography) to build the *Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais* – INDE (National Spatial Data Infrastructure). The necessity of creating this model was the lack thereof within the manual of technical standards for preparation of SAO Letters, published in 2004 by the MMA. All the steps for creating a spatial database was used, requiring a study of how to integrate databases from separate sources. As a result, we obtained the spatial data model for ESI Maps. Another product of this work is a GIS focused on ESI Maps, which integrates several databases of the coast of Pernambuco. It appears in this paper the necessity of creating a data model for the ESI Maps, since it is proven that the adoption of data models as drivers of effort is a practice that saves time with discussions, eliminating errors and excesses.

Keywords: GIS, Spatial data Modeling, OMT-G, ESI Maps (*Cartas SAO*).

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ícones Representativos de Algas, Plantas Aquáticas e Recifes	15
Figura 2 - Ícone representativo e coloração do recurso biológico do grupo dos Peixes	16
Figura 3 - Ícone Representativos de Algumas Atividades Sócio-econômicas.....	17
Figura 4 - Ícones para Informações Estratégicas.....	17
Figura 5 - Ícones para Fontes Potenciais de Poluição por derivados de Óleo.....	18
Figura 6 - Cartas Náuticas que Recobrem o Litoral de Pernambuco	24
Figura 7 - Definição das Transformações	26
Figura 8 – Diagrama de Percepção Diferenciada do Mundo Real	28
Figura 9 - Notação para Classes	30
Figura 10 - Estrutura de uma Classe Georreferenciada	30
Figura 11 - Notação para Geo-campos	31
Figura 12 - Notação para Geo-objetos com Geometria	33
Figura 13 - Notação para Geo-objetos com Geometria e Topología	34
Figura 14 - Notação para Relacionamentos	34
Figura 15 – Cardinalidade.....	37
Figura 16 - Notação para Cardinalidade.....	38
Figura 17 - Notação para Generalização.....	39
Figura 18 - Tipos de Generalização	40
Figura 19 - Notação para Agregação Espacial.....	41
Figura 20 – Exemplo de Generalização Cartográfica.....	42
Figura 21 – Modelo Geral do Sistema de Geoinformações para Cartas SAO	46
Figura 22 - Detalhe da Modelagem das Classes (A) RECIFES, (B) HABITATS SUBMERSOS e (C) RECURSOS HIDRICOS.....	47
Figura 23 - Detalhe da Modelagem da Classe (D) RECURSOS BIOLOGICOS.....	48
Figura 24 - Zona de Abrangência das Bases de Dados Espaciais	64

Figura 25 - Abrangência das Cartas de Nucleação	65
Figura 26 - Abrangência dos Dados Descritivos	66
Figura 27 - Esquema de Transformações	68
Figura 28 - Estrutura do Banco de Dados Espaciais	71
Figura 29 - Criação de Domínios	71
Figura 30 - Visualização das Informações do Domínio	72
Figura 31 - Tematização dos Dados	73
Figura 32 – Atributos: Segmento	74
Figura 33 – Atributos: Recursos Socioeconômico	75
Figura 34 – Atributos: Ponto de Recursos Biológicos	76
Figura 35 – Atributos: Polígono de Recursos Biológicos	77
Figura 36 - SIG para Cartas SAO	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Escala de cores e tipos de costa característicos dos diversos ISL	14
Tabela 2 – Metadados	25
Tabela 3 - Relacionamentos Espaciais.....	36
Tabela 4 - Modelo de Dados para BANCOS	49
Tabela 5 - Modelo de Dados para CONTINENTE	49
Tabela 6 - Modelo de Dados para ISOBATAS	49
Tabela 7 - Modelo de Dados para MANCHA_URBANA	50
Tabela 8 - Modelo de Dados para MANGUES	50
Tabela 9 - Modelo de Dados para OCEANO	50
Tabela 10 - Modelo de Dados para RECURSOS HIDRICOS LINHA	51
Tabela 11 - Modelo de Dados para RECURSOS HIDRICOS AREA.....	51
Tabela 12 - Modelo de Dados para DADOS RECURSOS HIDRICOS.....	51
Tabela 13 - Modelo de Dados para VIAS.....	52
Tabela 14 - Modelo de Dados para EQUIPAMENTOS DE RESPOSTA	52
Tabela 15 - Modelo de Dados para DADOS EQUIPAMENTOS DE RESPOSTA	53
Tabela 16 - Modelo de Dados para PONTOS HABITATS SUBMERSOS	53
Tabela 17 - Modelo de Dados para AREAS HABITATS SUBMERSOS	54
Tabela 18 - Modelo de Dados para DADOS HABITATS SUBMERSOS.....	54
Tabela 19 - Modelo de Dados para AREA RECURSOS BIOLOGICOS	54
Tabela 20 - Modelo de Dados para PONTOS RECURSOSO BIOLOGICOS	55
Tabela 21 - Modelo de Dados para DADOS RECURSOS BIOLOGICOS.....	55
Tabela 22 - Modelo de Dados para RECURSOS SOCIOECONOMICOS.....	58
Tabela 23 - Modelo de Dados para AREA RECIFES.....	59
Tabela 24 - Modelo de Dados para PONTOS RECIFES.....	60
Tabela 25 - Modelo de Dados para DADOS RECIFES	60

Tabela 26 - Modelo de Dados para SEGMENTOS.....	61
Tabela 27 - Modelo de Dados para FONTES DE INFORMAÇÃO	62
Tabela 28 - Características das Imagens de Satélite	67
Tabela 29 - Características das Cartas de Nucleação	67
Tabela 30 - Características das Cartas Náuticas.....	67
Tabela 31 - Características do Banco de Dados Tradicional	67

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANP – Agência Nacional de Petróleo

CAD - *Computer-Aided Design* (Desenho Auxiliado por Computador)

CARTA SAO - Cartas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo

CONCAR – Comissão Nacional de Cartografia

CONDEPE/FIDEM – Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco

ESI MAP - *Environmental Sensitivity Index Maps*

EUA – Estados Unidos da América

GPS - *Global Positioning System* (Sistema de Posicionamento Global)

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

ISL – Índice de Sensibilidade do Litoral

MMA – Ministério do Meio Ambiente

NOAA - *National Oceanic & Atmospheric Administration* (Administração Oceânica e Atmosférica Nacional)

OMT – *Object Modeling Technique* (Técnica de Modelagem de Objetos)

OMT- G – *Geographic Object Modeling Technique*

SAD69 - *South American Datum 1969*

SGR – Sistema Geodésico de Referência

SIG – Sistema de Geoinformações

SIRGAS – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

UTM – *Universal Transverse Mercator*

WEBGIS – *Geographic Information System for WEB* (Sistema de Geoinformações para WEB)

WGS84 - *World Geodetic System 1984*

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, no ano 2000, houve dois grandes acidentes envolvendo petróleo em que cerca de 4,3 milhões de litros de óleo cru foram derramados. O primeiro ocorreu em 18 de janeiro de 2000 na baía de Guanabara (RJ), o segundo em julho do mesmo ano, em um duto da Refinaria Getúlio Vargas na cidade de Araucária (PR).

Com o objetivo de gerar planos contingenciais de resposta a eventos como os citados, a NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) desenvolveu uma metodologia para a construção de cartas temáticas em zonas costeiras dos Estados Unidos da América – EUA, com sugestões de índices de sensibilidade ao derrame de óleo, classificando as áreas de acordo com o seu uso e a sua natureza, em uma escala de risco. Também são mapeados os recursos naturais e sócio-econômicos ao longo da linha de costa, que podem ser ameaçados no caso de um derramamento. Estes mapas foram chamadas de *ESI Maps (Environmental Sensitivity Index)* e são empregadas nos planos de contingência contra derrames desde a década de 70 até os dias de hoje.

Ainda nos anos 70, a metodologia desenvolvida pela NOAA foi adaptada para a realidade brasileira. Para tanto, os elementos a serem mapeados foram alterados de acordo com os existentes na costa do Brasil. Desde então, as cartas de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo – Cartas SAO, vêm sendo construídas com base nesta metodologia adaptada.

O aumento da produção e do consumo de derivados do petróleo, bem como o enfoque dado, pela mídia, nos casos de derramamentos, contribuíram para a criação de uma legislação específica sobre o assunto. A Lei Nº 9.966, de 28 de abril de 2000 (Lei do Óleo) atribui ao MMA (Ministério do Meio Ambiente) a responsabilidade pelo mapeamento de áreas sensíveis ao derramamento dos derivados do petróleo. O MMA elaborou, em 2004, a metodologia para construção de cartas SAO através da publicação: Especificações e Normas Técnicas para Elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derramamentos de Óleo. O mapeamento, Cartas SAO, vem sendo gradualmente executado para toda a costa do Brasil.

O Manual elaborado pelo MMA divide as cartas de acordo com a escala empregada. O Manual também divide as informações que devem ser apresentadas em grupos, além de classificar a linha de costa de acordo com o seu índice de vulnerabilidade ao óleo seguindo padrões internacionais adaptados a realidade do

litoral brasileiro. O Documento prevê que as cartas geradas sejam disseminadas ao público em mídia digital pela internet (através de portais oficiais do Governo como MMA, IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis ou ANP - Agência Nacional do Petróleo), seja em formato PDF ou em formato de base de dados espaciais.

Apesar da padronização apresentada no manual englobar diversos aspectos, a publicação não prevê um modelo de dados a ser empregado em um Sistema de Geoinformações – SIG. Este fato inviabiliza a integração entre sistemas criados em locais distintos, pois estas bases terão um formato próprio. Devido à natureza delicada dos dados tratados nas cartas SAO, a integração das diversas bases de dados é fundamental para a segurança ambiental.

Em 2008 foi firmada uma pareceria entre o Departamento de Oceanografia e o Departamento de Engenharia Cartográfica da UFPE com o intuito de construir cartas SAO em escala operacional para todo o litoral de estado de Pernambuco. Este convênio ocorreu para atender aos Projetos Básicos Ambientais – PBA necessários para a implantação da Refinaria do Nordeste – RNEST (ou Refinaria Abreu e Lima).

Durante a execução das atividades para construção das cartas SAO, foi constatado o déficit causado pela falta da modelagem de dados, motivo que levou a realização desta pesquisa

1.1. Objetivos da Pesquisa

1.1.1. Objetivo Geral

Criar um modelo de dados para um SIG que atenda a geração de cartas SAO, viabilizando a integração de bases de dados espaciais.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Identificar as necessidades, em termos de bases de dados espaciais, requeridas para geração de cartas SAO;
- Propor um modelo conceitual, que atenda as necessidades específicas das cartas SAO; e
- Implementar o modelo físico em um SIG.

2. CARTAS DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL AO ÓLEO – CARTAS SAO

As cartas SAO são criadas com o objetivo de auxiliar os planos de contingência e as ações de defesa para os casos de derramamento de óleo, independente da escala do desastre. As cartas SAO representam um instrumento fundamental 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 (WIECZORECK 2006).

A sistematização da construção das cartas SAO foram iniciadas em 2000, com início das discussões sobre a elaboração das normas técnicas para elaboração de cartas SAO (SILVA *et al*, 2007). Em 2002 estas normas foram analisadas pela Comissão Nacional de Cartografia CONCAR, e se tornaram documentos cartográficos oficiais do governo brasileiro.

As cartas SAO também fazem parte dos elementos obrigatórios dos planos de ação de estruturas portuárias e outros. O MMA lançou em 2004 a publicação de título Especificações e normas técnicas para elaboração de cartas de sensibilidade ambiental para derramamentos de óleo. 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);
- Operacional: locais de alto risco/sensibilidade, com escala média (menor ou igual a 1:10.000 e maior ou igual a 1:50.000).

O MMA classifica em seis os grupos de informação que devem constar nas cartas SAO:

- índice de sensibilidade do litoral;
- habitats submersos;
- recursos biológicos;
- informações sócio-econômicas;
- informações estratégicas para resposta a derramamentos; e
- fontes potenciais de poluição por óleo e derivados.

Um exemplo de uma carta SAO é apresentado no Anexo I, que representa a região do porto de Suape, no estado de Pernambuco.

2.1. Índice de Sensibilidade do Litoral – ISL

De acordo com o MMA, um dos aspectos mais importantes a ser representado nas cartas SAO é o ISL - Índice de Sensibilidade do Litoral. Este índice hierarquiza os segmentos da costa com valores que variam de 1 a 10 (MMA 2004). Uma cor é atribuída a cada valor, de acordo com as características geomorfológicas das áreas do litoral. A escala de cores empregada é apresentada na Tabela 1. A classificação deve ser feita através de levantamento de campo por equipe especializada. Os critérios atribuídos variam de acordo com os diferentes tipos de costa.

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: a 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 a declividade influenciar diretamente na quebra e reflexão das ondas, um litoral mais inclinado tem ondas mais forte e um maior refluxo na praia, o que trará uma limpeza natural mais rápida da área atingida. Além disso, estas áreas possuem menor estabelecimento de comunidades biológicas, devido a sua pouca área e muita energia de ondas envolvidas.
- Tipos de Substrato: o tipo de substrato que é composto a praia, determina parâmetros como permeabilidade, mobilidade do sedimento e permanência do óleo. O tipo de substrato também determina a trafegabilidade dos equipamentos de resposta.

Cor	Índice	Código			Tipo de Costa
		R	G	B	
	ISL 1	119	38	105	- Costões rochosos lisos, de alta declividade, expostos - Falésias em rochas sedimentares, expostas - Estruturas artificiais lisas (paredões marítimos artificiais), expostas
	ISL 2	174	153	191	- Costões rochosos lisos, de declividade média a baixa, expostos - Terraços ou substratos de declividade média, expostos (terraço ou plataforma de abrasão, terraço arenítico exumado bem consolidado, etc.)
	ISL 3	0	151	212	- Praias dissipativas de areia média a fina, expostas - Faixas arenosas contíguas à praia, não vegetadas, sujeitas à ação de ressacas (restingas isoladas ou múltiplas, feixes alongados de restingas tipo "<i>long beach</i>") - Escarpas e taludes íngremes (formações do grupo Barreiras e Tabuleiros Litorâneos), expostos - Campos de dunas expostas
	ISL 4	146	209	241	- Praias de areia grossa - Praias intermediárias de areia fina a média, expostas - Praias de areia fina a média, abrigadas
	ISL 5	152	206	201	- Praias mistas de areia e cascalho, ou conchas e fragmentos de corais - Terraço ou plataforma de abrasão de superfície irregular ou recoberta de vegetação - Recifes areníticos em franja
	ISL 6	0	149	32	- Praias de cascalho (seixos e calhaus) - Costa de detritos calcários - Depósito de tálus - Enrocamentos ("<i>rip-rap</i>", guia corrente, quebra-mar) expostos - Plataforma ou terraço exumado recoberto por concreções lateríticas (disformes e porosas)
	ISL 7	214	186	0	- Planície de maré arenosa exposta - Terraço de baixa-mar
	ISL 8	225	232	0	- Escarpa / encosta de rocha lisa, abrigada - Escarpa / encosta de rocha não lisa, abrigada - Escarpas e taludes íngremes de areia, abrigados - Enrocamentos ("<i>rip-rap</i>" e outras estruturas artificiais não lisas) abrigados
	ISL 9	248	163	0	- Planície de maré arenosa / lamosa abrigada e outras áreas úmidas costeiras não vegetadas - Terraço de baixa-mar lamoso abrigado - Recifes areníticos servindo de suporte para colônias de corais
	ISL 10	214	0	24	- Deltas e barras de rio vegetadas - Terraços alagadiços, banhados, brejos, margens de rios e lagoas - Brejo salobro ou de água salgada, com vegetação adaptada ao meio salobro ou salgado; apicum - Marismas - Manguezal (mangues frontais e mangues de estuários)

Tabela 1 – Escala de cores e tipos de costa característicos dos diversos ISL

Fonte: MMA (2004)

2.2. 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 antepraia (*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, de acordo com o manual do MMA, e apresentados na Figura 1.

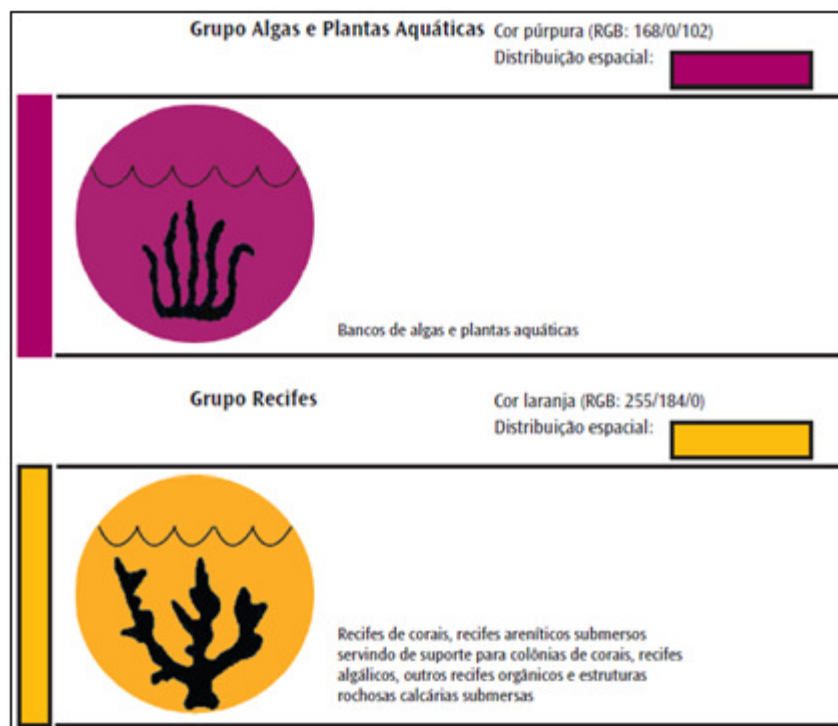


Figura 1 - Ícones Representativos de Algas, Plantas Aquáticas e Recifes

Fonte: MMA (2004)

2.3. Recursos Biológicos

Segundo o MMA, este é o elemento mais importante para as cartas SAO (MMA 2004). Os maiores objetivos em mapear os recursos biológicos são os de ter dados sobre a concentração das espécies, o de 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 ícone representativo, segundo padrão apresentado pelo MMA, conforme ilustrado na Figura 2. As espécies a serem mapeadas são divididas nos seguintes grupos: Mamíferos (aquáticos e terrestres), peixes, répteis/anfíbios, invertebrados marinhos e aves. A Lista completa de ícones está disponível no manual do MMA.

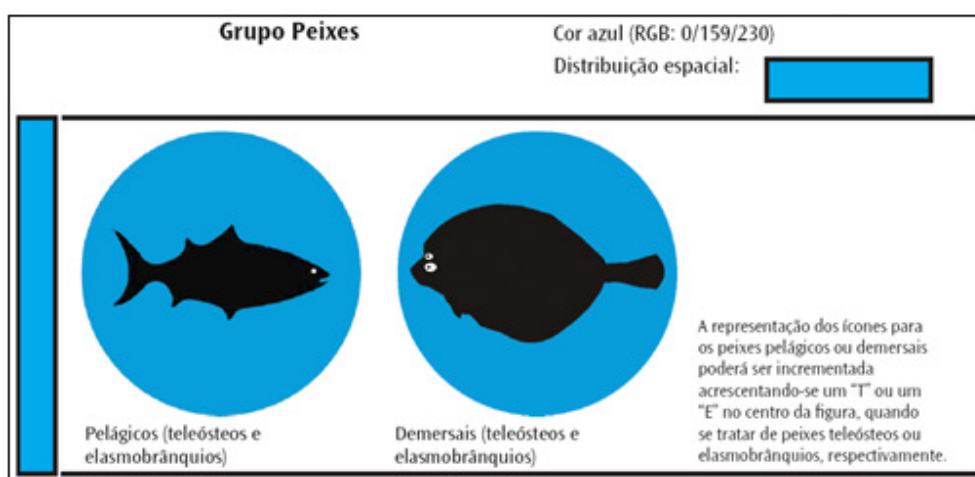


Figura 2 - ícone representativo e coloração do recurso biológico do grupo dos Peixes

Fonte: MMA (2004)

2.4. Informações Sócio-econômicas

As atividades sócio-econômicas presentes na região de costa 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 quanto pelas ações de combate a poluição por óleo. As atividades são representadas por ícones preto e branco conforme ilustrado na Figura 3. A Lista completa de ícones está disponível no manual do MMA.

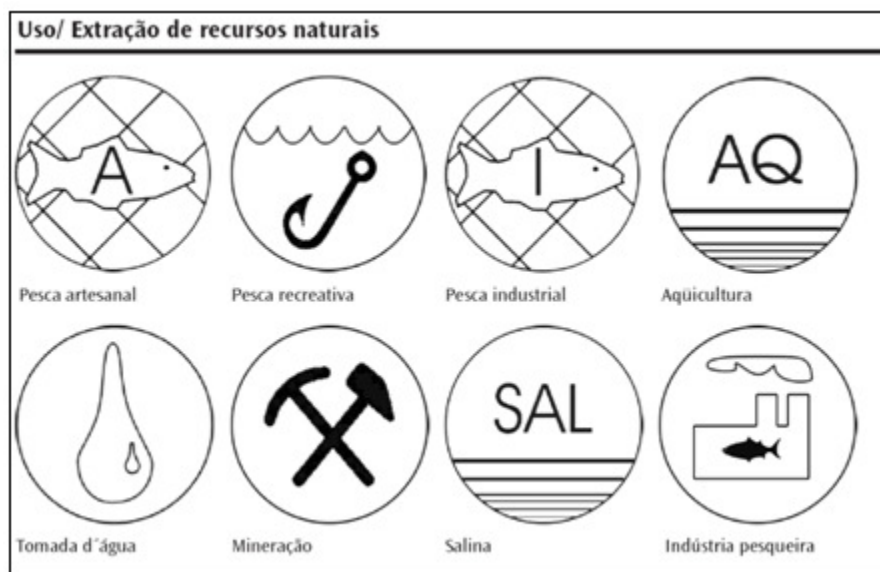


Figura 3 - Ícone Representativos de Algumas Atividades Sócio-econômicas

Fonte: MMA (2004)

2.5. Informações estratégicas para resposta a derramamentos

Dentre as informações importantes para resposta a derramamentos, o MMA considera indispensáveis informações sobre estradas secundárias, locais de atracação, rampas para barcos, aeroportos, heliportos/helipontos, depósitos e locais de concentração para equipamentos de contenção, limpeza e transporte (MMA 2004). Alguns destes elementos são apresentados na Figura 4 A Lista completa de ícones esta disponível no manual do MMA.

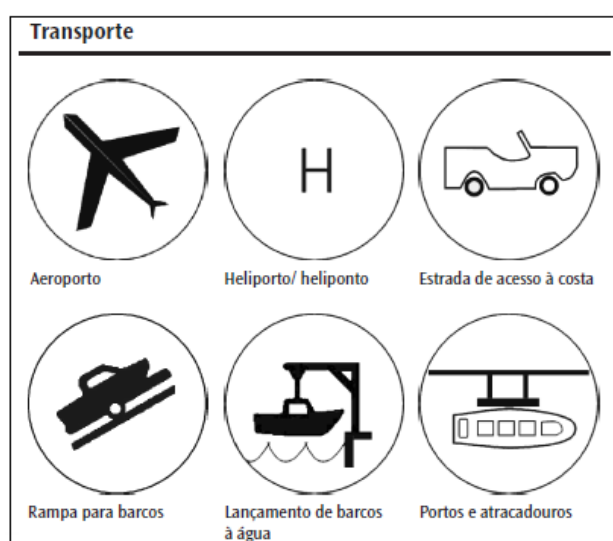


Figura 4 - Ícones para Informações Estratégicas

Fonte: MMA (2004)

Outras informações devem aparecer nas cartas, quando não poluírem a clareza cartográfica, como indicação de canais estreitos, recifes, rochas, bancos de areia ou águas de baixa profundidade. Quando estas não forem possíveis de se representar, deve haver indicação da carta náutica correspondente a região. Além destas informações, telefones de contato dos responsáveis e dos moradores da região, bem como de outros contatos importantes, devem estar presentes na base de dados das cartas SAO.

2.6. 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. Alguns ícones, presentes no Manual são apresentados na Figura 5

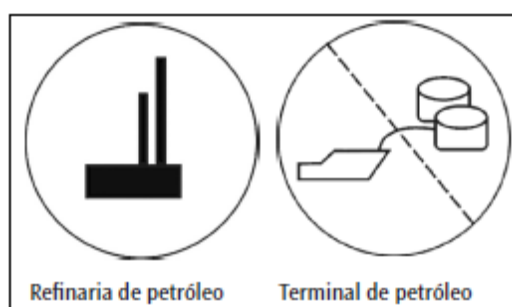


Figura 5 - Ícones para Fontes Potenciais de Poluição por derivados de Óleo

Fonte: MMA (2004)

2.7. Legislação Sobre a Temática das Cartas SAO

Do ponto de vista legal, as cartas SAO são regulamentadas pela Lei Nº 9.966, de 28 de abril de 2000 e pelo Decreto Nº 4.871, de 06 de novembro de 2003.

- Lei Nº 9.966 de 28 de abril de 2000: Esta Lei Dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências (BRASIL 2000).

A lei estabelece os princípios básicos a serem obedecidos na movimentação de substâncias nocivas ou perigosas como óleo dentro de instalações portuárias, plataformas e navios em águas nacionais. Além disso, ela define que todas as instalações portuárias, portos organizados e plataformas devem ter planos de emergência individuais para o combate a poluição por óleo, sendo estes submetidos aos órgãos ambientais competentes. O conjunto de planos individuais será consolidado pelo órgão ambiental competente em forma de planos de contingência em articulação com os órgãos de defesa civil.

Além das definições mencionadas, a Lei também atribui responsabilidades aos órgãos competentes nas esferas federal, estadual e municipal, autoridades marítimas e órgão regulador da indústria de petróleo para que estes sejam os responsáveis por fiscalizar, regulamentar e punir dentro de suas atribuições.

- Decreto Nº 4.871 de 06 de novembro de 2003: O decreto dispõe sobre a instituição dos Planos de Áreas para o combate à poluição por óleo em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências (BRASIL 2003).

O Art. 2 do Decreto define o plano de emergência individual como um documento ou conjunto de documentos que contenham informações e descrições dos planos de emergências individuais relativos a uma instalação, entende-se como instalação portos organizados, instalações portuárias, terminais, dutos, plataformas e suas respectivas instalações de apoio. Os documentos que compõe os planos individuais são:

- Mapa de Sensibilidade Ambiental conforme especificações e normas técnicas para elaboração de cartas SAO;
- identificação dos cenários de acidentes que requeiram o acionamento de Plano de Área;
- caracterização física da área;
- inventário e localização de recursos humanos e materiais disponíveis para resposta a incidentes de poluição;
- critérios para disponibilização e reposição dos recursos previstos nos Planos de Emergência Individuais;
- critérios e procedimentos para acionamento do Plano de Área;
- plano de comunicação;
- exercícios simulados e programas de treinamento;

- instrumentos que visem à integração com outros planos de área e acordos de cooperação entre diversas instituições;
- critérios para encerramento dos Planos de Área;
- procedimentos para articulação coordenada entre as instituições e instalações envolvidas no plano de área; e
- procedimentos para resposta a incidentes de poluição de origem desconhecida ou onde seja impossível identificar imediatamente o poluidor.

O Decreto também define, planos de área, que são conjuntos de Planos Individuais de uma determinada área. Tem como objetivo integrá-los para facilitar e ampliar a capacidade de resposta, bem como orientar as ações necessárias nos casos de incidentes de fontes desconhecidas.

2.8. Especificações e Normas Técnicas para Elaboração de Cartas SAO

Com o objetivo de cumprir o estabelecido nos decretos 9.966 e 4.871, o MMA publicou um guia para elaboração de cartas SAO com o título de “Especificações e normas técnicas para elaboração de cartas de sensibilidade ambiental para derramamentos de óleo”.

Neste manual é apresentada a metodologia que deve ser empregada para elaboração de cartas SAO, com as descrições, métodos de coleta de dados, fichas de coleta de dados, simbologia entre outros.

3. SISTEMAS DE GEOINFORMAÇÕES E MODELAGEM DE DADOS ESPACIAIS

Devido alta sensibilidade de certos segmentos da costa a derramamentos de óleo, as decisões com respeito as ações de contingência tem que ser tomadas com grande velocidade e assertividade. Para tanto, o suporte à tomada de decisões que um SIG (Sistema de Geoinformações) proporciona o transforma em uma tecnologia fundamental a ser empregada no 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 ferramentas computacionais essenciais na tomada de decisões (ARONOFF 1989).

Os SIG são ferramentas 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).

Os dados são fatos conhecidos, registrados e que tem um significado implícito (ELMASRI e NAVATHE 2000). É possível diferenciar “dados” de “informações”, caracterizando como dado tudo aquilo que é mensurado e observado (HOHL1998). Apenas quando são organizados, processados e analisados os dados se transformam em informação.

3.1.1. TIPOS DE DADOS EM SIG

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

- Dados Espaciais: Definidos por CAMARA como dados que descrevem fatos, objetos e fenômenos associados a sua localização na superfície terrestre em um certo instante ou período de tempo. Estes podem ser,

basicamente de quatro tipo: pontos (ou nós), linhas, polígonos e células (ou matrizes) (CAMARA *et al.*, 1996).

- Dados Descritivos: armazenam dados sobre os objetos espaciais, estes dados podem variar de estrutura de acordo com a natureza do que está sendo armazenado (BURROUGH 1986). Estas estruturas incluem dados descritivos, de medidas, indicação de período de tempo entre outros, podendo ser numéricos ou alfanuméricos.
- Relacionamento Espacial: descrevem as relações dos dados com outros dados, podendo ser de três tipos, topológicos como vizinhança, incidência e sobreposição, direcionados como acima, abaixo e ao lado, e métricos que definem distância (perto, longe) e direção (norte, sul)
- Tempo: Estes tipos de dados armazenam informações de como determinados parâmetros evoluem com o passar do tempo, como tábuas de marés (BURROUGH 1986).

3.1.1.1 Metadados:

Metadados podem ser definidos como dados sobre os dados (MOURA 2005). Metadado é a informação estruturada que descreve, explica, localiza ou facilita a recuperação, o uso ou o manejo de informações. Os metadados descrevem como os dados foram coletados, como estão armazenados, quando foram armazenados dentre outras características importantes.

3.1.2. FORMAS DE AQUISIÇÃO DE DADOS EM SIG

Os dados para criação de um SIG podem ser advindos de uma ampla gama de fontes, podendo estas ser diretas ou indiretas. É possível citar como fontes diretas os dados advindos de técnicas como posicionamento por satélite, topografia, sensoriamento remoto, levantamento de dados em campo e fotogrametria (HOLL 1998). Também é uma prática usual, na obtenção de dados para um SIG, a importação/conversão de dados já existentes, sendo esta uma forma de aquisição

indireta. Para tanto esta importação pode ser de formato de arquivos (como arquivos CAD para Arquivos SHP) ou uma conversão cartográfica (como transformações de sistema de coordenada e/ou Datum).

3.1.3. INTEROPERABILIDADE DE DADOS EM SIG

Uma das grandes problemáticas em SIG está na integração de dados, principalmente considerando a natureza variada das fontes que podem ser utilizadas. Existem quatro categorias de heterogeneidade entre fontes de dado em SIG: conceitual, modelagem espacial, estrutural e semântica (HAKIMPOUR 2003).

- A heterogeneidade conceitual indica interpretações diferentes para o mesmo objeto, como uma rodovia ser interpretada como um conjunto de linhas ou conjuntos de nós e linhas uni-direcionadas.
- A heterogeneidade de modelagem espacial advém da forma física como certas classes de objetos são representados, como um rio ser representado por linhas ou polígonos.
- A heterogeneidade estrutural está relacionada ao formato de armazenamento nativo do sistema que os dados que deu origem aos dados, como um sistema baseado em arquivos SHP e outro em DWG.
- A heterogeneidade semântica advém das convenções utilizadas para classificar os dados, como quando em um SIG as estradas pavimentadas são consideradas principais enquanto em outro apenas as rodovias federais e estaduais são consideradas principais.

Ainda tratando de heterogeneidade, destaca-se que no processo de interoperabilidade de dados em SIG, deve-se considerar disparidades técnicas 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 de elementos como o datum, a projeção, o sistema de coordenadas, os modelos de dados, a resolução espacial e temporal, a precisão e a exatidão (FINN *et al.*, 2004).

As pesquisas realizadas por REIS *et al.*, (2003), ESTRADA e PAIVA, (2003), MOROCHO *et al.*, (2003) e FONSECA (2002), que tratam da questão da interoperabilidade entre bases de dados espaciais, mostram que é possível chegar a

uma série, comum, de procedimentos necessários para viabilizar a integração de dados, de fontes variadas, em uma única base de dados espaciais. Estes procedimentos são a avaliação da distribuição espacial, a análise de metadados, a definição das transformações necessárias e por fim a transformação dos dados para sua integração no SIG.

- Avaliação da distribuição espacial: O conhecimento da área a ser contemplada pelo SIG é fundamental. Portanto distribuir os dados ao longo da região de estudo permite avaliar a necessidade ou não de mais fontes de dados. A exemplo disto é ilustrado na Figura 6 a Distribuição das cartas Náuticas ao longo do litoral do estado de Pernambuco;

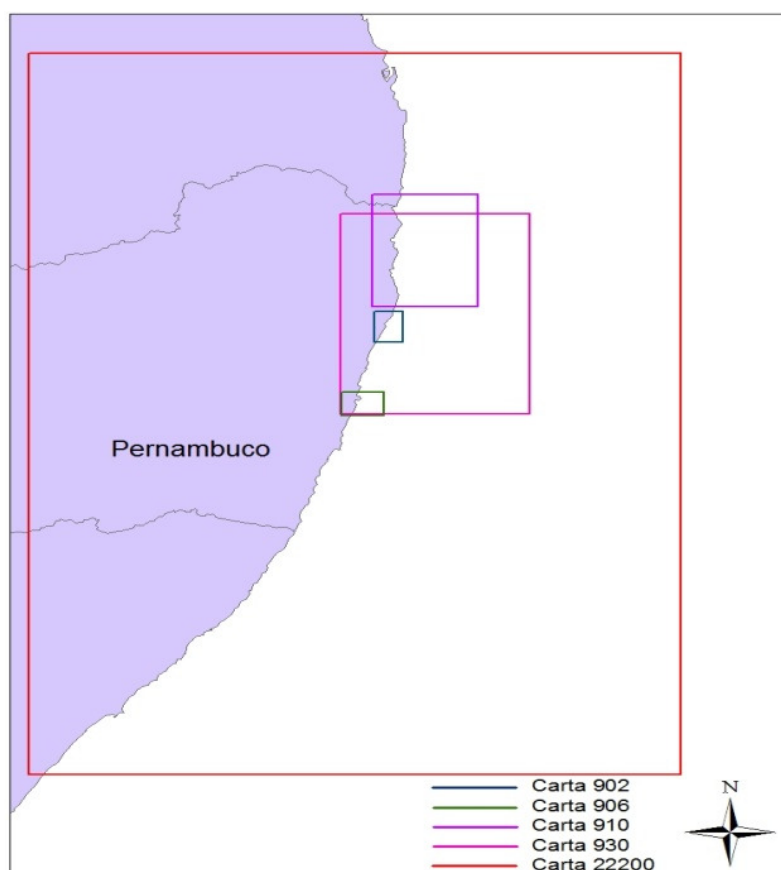


Figura 6 - Cartas Náuticas que Recobrem o Litoral de Pernambuco

- Análise de Metadados: O procedimento seguinte é a avaliação individual da estrutura dos dados, o que permite definir os tipos de transformações que devem ser aplicadas aos dados para sua posterior

integração. As informações a serem avaliadas nesta etapa são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Metadados

Elemento	Nome do Elemento em análise
Formato	Formato de armazenamento
Fonte	Fonte dos Dados
Escala	Escala de Aquisição dos Dados
SGR	SGR do Elemento
Projeção	Sistema de Projeção dos Elementos
Atributos	Atributos dos Elementos

- Definição das Transformações: A avaliação das transformações necessárias é a etapa mais complexa, pois além da necessidade de um levantamento detalhado sobre as fontes de dados, também é necessário domínio das técnicas de transformação, para que partir delas sejam definidas as atividades a serem executadas e as que não são necessárias para a integração dos dados. Um esquema é uma boa forma de apresentação para esta avaliação, pois facilita a visualização e o controle das transformações. No esquema de apresentação das transformações, retângulos representam os elementos a serem transformados (ou em processo de transformação), setas indicam o sentido da transformação e círculos indicam o tipo de transformação a ser executada. As transformações podem ser: A - Generalização Cartográfica, C - Transformação de Coordenadas, D - Transformação para Formato Digital (Digitalização), E - Transformação de Estrutura de Dados (formato de Armazenamento), G - Georreferenciamento, O - Seleção de Atributos ou Objetos, R - Transformação em Raster, S - Transformação de SGR, T - Transformação de Atributos, V - Vetorização. A Figura 7 exemplifica este procedimento, onde cartas náuticas em formato raster tem seus dados vetorizados, gerando dados sobre curvas batimétricas e pontos batimétricos.

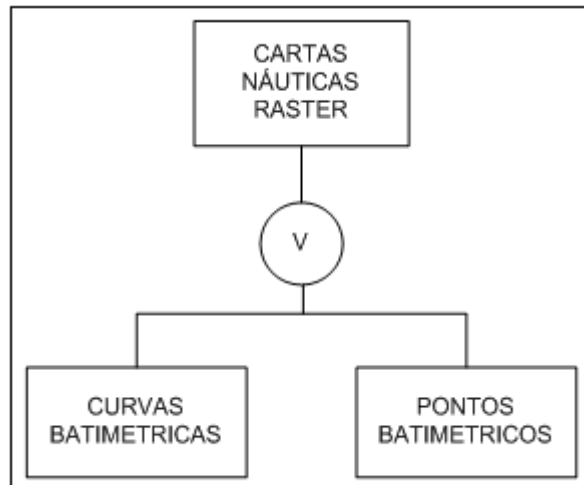


Figura 7 - Definição das Transformações

- Transformação e integração no SIG: Nesta etapa são executadas as transformações definidas e os dados são finalmente integrados.

3.2. 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 tem que ser apoiada em quatro premissas (YOURDON 1990):

- Modelo Gráfico dos Elementos: Uma figura pode representar facilmente idéias que necessitariam de diversas páginas para serem explicadas. A utilização de recursos visuais não descarta a descrição de elementos, mas sim corrobora com o seu entendimento.
- Estrutura Top-Down: Esta consiste na divisão lógica dos elementos que compõe o sistema, de maneira que sejam representados em um aspecto geral, mas que suas partes sejam representadas separadamente, pois representar grandes sistemas em uma única figura pode resultar em algo confuso e de difícil representação real.
- Modelo da Mínima Redundância: Alterações feitas no sistema requerem que a parte alterada seja repensada e refeita, se um elemento se repete em várias

partes do sistema e esse elemento é alterado, todas as partes têm que ser alteradas.

- Princípio dos Modelos Transparentes: O modelo gerado tem que ser simples de ler o suficiente para que uma pessoa sem conhecimento técnico sobre modelagem de dados, mas com conhecimentos sobre o objeto sendo modelado, seja capaz de entender a realidade apresentada.

A Modelagem de Dados Espaciais é o processo pelo qual a estrutura fundamental de uma aplicação é abstraída e descrita, logo, através da modelagem de dados é possível solucionar um dos problemas da integração de dados, que é a definição de como deve ser a estrutura integrada dos dados (SA 2001). É preferível a criação de modelos e não apenas sistemas, já que com a modelagem é possível focalizar a atenção nas características relevantes do sistema (YOURDON 1990).

Existem diversas técnicas de modelagem de dados. Começando na década de 90 e cada vez mais com o passar do tempo, as técnicas de modelagem com orientação a objetos 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, classes e suas relações (CAMARA 2001).

As técnicas de modelagem têm diversas ferramentas para representação da realidade em seus diversos níveis. Podem ser divididas em três as etapas da modelagem (SA 2001): abstração do mundo real, geração do modelo conceitual e construção do modelo físico.

3.2.1. ABSTRAÇÃO DO MUNDO REAL

Nesta etapa, é feito um estudo da realidade em que está inserido o sistema sendo desenvolvido. Para tanto é necessário que o desenvolvedor se insira na realidade do sistema sendo modelado para que possa compreendê-lo, não do ponto de vista externo, mas do interno, pois certas nuances não serão percebidas de outro modo (SA 2001).

Para se ter uma interpretação desta questão, a Figura 8 ilustra a situação da percepção distinta do mundo real, onde o desenvolvedor enxerga de um modo e o usuário enxerga de outro, o grande objetivo da abstração do mundo real é o de descrever o máximo possível a realidade percebida em comum.

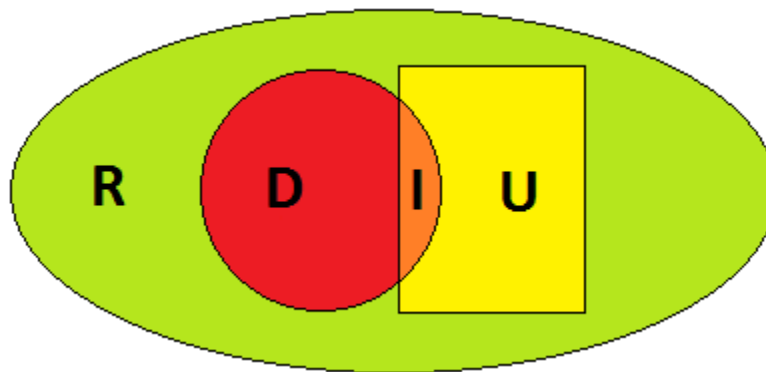


Figura 8 – Diagrama de Percepção Diferenciada do Mundo Real

R = Mundo Real, D = Desenvolvedor, U = Usuário, I = Realidade Percebida em
Comum

Fonte Adaptada: SÁ (2001)

3.2.2. MODELO CONCEITUAL

Modelo conceitual é definido como um conjunto de instrumentos usados para descrever dados, relacionamentos, semântica e regras de consistência (SILBERSCHATZ 1997). Ferramentas de análise conceitual podem ser empregadas para geração deste modelo. O modelo conceitual é uma transição entre a abstração do mundo real e o modelo físico que será implantado.

Existem diversas técnicas de modelagem orientada a objetos, para geração do modelo conceitual. Uma destas técnicas, é a OMT-G (*Geographic Object Modeling Technique* – Técnica de Modelagem de Objeto Espacial).

3.2.3 MODELO FÍSICO

Nesta etapa, o modelo conceitual elaborado é implementado no computador, sendo definidos padrões, formas de armazenamento e a estrutura de dados que cada representação terá (CAMARA *et al*, 2001)

3.3. O Modelo OMT-G

A técnica de modelagem OMT – *Object Modeling Technique* (TMO – Técnica de Modelagem de Objetos) surgiu no começo dos anos 90. Este modelo tem como estrutura básica o objeto, combinando em um único elemento a estrutura e o comportamento dos dados (RUMBAUGH *et al*, 1994).

O modelo OMT tem como foco de estudo as classes, que são generalizações de objetos reais, e a maneira como estas se relacionam (RUMBAUGH *et al*, 1994). Como exemplo de objetos temos os mamíferos, que mesmo sendo de diversas espécies, continuam sendo mamíferos .

O modelo OMT-G é uma Extensão do modelo OMT acrescido de notações capazes de representar as primitivas geométricas dos elementos modelados, bem como seus relacionamentos. Este modelo foi originalmente apresentado em BORGES (1997), recebendo contribuições posteriores, como as presentes em DAVIS JUNIOR e LAENDER (2000) onde são apresentadas extensões para produção de esquemas de apresentação dos dados, como forma e cor e.

Assim como o modelo no qual se baseia, o modelo OMT-G tem como unidade básica as classes, além de apresentar as maneiras como as diversas classes se relacionam (BORGES 1997).

Para este trabalho foi escolhido o modelo OMT-G por este ser o modelo utilizado pela CONCAR na criação da INDE – Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais.

3.3.1. CLASSES

Dentro do modelo OMT-G, existem dois tipo de Classes básicas: as georreferenciadas e as convencionais (BORGES 1997).

Uma classe Georreferenciada apresenta objetos que tem representação espacial associada a elementos do mundo real.

Uma classe convencional apresenta objetos semelhantes a classe georreferenciada porém não representáveis geometricamente. Pode-se citar como exemplo de classe georreferenciada estabelecimentos comerciais e como classe convencional os funcionários de estabelecimentos comerciais, ambas as classes

possuem atributos e dados, porém uma pode ser representada espacialmente e a outra não.

Dentro da notação OMT-G, as classes georreferenciadas e as convencionais são representadas segundo a forma apresentada na Figura 9, onde também é apresentada a notação normal e a notação simplificada das classes.

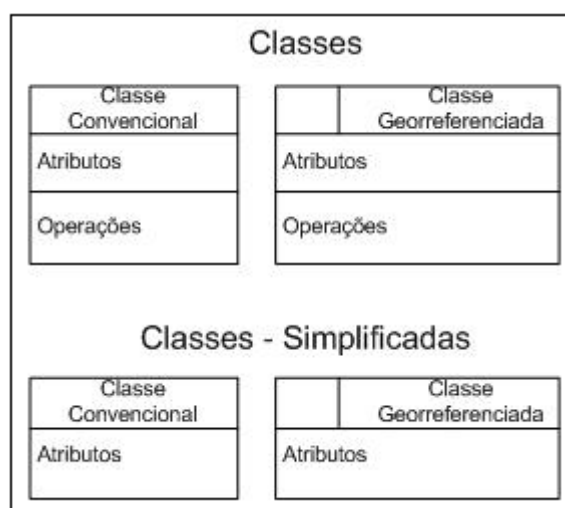


Figura 9 - Notação para Classes

A notação de uma classe Georreferenciada é dividida em 4 elementos, conforme ilustrado na Figura 10. O canto superior esquerdo (1) indica a natureza da classe (quanto a sua forma de apresentação), o superior direito (2) indica o nome da classe, a do meio (3) indica os atributos que esta classe possui e a de baixo (4) indica as operações que podem ser executadas com os dados da classe (estas operações são apresentadas em RUMBAUGH *et al*, (1994)).

As classes georreferenciadas são divididas em geo-campos e geo-objetos, de acordo com a natureza da classe.

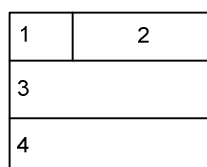


Figura 10 - Estrutura de uma Classe Georreferenciada

3.3.1.1. Geo-campos

Geo-campo é definido como uma maneira de representar a distribuição espacial de uma variável geográfica sobre uma região da superfície (GOODCHILD 1992).

Dentro do modelo OMT-G, as classes que representam os geocampos são: isolinhas, polígonos adjacentes, tesselação, amostragem e rede triangular irregular (BORGES 1997). A definição destas classes é apresentada adiante, a notação e exemplos destas são vistas na Figura 11.

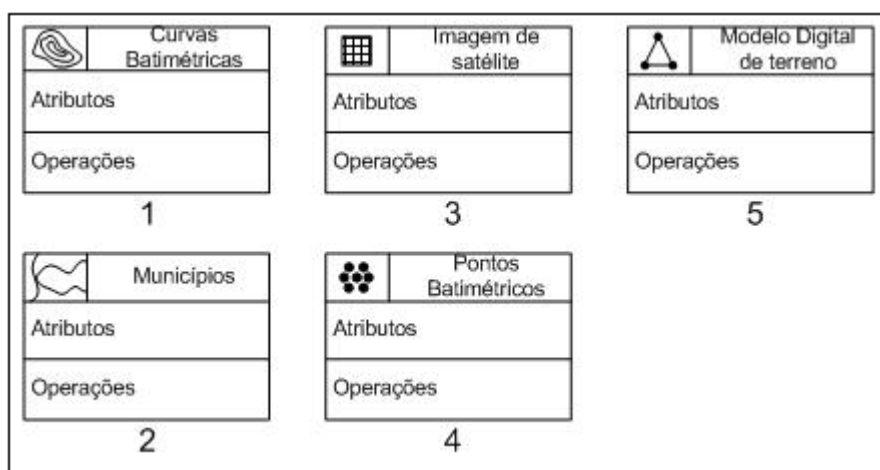


Figura 11 - Notação para Geo-campos

1 – Isolinhas, 2 - Polígonos Adjacentes, 3 – Tesselação, 4 – Amostragem, 5 – Rede Triangular Regular

- Isolinhas são conjuntos de linhas fechadas, que não se tocam e que apresentam valor constante da variável que representa. É possível citar como exemplo de isolinhas as curvas batimétricas apresentadas em cartas náuticas.
- Polígonos Adjacentes são entendidos como conjuntos simples de subdivisões do domínio espacial, que não se sobrepõe e que abrangem a região como um todo. Um exemplo claro de polígonos adjacentes é a divisão dos municípios de um estado.
- Tesselação são dados apresentados como um conjunto de subdivisões regulares do domínio espacial, que não se sobrepõem e cobrem todo o

domínio. Um exemplo destes são imagens de satélite, onde cada pixel possui valores próprios para todas as posições da área da imagem.

- Amostragem são dados que se apresentam como uma coleção de pontos, regulares ou irregulares, distribuídos por todo o espaço geográficos amostral. É possível citar como exemplo os pontos batimétricos apresentados em cartas náuticas.
- Rede Triangular Irregular são dados apresentados como um conjunto de grades triangulares, cobrindo toda uma extensão, e representando a variação de determinado parâmetro ao longo desta superfície. Um exemplo deste tipo de dado é a representação da superfície do fundo do mar através da modelagem digital de terreno.

3.3.1.2. Geo-Objetos

Os geo-objetos podem ser definidos como a representação de entidades do domínio geográfico, individualizáveis, que possuem atributos alfanuméricos descritivos e que apresentam uma vasta capacidade de representação geométrica (GOODCHILD 1992). Os Geo-objetos são divididos em dois tipos, dentro do OMT-G: Geo-objeto com geometria e Geo-objeto com topologia e geometria. Ambos possuem notações próprias de representação.

- Geo-Objetos com Geometria

São tratados como objetos da classe *Geo-Objeto com Geometria* objetos que possuem apenas representação geométrica. Sua notação é apresentada na Figura 12 e são especializadas em três tipos: Ponto, Linha e Polígono.

- **Ponto:** Representa classes que podem ser representadas, pontualmente, por um único par de coordenadas (X,Y), como exemplo temos a localização de pontos comerciais ao longo do litoral.

- **Linha:** Classes representadas como objetos lineares, sem a necessidade de ligações uns com os outros, representam a subclasse linha. É possível citar como exemplo os segmentos que compõe a linha de costa.

- **Polígono:** A subclasse polígono é representada por objetos que representam uma área, podendo estes estar conectados, como os rios que compõe uma bacia hidrográfica, ou não estar conectados, como uma ilha no meio do oceano.

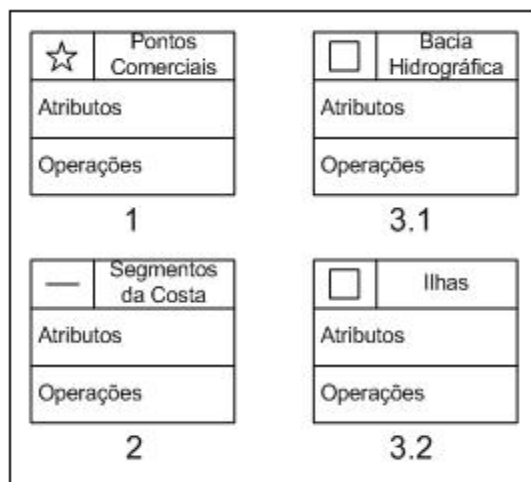


Figura 12 - Notação para Geo-objetos com Geometria

- Geo-Objetos com Geometria e Topologia

A classe de Geo-Objetos com Geometria e Topologia representa objetos que, além das propriedades geométricas, possuem relações topológicas de conectividade representadas por nós e segmentos orientados. Os Objetos com Geometria e Topologia podem ser especializados em Nó, Linha Uni-direcionada e Linha Bi-direcionada e sua notação é apresentada Figura 13.

- **Nó:** Representa objetos pontuais no fim de linhas ou no cruzamento destas. Tem como propriedade a conectividade o que garante a conexão com as linhas. Como exemplo é possível citar os cruzamentos de uma malha viária.

- **Linha Uni-direcionada:** Representa objetos lineares que possuem uma direção e que começam e terminam em um nó. É importante notar que cada linha deve estar ligada a dois nós ou a outra linha Uni-direcionada. Como exemplo tem-se os trechos de uma malha viária com a representação do fluxo de veículos em uma única direção.

- **Linha Bi-direcionada:** são objetos lineares, que possuem dois sentidos de fluxo e que começam e terminam em um nó ou outra linha bi-direcionada. Como exemplo temos trechos de uma malha viária onde o fluxo de trânsito pode seguir nos dois sentidos.

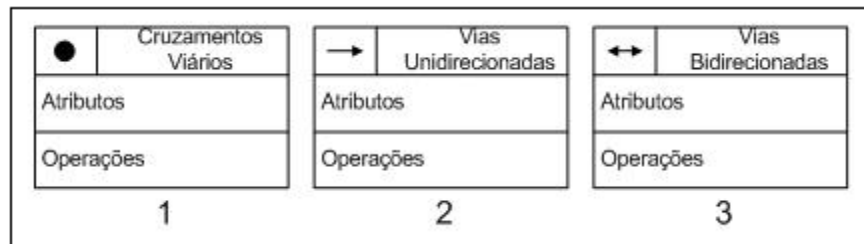


Figura 13 - Notação para Geo-objetos com Geometria e Topologia

3.3.2. RELACIONAMENTOS

Dentro do modelo OMT, os relacionamentos representam uma conexão física ou conceitual entre instâncias de objetos, entendendo instância como o dado em um determinado instante (RUMBAUGH *et al*, 1994). Em se tratando do OMT-G além das relações tradicionais também são representados os relacionamentos espaciais dos elementos. Os relacionamentos podem ocorrer entre classes georreferenciadas, entre classes convencionais e também misturando ambas (DAVIS JR E LAENDER 2000). Considerando a importância das relações espaciais e não espaciais na compreensão do espaço que está sendo modelado, são apresentados três tipos de relacionamentos entre as classes: Associações simples, Relações espaciais e Relações Topológicas de rede (BORGES 1997). As notações são apresentadas na Figura 14 e sua descrição é apresentada adiante.

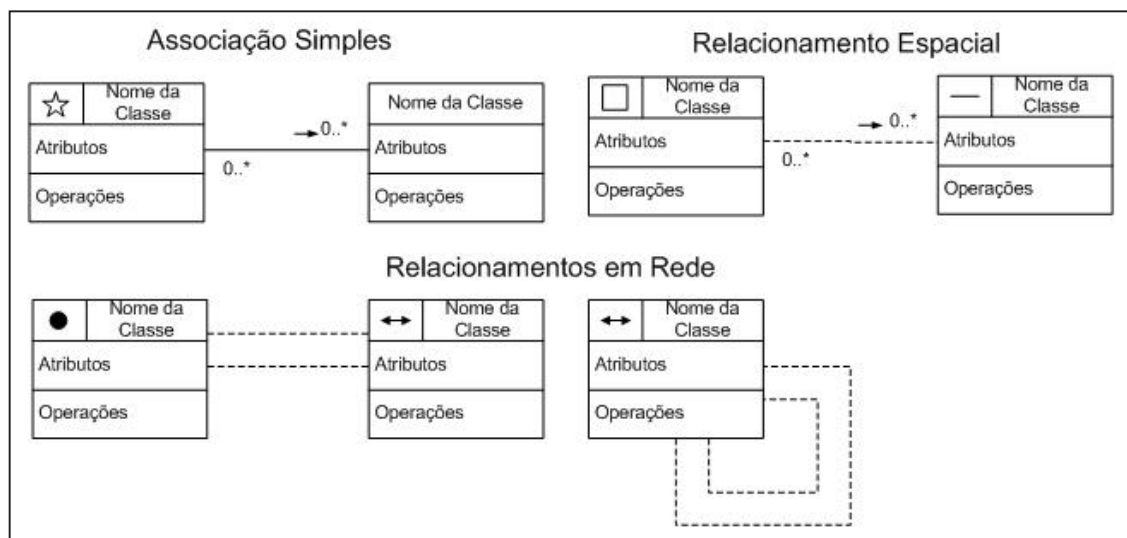


Figura 14 - Notação para Relacionamentos

- **Associação simples:** Representa os relacionamentos estruturais entre objetos, convencionais ou georreferenciados, de diferentes classes. As associações simples são representadas por linhas contínuas ligando duas classes, e podem ter atributos próprios. Também pode ser representada uma seta indicando o sentido da associação.
- **Relações Espaciais:** Os relacionamentos espaciais são as relações topológicas, métricas, ordinais e *fuzzy* (relações que envolvem variáveis com determinado peso) entre os objetos de uma classe. O objetivo da representação dessas relações no modelo OMT-G é o de tornar explícita as interações espaciais entre as classes, apesar de muitas aplicações não terem a necessidade do uso destas relações. Um tipo particular de relacionamento espacial é a hierarquia espacial, onde a classe que representa o domínio espacial é conectada as divisões do espaço modelado. Um exemplo disso é o da malha municipal de um estado, onde todos os municípios tem como característica o nome do estado ao qual pertencem.

Baseado-se em pesquisas, é possível chegar a seguinte lista de relações espaciais, apresentadas no modelo OMT-G e ilustradas na Tabela 3 (BORGES 1997): disjunto, contém, dentro de, toca, cobre, coberto por, sobrepõe, adjacente, perto de, acima/abaixo, sobre, sob, entre, coincide, cruza, atravessa, em frente a e paralelo. É importante notar que o relacionamento contém é tratado como um tipo de agregação espacial.

- **Relações em Rede:** são relacionamentos mantidas através da própria estrutura de dados de um SIG, representando os arcos e nós conectados. No modelo OMT-G estas relações são representadas por duas linhas pontilhadas paralelas ligando classes do tipo nó com as do tipo linha uni-direcionada ou bi-direcionada. Também é possível a uma classe do tipo linha uni ou bi-direcionada ser ligada com ela mesma, representando uma rede sem nós.

Tabela 3 - Relacionamentos Espaciais

Relação	Ponto - Ponto	Ponto - Linha	Ponto - Polígono	Linha - Linha	Linha - Polígono	Polígono - Polígono
Relacionamento						
Disjunto						
Contém	-	-	-	-	-	
Dentro de	-	-		-		
Toca						
Cobre	-	-	-	-	-	
Coberto por	-	-	-	-	-	
Sobreposição	-	-	-	-	-	
Adjacente		-				-
Perto de			-			-
Acima/Abaixo						-
Sobre/sob	-		-		-	-
Entre	-	-	-		-	-
Coincide		-	-		-	
Cruza	-	-	-			-
Atravessa	-	-	-	-		-
Em Frente a		-		-		-
Paralelo	-	-	-		-	-

Os relacionamentos tem como propriedade geral a cardinalidade, que é definido como a relação entre os elementos da classe com o seu respectivo domínio (DATE 1999). Esta relação pode ser de quatro tipos, de acordo com a quantidade de elementos associados: 1-1, 1-n, n-1 ou n-n, conforme ilustrado na Figura 15.

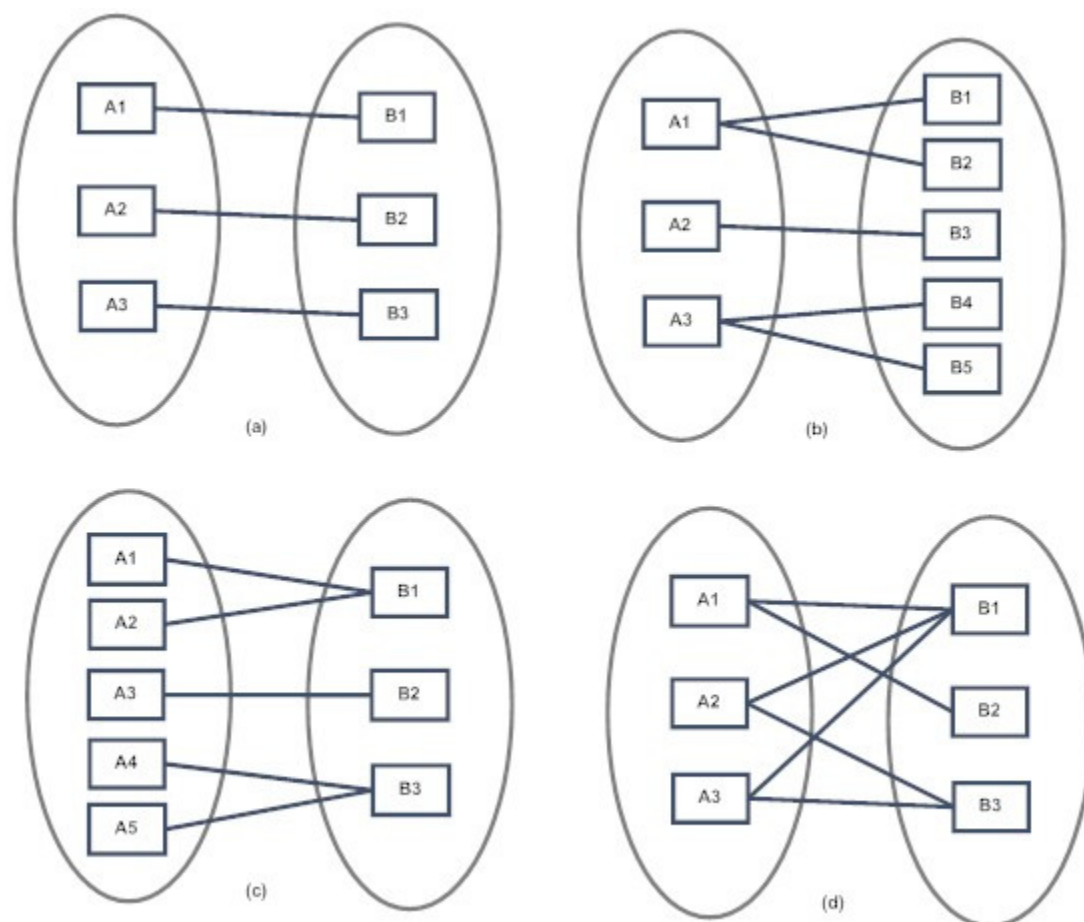


Figura 15 – Cardinalidade
 (a) 1:1, (b) 1:n, (c) n:1, (d) n:n
 Fonte Adaptada: SILBERSCHATZ (1997)

Na associação 1 para 1 cada instância da classe tem apenas um elemento correspondente no domínio, como exemplo na relação entre municípios e a sede municipal, onde só pode existir uma.

Uma associação 1 para n é a representação de uma relação em que um elemento da classe pode possuir diversos correspondentes no domínio, como exemplo tem-se uma edificação que pode ter mais de um tipo de uso, seja residencial, comercial ou misto.

Uma associação N-N existe quando os elementos da classe possuem mais de um correspondente no seu domínio, e o contrário também é verdade, como por exemplo na relação entre proprietários e estabelecimentos comerciais, onde cada proprietário pode possuir mais de um estabelecimento e cada estabelecimento pode ter mais de um dono.

A notação da cardinalidade, dentro do modelo OMT-G, é apresentada conforme a notação presente na figura

Figura 16, onde a quantidade de elementos de determinada classe que podem se relacionar com outra aparece abaixo/acima da relação.



Figura 16 - Notação para Cardinalidade

É importante ressaltar que a cardinalidade n pode assumir a forma de qualquer valor maior ou igual a 0.

3.3.3. GENERALIZAÇÃO E ESPECIALIZAÇÃO

A generalização é definida como o relacionamento entre uma classe e uma ou mais versões refinadas da mesma, sendo a classe original chamada de superclasse e cada refinamento é chamado de subclasse (COAD & YURDON 1991). Para exemplificar esse conceito cita-se como superclasse os recursos biológicos e como subclasses deste, peixes, aves e mamíferos.

O conceito de Generalização/Especialização refere-se a aspectos intercambiáveis de uma mesma idéia, sendo estas perspectivas distintas de um mesmo relacionamento (RUMBAUGH *et al*, 1994). Enquanto a *superclasse* transforma as *subclasses* em um modelo com aspecto mais geral, as *subclasses* especializam e/ou refinam a *superclasse* detalhando-a.

A notação para generalização, de acordo com o modelo OMT-G, é a ilustrada na Figura 17. A diferença entre a generalização espacial e a tradicional é que na generalização espacial as subclasses, apesar de herdarem a natureza gráfica, pode ter propriedades alteradas como cor, espessura, tipo de linha, símbolos e etc. Uma propriedade importante, dentro da generalização, é a herança de atributos, onde as *subclasses* recebem todos os atributos da *superclasse*, além de ter seus atributos próprios.

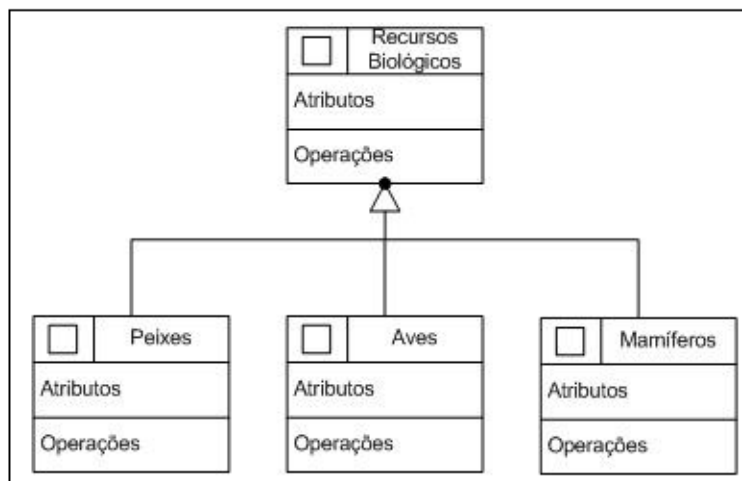


Figura 17 - Notação para Generalização

Dentro de generalização duas propriedades merecem destaque, a generalização total/parcial e disjunto/sobreposto, ilustrados na Figura 18.

Uma generalização é chamada total quando a união das instâncias de uma subclasse é equivalente ao conjunto completo de instâncias da superclasse, já uma generalização é parcial quando o mesmo não é verdade (DAVIS JR 2000). Esta propriedade tem como notação a colocação de um ponto no ápice do triângulo que representa a generalização quando esta é total. Um exemplo de generalização total é o conjunto {aves, anfíbios/répteis, peixes etc} que formam os {recursos biológicos} representados nas cartas SAO. Já o conjunto {Comércio, Indústria, Hotelaria} não forma completamente a superclasse {usos/recursos socioeconômicos}, pois nem todos os elementos precisam de uma generalização para serem representados.

O conceito de disjunto/sobreposto advém do próprio modelo OMT, e dentro do OMT-G significam que mais de uma instância de um mesmo elemento pode estar em um mesmo espaço (quando sobreposto) ou que esses elementos não podem ocupar o mesmo espaço (quando disjuntos), é possível citar como exemplo pontos comerciais, que podem ser bares ou restaurantes (sobrepostos), outro exemplo são as rodovias, que podem ser federais ou estaduais (disjuntas) (DAVIS JR e LAENDER 2000). A notação para esta propriedade é a forma do triângulo, preenchido quando existe sobreposição e vazado quando é disjunto.

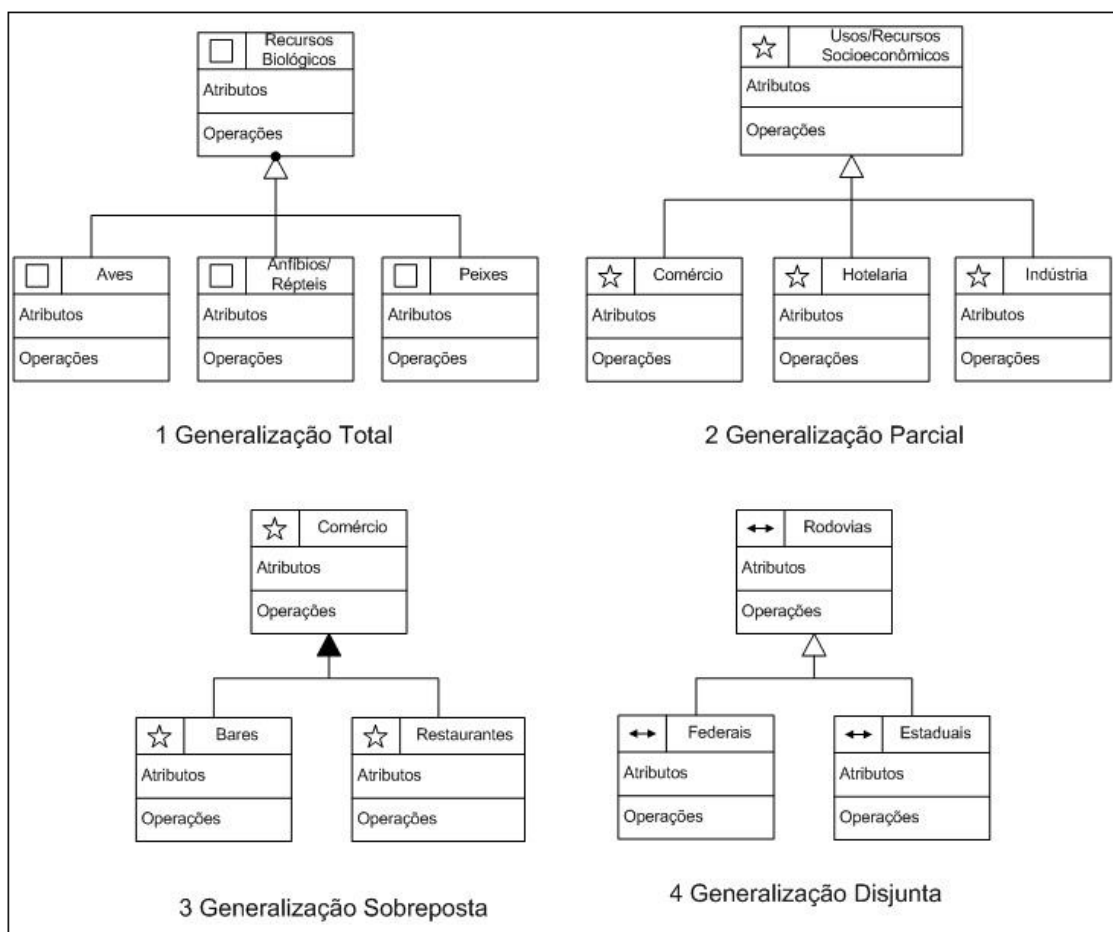


Figura 18 - Tipos de Generalização

3.3.4. AGREGAÇÃO ESPACIAL

Uma relação do tipo “parte-todo” ou “uma-parte-de” em que os objetos representam uma parte de uma estrutura maior e mais complexa é chamada de Agregação (RUMBAUGH *et al*, 1994). Como exemplo é possível imaginar o conjunto de ruas e avenidas que compõe a malha viária de uma cidade.

Dentro do modelo OMT-G, a agregação é representada, como na Figura 19, por um losango. Quando a agregação é entre classes georreferenciadas usa-se na representação linhas pontilhadas, quando a relação envolve classes convencionais a linha é contínua. Um exemplo de agregação é a composição de um sistema viário por rodovias, conforme ilustrado na Figura 19.

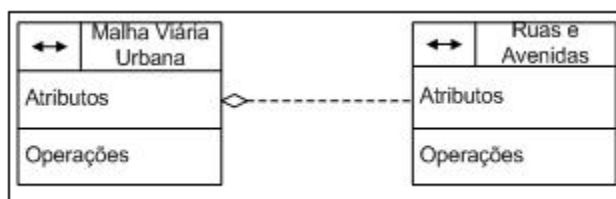


Figura 19 - Notação para Agregação Espacial

3.3.5. GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA

O processo que busca a seleção de objetos para composição de um mapa, selecionando objetos que o compõe, simplificando formas e estruturas respeitando critérios de importância relativa, é denominado Generalização Cartográfica (ROBINSON 1960).

A Generalização cartográfica é utilizada no modelo OMT-G para representar uma superclasse que pode ser percebida de diferentes formas, alternando sua natureza gráfica, como entre pontos e polígonos.

Um exemplo de generalização cartográfica é a representação de Recifes, que podem ser representados por sua área de abrangência (polígonos) ou por uma indicação geral da área em que aparecem (pontos), conforme ilustrado na Figura 20.

A generalização cartográfica é representada por uma linha pontilhada dividida por um quadrado.

A generalização cartográfica pode ser de dois tipos, pela forma ou pela escala.

A generalização pela forma é utilizada na múltipla representação, onde há convivência simultânea dentro de uma mesma escala.

A generalização pela escala é apresentada quando o objeto muda de forma com a variação da escala, como quando uma cidade pode ser representado por um polígono ou por um ponto indicando sua localização em meio ao continente.

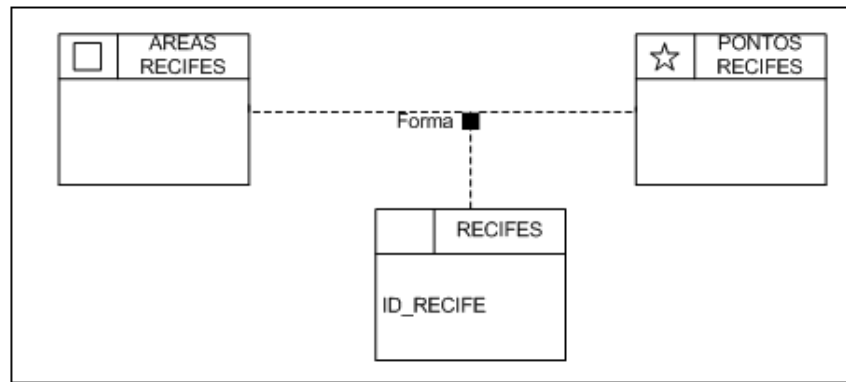


Figura 20 – Exemplo de Generalização Cartográfica

4. MODELAGEM DE DADOS ESPACIAIS PARA CARTAS DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL AO DERRAME DE ÓLEO – CARTAS SAO

Na modelagem foi utilizada como referência as informações constantes na publicação do MMA (2004), que está disponível em seu portal <<http://www.mma.gov.br/sitio/>>.

Primeiro é apresentada a abstração do mundo real, elaborada a partir das definições presentes no Manual, das tabelas para coleta de informações em campo (anexas ao manual) e parte da experiência adquirida na elaboração das cartas SAO para o litoral de Pernambuco (apresentada no CAPÍTULO V). Adiante é apresentado o modelo conceitual do sistema, desenvolvido empregado a técnica OMT-G.

4.1. Abstração do Mundo Real

A aplicação modelada deve preencher os requisitos gerais de todas as cartas SAO para o litoral Brasileiro. Três elementos podem ser considerados centrais no modelo que são o oceano, o continente e os recursos hídricos.

No continente devem ser representado os aglomerados urbanos bem como a localização dos equipamentos de resposta a derramamento, o sistema viário e o ferroviário.

Os bancos de areia e lama, recifes e habitats submersos devem estar relacionados ao oceano, mesmo quando submersos devem ser representados para que seja identificada sua posição e permita a sua visualização. Os recifes podem ser de coral, arenito ou artificiais.

As isobatas representam uma informação distribuída ao longo de todo o oceano, logo estas devem ocupar uma área similar com informações distribuída por toda a sua extensão.

Os segmentos da linha de costa tem que ser apresentados na região em que o continente toca o oceano ou em alguns casos os recursos hídricos. Além das informações presentes nas tabelas de levantamento de dados para os segmentos,

nestes também devem armazenar os parâmetros oceanográficos referentes à direção da corrente litorânea, amplitude de maré e direção da deriva litorânea.

Os recursos socioeconômicos são representados pontualmente e seus elementos podem aparecer sobre o oceano, sobre o continente ou sobre os recursos hídricos, de acordo com a natureza da informação tratada.

Os recursos biológicos podem ser de cinco tipos distintos (aves, mamíferos, invertebrados marinhos, peixes e répteis/anfíbios) e podem aparecer, também, em qualquer local da área de abrangência das cartas SAO.

Além destes elementos mapeáveis, devem ser armazenados os dados das fontes de informações que geraram os dados.

4.2. Modelo Conceitual e Modelo de implementação.

O modelo conceitual geral é apresentado na Figura 21 e uma versão ampliada deste está presente no apêndice 1.

Um dos problemas encontrados nesta etapa da modelagem foi a especificidade de algumas classes poderem ser apresentadas de mais de uma forma. Por exemplo, os recursos biológicos que podem ser apresentados pela sua área de abrangência (polígonos) bem como por seus ícones representativos (pontos). A solução usual para este tipo de problema é manter os dados descritivos da classe repetidos nas duas representações. Uma das dificuldades dessa solução está na integridade dos dados descritivos, pois uma alteração destes tem que ser feita em ambos os dados, gerando erros de operação com mais facilidade, além de contribuir com a redundância de informações.

A forma encontrada de contornar, parcialmente, este problema, foi a adoção de uma classe não georreferenciada externa, que mantém todos os atributos descritivos da classe. Esta classe possui um atributo chave que permite ligar os seus dados as classes georreferenciadas correspondentes, assim uma atualização feita nos dados descritivos será apresentada em ambas as classes georreferenciadas, pois estas apresentam os dados que advêm desta ligação. As classes que apresentam este armazenamento diferencial são apresentadas nas figuras Figura 22 e na Figura 23,

sendo indicadas no modelo geral pela ligações A, B, C e D e são os habitats submersos, recifes, recursos hídricos e recursos biológicos.

As tabelas Tabela 4 a Tabela 27 apresentam como as classes devem ser implementadas no SIG. É importante destacar que a primitiva geométrica, de cada classe, foi implantada nas tabelas para facilitar a distinção entre as classes georreferenciadas e as classes tradicionais.

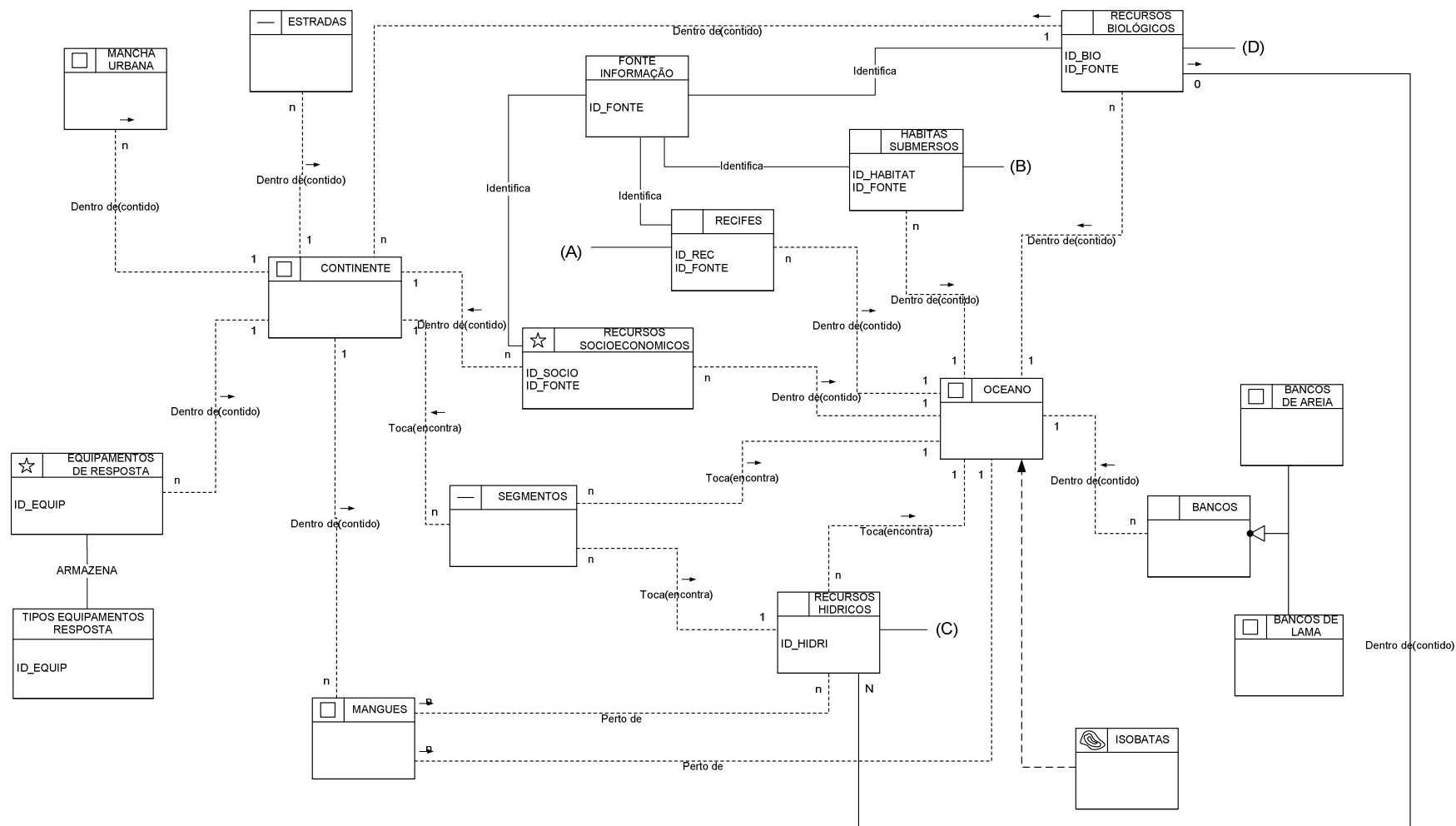


Figura 21 – Modelo Geral do Sistema de Geoinformações para Cartas SAO

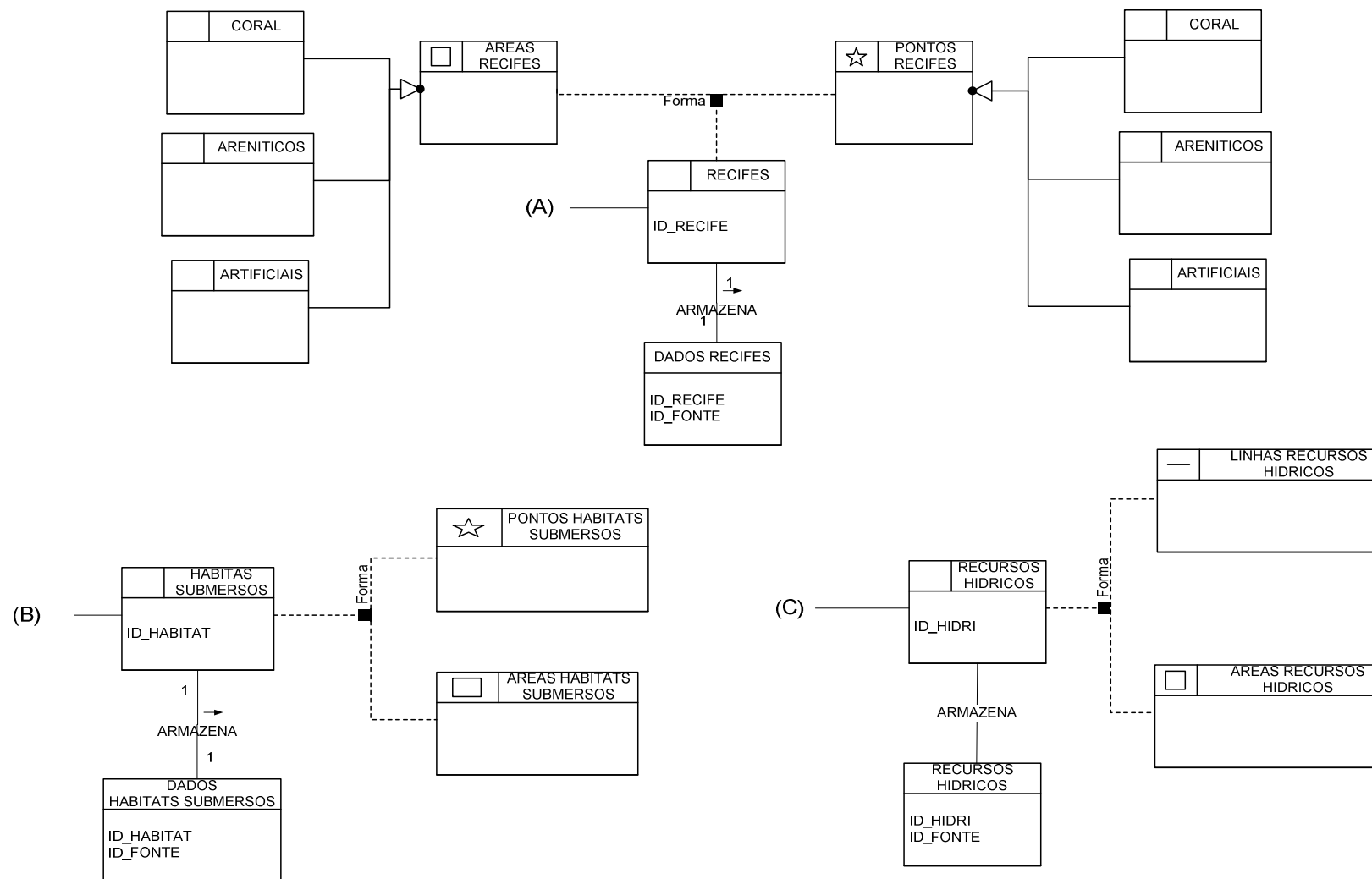


Figura 22 - Detalhe da Modelagem das Classes (A) RECIFES, (B) HABITATS SUBMERSOS e (C) RECURSOS HIDRICOS

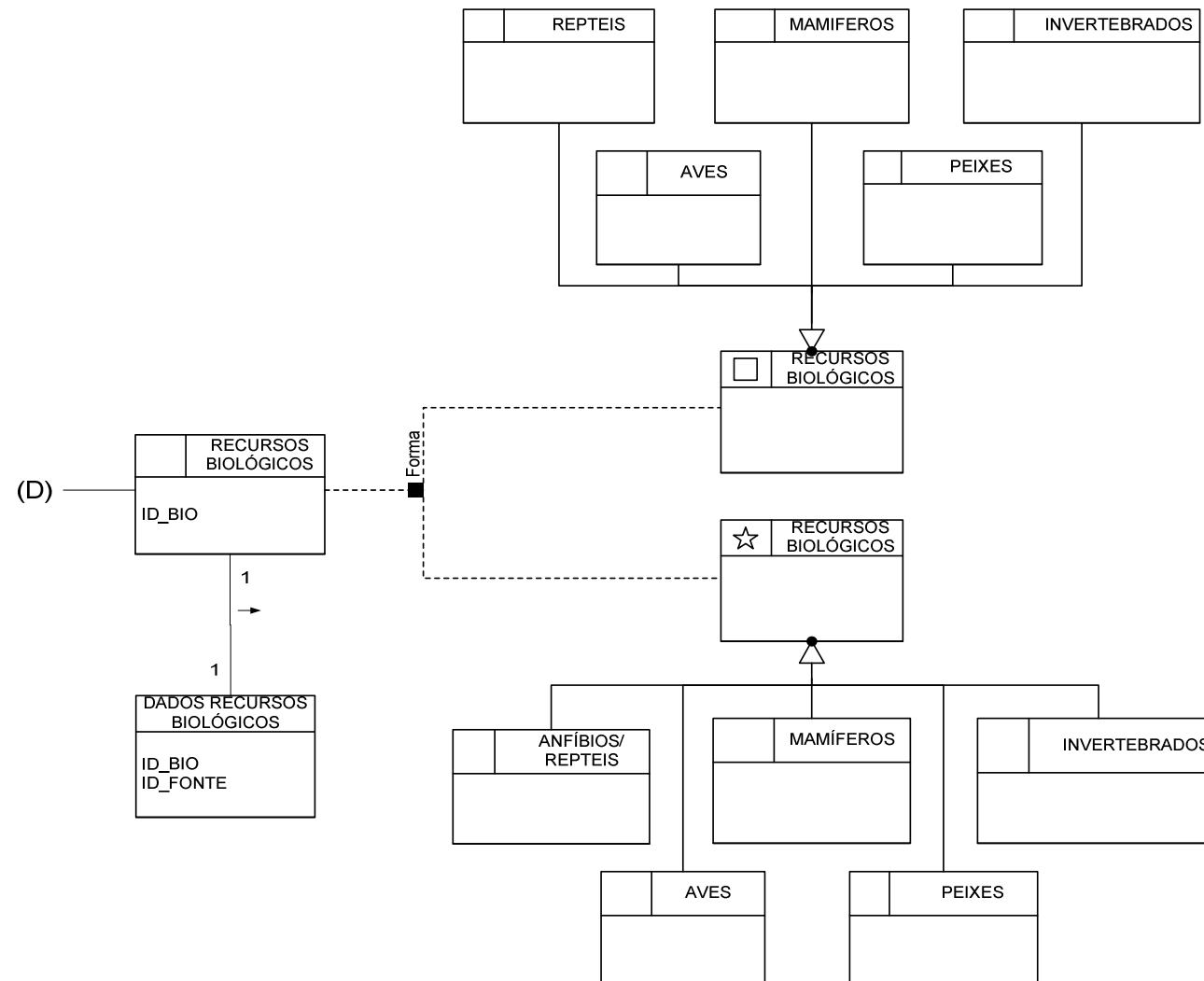


Figura 23 - Detalhe da Modelagem da Classe (D) RECURSOS BIOLÓGICOS

Tabela 4 - Modelo de Dados para BANCOS

Classe	Tabela	Descrição		Primitiva Geométrica	
BANCOS	BANCOS	Distribuição dos bancos de Areia e Lama			
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição	Domínio	Descrição
ID_BANCO	Alfanumérico	10	Código Identificador do Banco		
TIPO_BANCO	Alfanumérico	5	Tipo de Banco	Lama	Bancos de Lama
				Areia	Bancos de Areia

Tabela 5 - Modelo de Dados para CONTINENTE

Classe	Tabela	Descrição		Primitiva Geométrica	
CONTINENTE	CONTINENTE	Delimitação da Porção do Continente abrangida pelas Cartas SAO			
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição	Domínio	Descrição
ID_CONT	Alfanumérico	10	Código Identificador da Feição do Continente		
ESTADO	Alfanumérica	20	Nome do Estado a que Pertence a Feição Representada		

Tabela 6 - Modelo de Dados para ISOBATAS

Classe	Tabela	Descrição		Primitiva Geométrica	
ISOBATAS	ISOBATAS	Isobatas abrangidas pela região			
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição	Domínio	Descrição
BATIMETRIA	Numérico	6	Valor Batimétrico da Isobata		

Tabela 7 - Modelo de Dados para MANCHA_URBANA

Classe	Tabela	Descrição	Primitiva Geométrica		
MANCHA URBANA	MANCHA_URB	Representação das Regiões Urbanizadas			
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição	Domínio	Descrição
ID_LOCAL	Alfanumérico	10	Código Identificador da Localidade		
NOME_LOCAL	Alfanumérico	50	Nome da Localidade		

Tabela 8 - Modelo de Dados para MANGUES

Classe	Tabela	Descrição	Primitiva Geométrica		
MANGUES	MANGUES	Regiões com Presença de Mangues			
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição	Domínio	Descrição
ID_MANGUE	Alfanumérico	10	Código Identificador do Mangue		
AREA_MANGU	Numérico	10	Área da Feição de Mangue		

Tabela 9 - Modelo de Dados para OCEANO

Classe	Tabela	Descrição	Primitiva Geométrica		
OCEANO	OCEANO	Região do Oceano Abrangida pelas Cartas SAO			
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição	Domínio	Descrição
ID_OCEAN	Alfanumérico	10	Código Identificador da Feição do Oceano		
NOME_OCE	Texto	30	Nome do Oceano		

Tabela 10 - Modelo de Dados para RECURSOS HIDRICOS LINHA

Classe	Tabela	Descrição		Primitiva Geométrica	
LINHAS RECURSOS HIDRICOS	REC_HIDRIL	Linhas Centrais que Definem os Recursos Hídricos			
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição	Domínio	Descrição
ID_HIDRI	Alfanumérico	10	Código Identificador do Recurso		

Tabela 11 - Modelo de Dados para RECURSOS HIDRICOS AREA

Classe	Tabela	Descrição		Primitiva Geométrica	
AREAS RECURSOS HÍDRICOS	REC_HIDRIP	Polígonos que Definem os Recursos Hídricos			
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição	Domínio	Descrição
ID_HIDRI	Alfanumérico	10	Código Identificador do Recurso		

Tabela 12 - Modelo de Dados para DADOS RECURSOS HIDRICOS

Classe	Tabela	Descrição			
DADOS RECURSOS HÍDRICOS	REC_HIDRID	Dados dos Recursos hídricos			
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição	Domínio	Descrição
ID_HIDRI	Alfanumérico	10	Código Identificador do recurso hídrico		
NOME_HID	Alfanumérico	50	Nome do Recurso Hídrico		
TIPO_HID	Alfanumérico	20	Tipo de Recurso Hídrico		

Tabela 13 - Modelo de Dados para VIAS

Classe	Tabela	Descrição		Primitiva Geométrica	
VIAS	VIAS	Vias de Acesso, BR e Estaduais		_____	
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição	Domínio	Descrição
ID_VIA	Alfanumérico	10	Código Identificador da Via		
DENOMINA	Alfanumérico	30	Denominação da Via		

Tabela 14 - Modelo de Dados para EQUIPAMENTOS DE RESPOSTA

Classe	Tabela	Descrição		Primitiva Geométrica	
EQUIPAMENTOS DE RESPOSTA	EQP_RES	Localização dos Equipamentos de Reposta a Derramamentos de Petróleo			
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição	Domínio	Descrição
ID_EQUIP	Alfanumérico	10	Código Identificador do Equipamento de Resposta		
ENDereco	Alfanumérico	50	Endereço do Equipamento de Resposta		
RESPONS	Alfanumérico	40	Responsável pelo Equipamento de Resposta		
FONE_1	Alfanumérico	15	Telefone do Responsável		
FONE_2	Alfanumérico	15	Segundo Telefone do Responsável		
FAX	Alfanumérico	15	Fax do Responsável		
EMAIL	Alfanumérico	20	Email do Responsável		

Tabela 15 - Modelo de Dados para DADOS EQUIPAMENTOS DE RESPOSTA

Classe	Tabela	Descrição			
DADOS EQUIPAMENTOS DE RESPOSTA	EQP_RESD	Localização dos Equipamentos de Reposta a Derramamentos de Petróleo			
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição	Domínio	Descrição
ID_EQUIP	Alfanumérico	10	Código Identificador do Equipamento de Resposta		
QNT_EQUIP	Alfanumérico	10	Quantidade de Equipamento de Resposta		
CAT_EQUIP	Alfanumérico	15	Categoria do Equipamento de Resposta	Embarcações	Embarcações
				Terrestres	Veículos Terrestres
				Aeronaves	Aeronaves
				Barreiras	Barreiras de Contenção de Óleo
				Recolhedores	Equipamentos Recolhedores de Óleo
				Outros	Outros Equipamentos
DESC_EQUIP	Alfanumérico	50	Descrição dos Equipamentos		

Tabela 16 - Modelo de Dados para PONTOS HABITATS SUBMERSOS

Classe	Tabela	Descrição		Primitiva Geométrica	
PONTOS HABITATS SUBMERSOS	HAB_SUBT	Habitats Submersos Presentes na Região			
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição	Domínio	Descrição
ID_HABITAT	Alfanumérico	10	Código Identificador do Habitat		

Tabela 17 - Modelo de Dados para AREAS HABITATS SUBMERSOS

Classe	Tabela	Descrição			Primitiva Geométrica
AREAS HABITATS SUBMERSOS	HAB_SUBP	Habitats Submersos Presentes na Região			
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição		Domínio
ID_HABITAT	Alfanumérico	10	Código Identificador do Habitat		

Tabela 18 - Modelo de Dados para DADOS HABITATS SUBMERSOS

Classe	Tabela	Descrição			
DADOS HABITATS SUBMERSOS	HAB_SUBD	Dados dos Habitats Submersos			
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição		Domínio
ID_HABITAT	Alfanumérico	10	Código Identificador do Habitat Submerso		
DESCRICAO	Alfanumérico	30	Descrição do Habitat Submerso		
ID_FONT	Numérico	10	Código da Fonte de Informação		

Tabela 19 - Modelo de Dados para AREA RECURSOS BIOLOGICOS

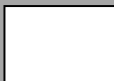
Classe	Tabela	Descrição			Primitiva Geométrica
AREAS RECURSOS BIOLÓGICOS	REC_BIOP	Áreas com Presença de Recursos Biológicos Vulneráveis			
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição		Domínio
ID_BIO	Alfanumérico	10	Código Identificador do Recurso Biológico		

Tabela 20 - Modelo de Dados para PONTOS RECURSOSO BIOLOGICOS

Classe	Tabela	Descrição			Primitiva Geométrica	
PONTOS RECURSOS BIOLÓGICOS	REC_BIOT	Áreas com Presença de Recursos Biológicos Vulneráveis				
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição		Domínio	Descrição
ID_BIO	Alfanumérico	10	Código Identificador do Recurso Biológico			

Tabela 21 - Modelo de Dados para DADOS RECURSOS BIOLOGICOS

Classe	Tabela	Descrição				
DADOS RECURSOS BIOLÓGICOS	REC_BIOD	Dados dos Recursos Biológicos em Áreas Vulneráveis				
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição		Domínio	Descrição
ID_BIO	Alfanumérico	10	Código Identificador da Espécie			
GRUPO_BIO	Alfanumérico	5	Identificação do Grupo do Recurso Biológico	AV		Aves
				IN		Invertebrados
				MA		Mamíferos
				PE		Peixes
				RA		Répteis e Anfíbios
TIPO_BIO	Alfanumérico	10	Tipo de Recurso	AAB		Aves Aquáticas Continentais (mergulhões e biguás)
				AAG		Aves Aquáticas Continentais (garças, flamingos e colhereiros)
				AAP		Aves Aquáticas Continentais (patos e marrecos)
				AL		Aves Limícolas
				AMC		Aves Marinhas Costeiras
				AMA		Aves Marinhas Pelágicas (albatroz e pomba-do-cabo)
				AMP		Aves Marinhas Pelágicas (penguins)

				AR	Aves de Rapina
				ATN	Aves Terrestres Não Passeriformes
				ATP	Aves Terrestres Passeriformes
				IB	Bivalves
				IC	Crustáceos (camarões)
				IE	Equinodermos
				IG	Gastrópodes (caracóis)
				IL	Crustáceos (lagostas)
				IP	Cefalópodes (Polvos)
				IS	Crustáceos (caranguejos e siris)
				IU	Cefalópodes (lula)
				MF	Mamíferos Aquáticos Pinípedes (focas, leões marinhos e elefantes marinhos)
				MG	Mamíferos Aquáticos Grandes Cetáceos
				ML	Mamíferos Aquáticos Pinípedes (Lobos Marinhos)
				MM	Mamíferos Aquáticos Mustelídeos
				MP	Mamíferos Aquáticos Pequenos Cetáceos
				MS	Mamíferos Aquáticos Sirênios
				MT	Mamíferos Terrestres Roedores
				PD	Peixes Demersais
				PP	Peixes Pelágicos
				RA	Anfíbios Anuros
				RC	Répteis Crocodilianos
				RO	Répteis Ofídios e Iguanídeos
				RQ	Répteis Quelônídeos
TIPO_AREA	Alfanumérico	20	Tipo de Área	Reprodução, Berçário, Alimentação, Pouso	
NOME_COMUM	Alfanumérico	30	Nome Comum da Espécie		
NOME_CIENT	Alfanumérico	30	Nome Científico da Espécie		
CONCENTRA	Alfanumérico	20	Densidade Ecológica/Concentração		

Modelagem de Dados Espaciais para Cartas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo no Padrão OMT-G

ID_FONTE	Numérico	10	Código Identificador da Fonte dos Dados		
CAT_PROT	Alfanumérico	40	Categoria de Proteção da Espécie	Extinta	Espécie Extinta
				Provavelmente Extinta	Espécie Provavelmente Extinta
				Perigo de Extinção	Espécie em Perigo de Extinção
				Vulnerável	Espécie Vulnerável
				Criticamente em Perigo	Espécie Criticamente em Perigo
				Não Ameaçada	Espécie Não Ameaçada
				S/Info	Sem Informações ou Dados Insuficientes
ESF_PROT	Alfanumérico	20	Esfera de Proteção da Espécie	Internacional, Federal,	Espécie Protegida Internacionalmente
				Federal	Espécie Protegida em Todo o País
				Estadual	Espécie Protegida em Todo o Estado
				Municipal	Espécie Protegida Municipalmente
JAN	Alfanumérico	15	Período do Ciclo de Vida no Mês de Janeiro	Desova	Período de Desova
				Incubacao	Período de Incubação
				Inter. Desova	Período Inter. Desova
				Larva	Período Larval
				Acasalamento	Período de Acasalamento
				Juvenil	Período Juvenil
				Adulto	Período Adulto
				Migracao	Período de Migração
				Nascimento	Período de Nascimento
				Muda	Período de Muda
				Nidificacao	Período de Nidificação
				Postura	Período de Postura
				Incubacao	Período de Incubação
				Ninho	Período de Ninho
				Invernada	Período de Invernada
FEV	Alfanumérico	15	Período do Ciclo de Vida no Mês de Fevereiro	Mesmo que JAN	Mesmo que JAN
MAR	Alfanumérico	15	Período do Ciclo de Vida no Mês de Março	Mesmo que JAN	Mesmo que JAN
ABR	Alfanumérico	15	Período do Ciclo de Vida no Mês de Abril	Mesmo que JAN	Mesmo que JAN

MAI	Alfanumérico	15	Período do Ciclo de Vida no Mês de Maio	Mesmo que JAN	Mesmo que JAN
JUN	Alfanumérico	15	Período do Ciclo de Vida no Mês de Junho	Mesmo que JAN	Mesmo que JAN
JUL	Alfanumérico	15	Período do Ciclo de Vida no Mês de Julho	Mesmo que JAN	Mesmo que JAN
AGO	Alfanumérico	15	Período do Ciclo de Vida no Mês de Agosto	Mesmo que JAN	Mesmo que JAN
SETE	Alfanumérico	15	Período do Ciclo de Vida no Mês de Setembro	Mesmo que JAN	Mesmo que JAN
OUT	Alfanumérico	15	Período do Ciclo de Vida no Mês de Outubro	Mesmo que JAN	Mesmo que JAN
NOV	Alfanumérico	15	Período do Ciclo de Vida no Mês de Novembro	Mesmo que JAN	Mesmo que JAN
DEZ	Alfanumérico	15	Período do Ciclo de Vida no Mês de Dezembro	Mesmo que JAN	Mesmo que JAN

Tabela 22 - Modelo de Dados para RECURSOS SOCIOECONOMICOS

Classe	Tabela	Descrição		Primitiva Geométrica	
RECURSOS SOCIOECONOMICOS	REC_SOCEC	Distribuição dos Recursos Socioeconômicos			
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição	Domínio	Descrição
ID_SOCIO	Alfanumérico	10	Código Identificador do Recurso Socioeconômico		
TIPO_SOC	Alfanumérico	5	Sigla do Recurso Socioeconômico	AB	Ancoradouro
				AP	Aeroporto
				AQ	Aquicultura
				CO	Comércio
				CP	Colônia de Pescadores
				CV	Casas Residenciais/Veraneio
				EA	Esportes Aquáticos
				EC	Estradas de Acesso
				EM	Esportes Náuticos
				ES	Estaleiro

				FB	Balsa
				FE	Fronteira Estadual
				HO	Hotel
				HP	Heliporto
				IM	Área Militar
				IN	Indústria
				LH	Local Histórico
				MA	Marina
				MG	Mergulho
				MI	Mineração
				PA	Pesca Artesanal
				PE	Pesca Esportiva
				PO	Porto
				PP	Pier
				PR	Praia
				RB	Rampa para Barcos
				TP	Terminal de Petróleo
				UA	Unidade de Conservação Marinha
				UT	Unidade de Conservação Terrestre
DESCRICAO	Alfanumérico	100	Descrição do Recurso		
CONTATO	Alfanumérico	50	Identificação de Pessoa Responsável pelo Recurso		
TELEFONE	Alfanumérico	15	Numero Telefônico do Contato		
ENDEREÇO	Alfanumérico	100	Endereço do Contato		
ID_FONTE	Numérico	10	Código Identificador da Fonte de Informação		

Tabela 23 - Modelo de Dados para AREA RECIFES

Classe	Tabela	Descrição	Primitiva Geométrica		
AREA RECIFES	RECIFESP	Apresenta a Distribuição dos Recifes			
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição	Domínio	Descrição
ID_REC	Alfanumérico	10	Código Identificador do Recife		

Tabela 24 - Modelo de Dados para PONTOS RECIFES

Classe	Tabela	Descrição		Primitiva Geométrica	
PONTOS RECIFES	RECIFEST	Apresenta a Distribuição dos Recifes			
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição	Domínio	Descrição
ID_REC	Alfanumérico	10	Código Identificador do Recife		

Tabela 25 - Modelo de Dados para DADOS RECIFES

Classe	Tabela	Descrição			
DADOS RECIFES	RECIFESD	Dados dos Recifes nas Áreas Vulneráveis			
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição	Domínio	Descrição
ID_REC	Alfanumérico	10	Código Identificador do Recife		
TIPO_REC	Alfanumérico	12	Tipo de Recife	Artificial	Estruturas Artificiais
				Arenítico	Recifes de Arenito
				Coral	Recifes de Coral
COMENTARIO	Alfanumérico	50	Comentários Relevantes Sobre o Recife		
ID_FONTE	Numérico	10	Código Identificador da Fonte de Informação		

Tabela 26 - Modelo de Dados para SEGMENTOS

Classe	Tabela	Descrição		Primitiva Geométrica	
SEGMENTOS	SEGMENTOS	Apresenta Informações Sobre Todos os Segmentos da Linha de Costa		———	
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição	Domínio	Descrição
COD_SEG	Alfanumérico	10	Código Identificador do Segmento		
AREA	Alfanumérico	20	Área 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 Óleo 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		

Tabela 27 - Modelo de Dados para FONTES DE INFORMAÇÃO

Classe	Tabela	Descrição			
FONTES DE INFORMAÇÃO	FONTE_INFO	Descrição das Fontes de Informação			
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição	Domínio	Descrição
ID_FONTE	Alfanumérico	10	Código Identificador da Fonte de Informação		
TIPO	Alfanumérico	20	Tipo de Fonte		
FORMATO	Alfanumérico	20	Formato da Fonte de Informação		
DISTRIBUIC	Alfanumérico	10	Tipo de Distribuição		
NOME	Alfanumérico	50	Nome da Fonte de Informação		
ENDERECO	Alfanumérico	50	Endereço da Fonte de Informação		
TELEFONE	Alfanumérico	12	Telefone de Contato com a Fonte de Informação		
EMAIL	Alfanumérico	30	Email da Fonte de Informação		
BIBLIOG	Alfanumérico	50	Referência Bibliográfica		
MET_AMOST	Alfanumérico	50	Método de Amostragem		
PERIODO	Alfanumérico	10	Período da Publicação		
PERIODIC	Alfanumérico	12	Periodicidade da Publicação		
MET_REF_ES	Alfanumérico	50	Método de Referência Espacial		
AREA_EST	Alfanumérico	50	Área de Estudo		
OUTRAS	Alfanumérico	50	Outras Informações		

5. ELABORAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO FÍSICO

Em 2008 foi iniciado um projeto de pesquisa que tinha como finalidade o mapeamento de todo o litoral de Pernambuco para geração de cartas SAO. O projeto foi desenvolvido por pesquisadores dos departamentos de Oceanografia e Engenharia Cartográfica da UFPE.

Os dados espaciais para construção das cartas SAO possuem diversas fontes, sendo necessário organizar, estruturar e integrar para que seja possível a construção das cartas em ambiente computacional.

5.1. Identificação das Fontes de Dados Espaciais

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

- 1 - cartas topográficas cadastrais obtidas junto a Agência FIDEM/CONDEPE;
- 2 - cartas Náuticas obtidas junto a DHN – Diretoria de Hidrografia e Navegação;
- 3 - um banco de dados contendo informações sobre a distribuição dos recursos socioeconômicos, biológicos, ISL entre outros. A estrutura deste banco foi fornecida pela PETROBRAS e este foi preenchido com informações levantadas em campo por pesquisadores do Departamento de Oceanografia; e
- 4 - imagens de satélite Quickbird de alta resolução espacial (0,6 m), adquiridas junto a uma empresa privada.

A área mapeada é apresentada na Figura 24 **Figura 24 - Zona de Abrangência das Bases de Dados Espaciais.**

No levantamento dos documentos cartográficos existentes foi observado que havia um vazio cartográfico ao norte e ao sul do litoral de Pernambuco, representado na Figura 24 pela zona C. A zona A encontra-se mapeada pelas cartas de nucleação, Figura 25. Para a zona B 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.

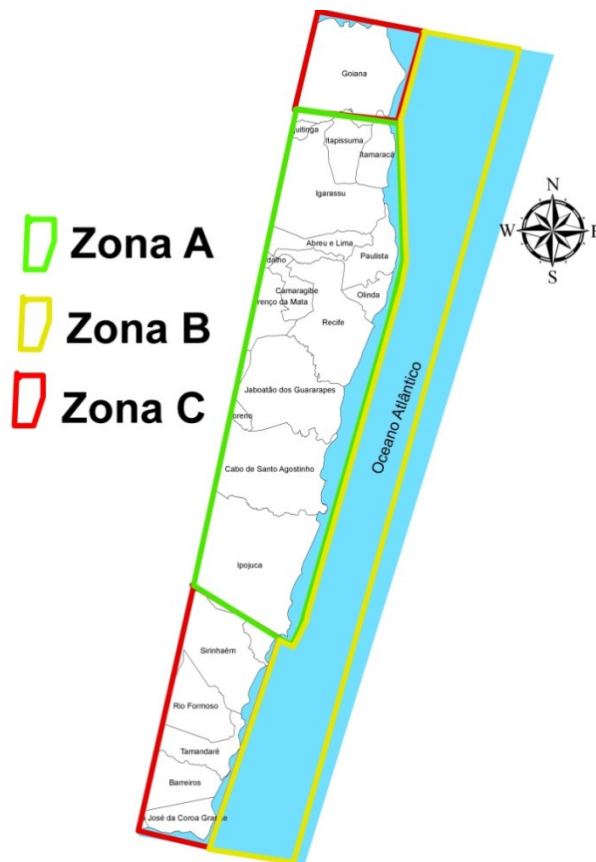


Figura 24 - Zona de Abrangência das Bases de Dados Espaciais

Para resolver o problema do vazio cartográfico, foram adquiridas imagens de satélite (fonte de dados 4).

Estas imagens foram georreferenciadas e ortorretificadas. Para tanto, foi executado um levantamento geodésico e o processamento dos dados. Posteriormente, foi executado o processo de vetorização das imagens.

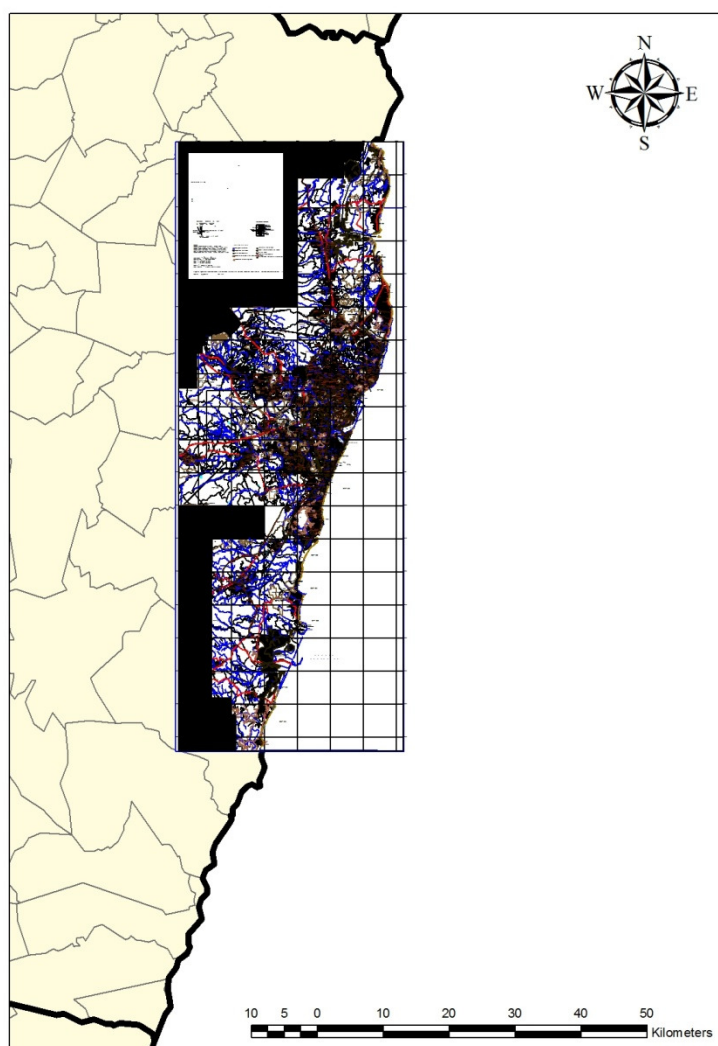


Figura 25 - Abrangência das Cartas de Nucleação

O banco de dados fornecido pela PETROBRAS era um banco de dados tradicional, portanto não foi desenvolvido visando a sua aplicação em um SIG. Após a elaboração do modelo, foi possível criar um banco de dados espaciais que era capaz de visualizar os dados descritivos dos recursos a partir de sua posição geográfica. A Figura 26 apresenta a abrangência dos dados coletados em campo pelos pesquisadores do Departamento de Oceanografia, possível de se visualizar apenas depois da conversão dos dados do banco de dados da PETROBRAS para o SIG.



Figura 26 - Abrangência dos Dados Descritivos

5.2. Metadados dos Documentos Cartográficos

As tabelas de Tabela 28 a Tabela 31 apresentam as características das fontes de dados.

Tabela 28 - 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 29 - 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 30 - 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 31 - Características do Banco de Dados Tradicional

Elemento	Banco de Dados Tradicional (PETROBRAS)
Formato	MDB
Fonte	Departamento de Oceanografia UFPE
Escala	1:75.000 (de acordo com o equipamento utilizado)
SGR	WGS84
Projeção	UTM Zona 25S

5.3. Definição das Transformações dos Dados

Com base nos Metadados e na modelagem apresentada no capítulo 4, foi formulado um esquema das transformações que devem ser adotadas em cada base de dados, de modo a compatibilizá-los com a modelagem e com as solicitações da PETROBRAS.

O esquema de transformação pode ser visto na **Figura 27 - Esquema de Transformações**.

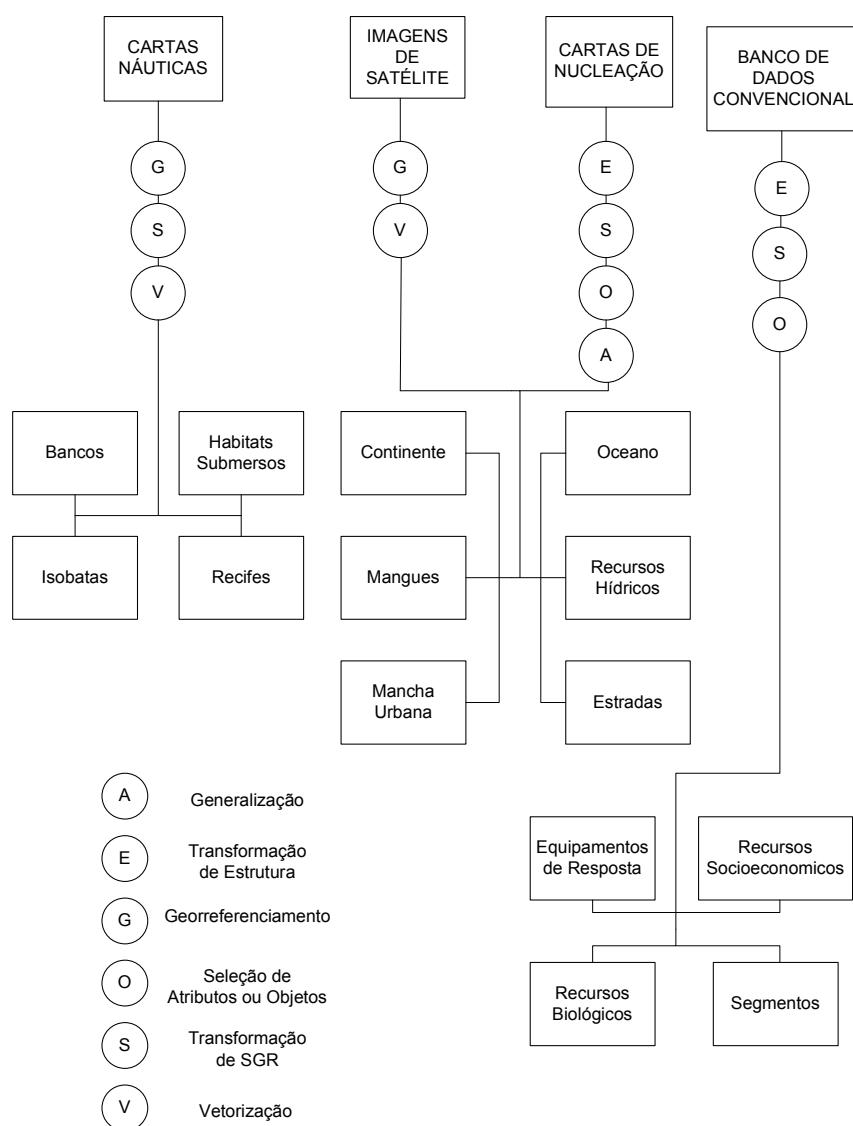


Figura 27 - Esquema de Transformações

5.4. Execução das Transformações

5.4.1. DOCUMENTOS CARTOGRÁFICOS

Cartas Náuticas: Algumas das cartas náuticas não estavam georreferenciadas, como são documentos cartográficos de fonte conhecida e confiável, o georreferenciamento foi simples, bastando utilizar como pontos de controle a malha de coordenadas presentes na carta. Após o georreferenciamento foi executada a transformação dos dados para o SIRGAS 2000. Na etapa seguinte foi executada a vetorização dos dados definidos na modelagem. Os dados extraídos das cartas náuticas foram: isóbatas, recifes de coral, recifes areníticos, bancos de algas, bancos de lama, bancos de areia e a linha de costa (junto com as cartas de nucleação e as imagens de satélite).

Cartas de Nucleação: Como os dados das cartas de nucleação estavam armazenados em formato vetorial, foi feita uma edição destes para que se tornassem compatíveis com um SIG. O processo de conversão de DWG (formato original destes dados) para SHP (formato considerado padrão em um SIG) é mais complexo que uma simples exportação. Entre os problemas comuns em bases em formato DWG, que inviabilizam sua utilização direta em um SIG, estão a duplicidade e sobreposição de linhas, a descontinuidade na ligação das cartas e a presença de elementos incompletos ou partidos. Os problemas têm que ser resolvidos antes da conversão de formato de dados. A edição dos dados é uma etapa demorada, mas garante a integridade da base de dados. Depois de editada, a base teve seu SGR convertido para SIRGAS 2000. A seleção dos dados necessários para as cartas SAO foi a etapa seguinte. Uma generalização cartográfica foi efetuada para que a representação dos dados fosse compatibilizada com a modelagem. Os dados obtidos foram referentes às manchas urbanas, estradas, hidrografia, continente, mangues e a linha de costa.

Imagens de Satélite: As imagens de satélite foram adquiridas sem nenhum sem nenhuma forma de tratamento. Foi primeiro executada a mosaicagem das imagens e depois o seu georreferenciamento. Para tanto foi necessária a execução de um levantamento utilizando aparelhos GPS geodésicos. Os dados do levantamento empregados no georreferenciamento e na ortorretificação foram levantados utilizando o SGR SIRGAS 2000. As imagens foram vetorizadas, de modo a complementar a base cartográfica do litoral de Pernambuco. Além de um mesmo conjunto de feições

obtidos a partir das cartas de nucleação, também foram vetorizados dados sobre habitats submersos visíveis. Os pesquisadores do departamento de oceanografia auxiliaram nesta etapa.

Banco de Dados: O banco de dados da PETROBRAS foi alimentado pelos pesquisadores do Departamento de Oceanografia. Os dados foram adquiridos através de levantamento de campo e bibliográfico. Apesar de armazenar coordenadas dentre os atributos dos dados, este banco de dados não foi elaborado com o intuito de servir a um SIG. Para espacializar os dados contidos foi necessário executar um estudo da estrutura das tabelas para que estas fossem cruzadas e espacializadas. Do banco de dados foram extraídas as informações referentes ao ISL, recursos biológicos, recursos socioeconômicos e aos equipamentos de resposta.

5.5. Apresentação do SIG para Cartas SAO

Utilizando o modelo de dados apresentado no capítulo 4 e os dados descritos, foi elaborado um SIG para as cartas SAO do litoral de Pernambuco. Para desenvolvimento deste SIG foi utilizado o ARCGis versão 9.2.

Para elaboração do SIG para Cartas SAO foi primeiro criado um Banco de Dados Espacial, utilizando para isto o programa computacional ArcGIS. A estrutura do Banco de Dados Espacial criado é ilustrada na Figura 28.

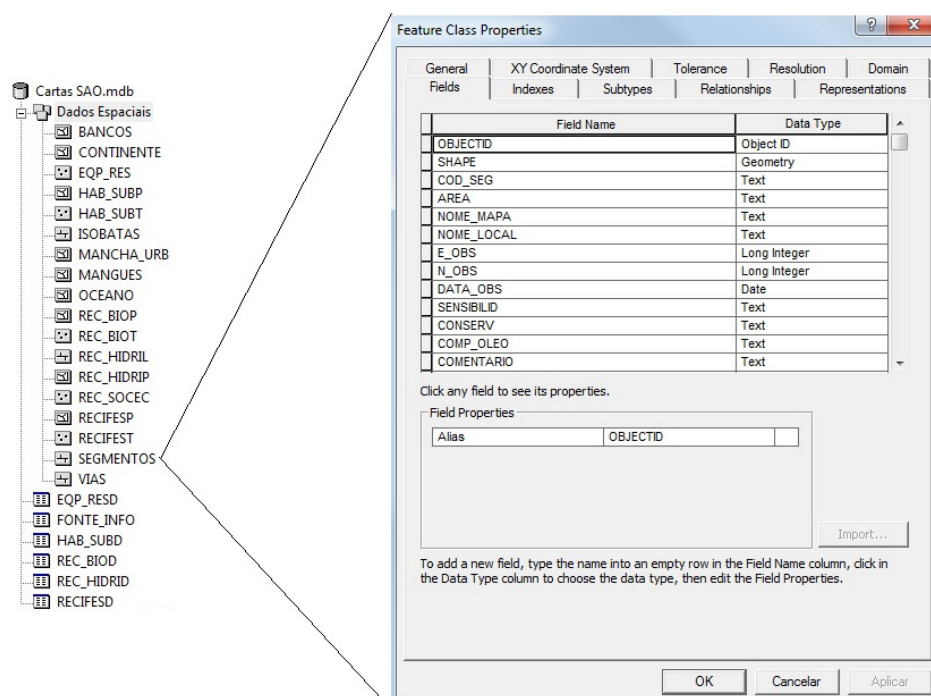


Figura 28 - Estrutura do Banco de Dados Espaciais

Para dar segurança a alguns dados, foram estabelecidos valores de domínios para alguns elementos, de modo que sua tematização não fuja do padrão requerido pelo SIG. Um conjunto de valores de domínio é uma restrição que pode ser utilizada em um SIG, que impede o usuário de digitar qualquer coisa em um campo, deixando-o restrito a alguns elementos pré-definidos. Os valores de domínios criados são os indicados na modelagem no campo Domínio, das tabelas. Um exemplo de domínio criado é apresentado na Figura 29 e a forma como o usuário visualiza é apresentado na Figura 30.

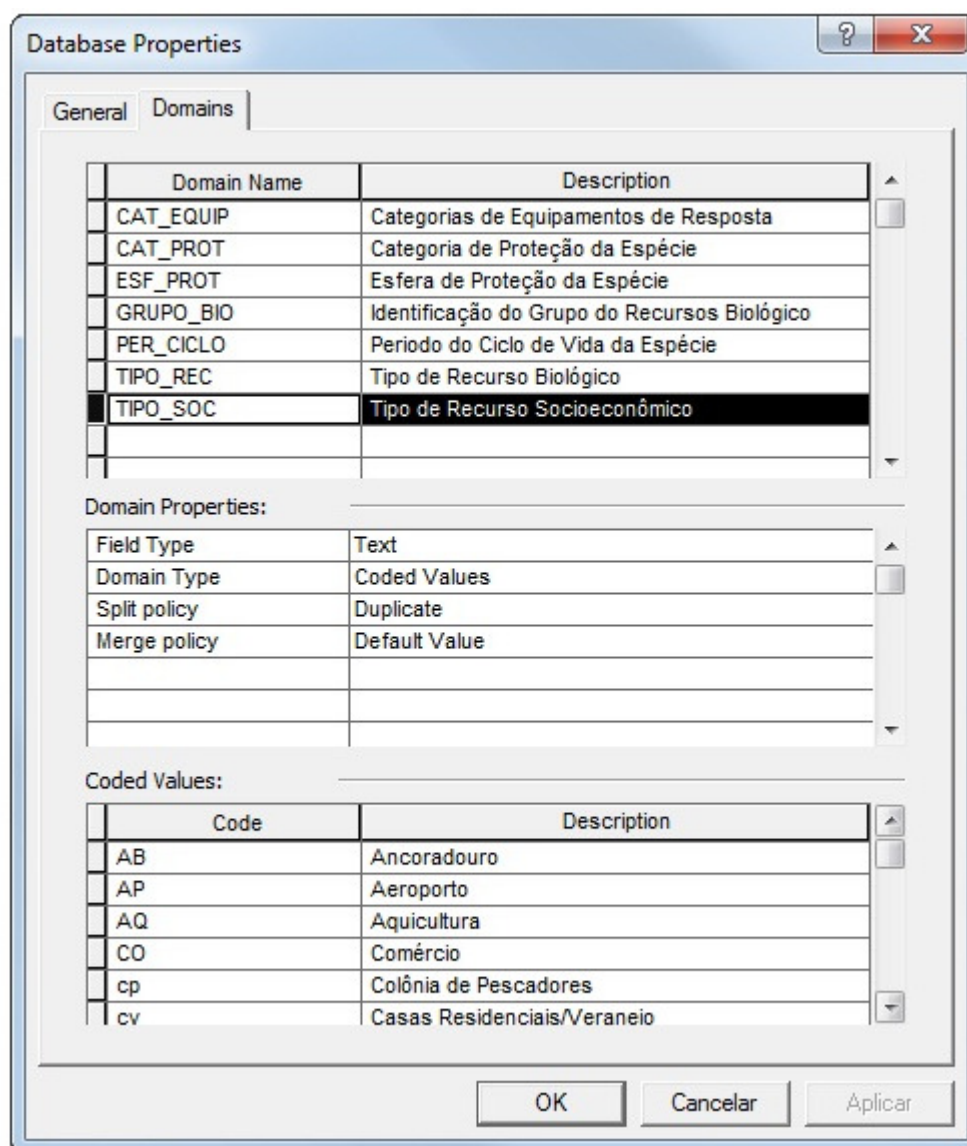


Figura 29 - Criação de Domínios

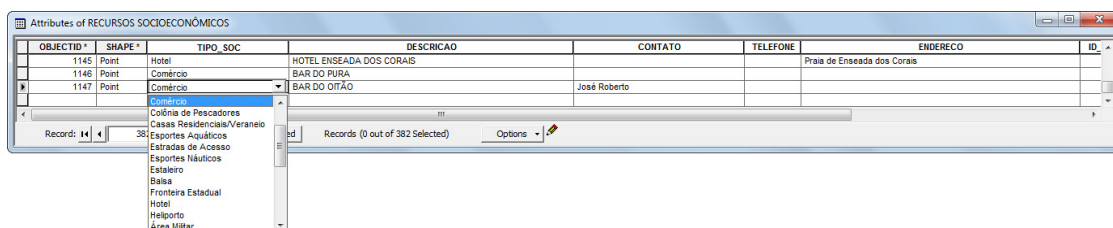


Figura 30 - Visualização das Informações do Domínio

Como os dados já estavam armazenados com a estrutura definida na modelagem, estes foram tematizados, de modo a atender o estabelecido no Manual do MMA. A tematização, em sua maioria, requeria apenas a escolha correta das cores, mas alguns elementos necessitavam ser divididos em apresentações distintas, como os recursos socioeconômicos que são diferenciados por seus ícones representativos. Os campos que devem ser utilizados para esta tematização receberam o domínio apresentado na Figura 29, com isso todos foram tematizados como apresentado na Figura 31. Como a coluna de atributos utilizada para tematização tem seus valores restringidos pelo domínio, qualquer novo elemento acrescentado também será automaticamente tematizado.

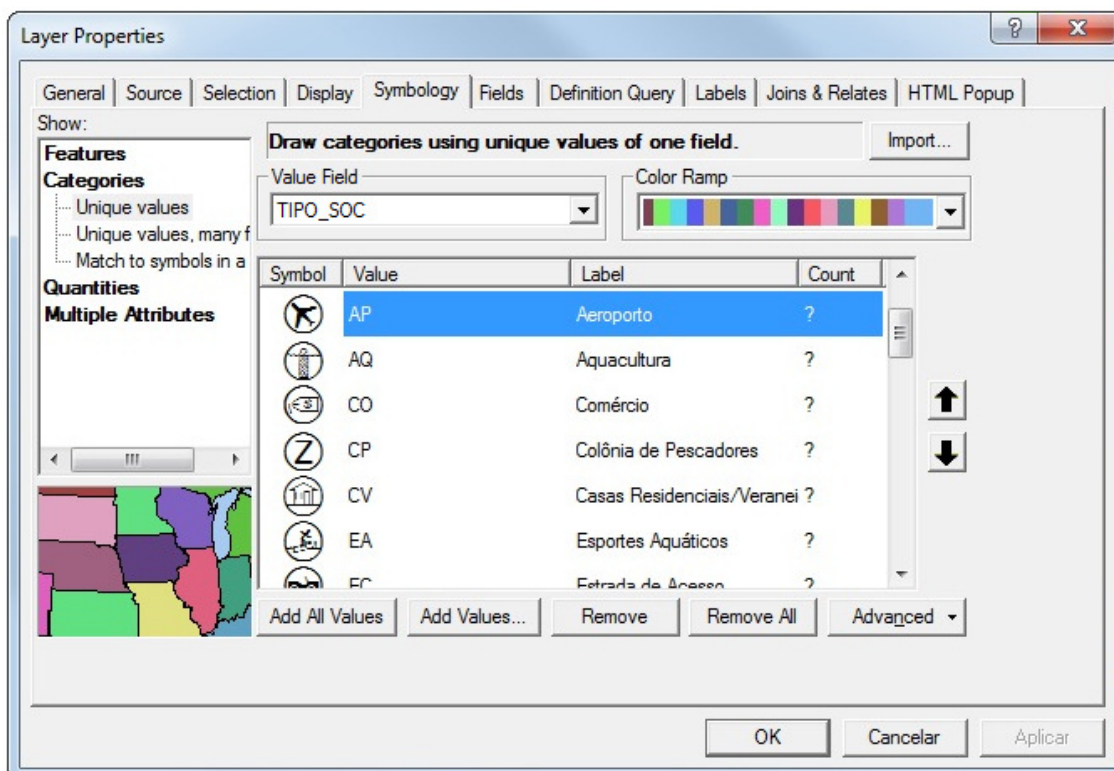


Figura 31 - Tematização dos Dados

As Figuras 32 e 33 apresentam uma consulta aos atributos de dois elementos distintos, os segmentos e os recursos socioeconômicos, respectivamente.

As Figuras 34 e 35 mostram a consulta dos atributos de um mesmo recurso biológico, o que diferencia uma da outra, conforme a modelagem, é a forma de apresentação destes dados. A primeira busca foi efetuada pelo polígono de abrangência da espécie e o segundo pelo ícone representativo. O resultado é o mesmo, pois ambos estão ligados a tabela com os dados da espécie em questão por um atributo chave idêntico, bastando executar uma operação simples, em bancos de dados, chamada de JOIN.

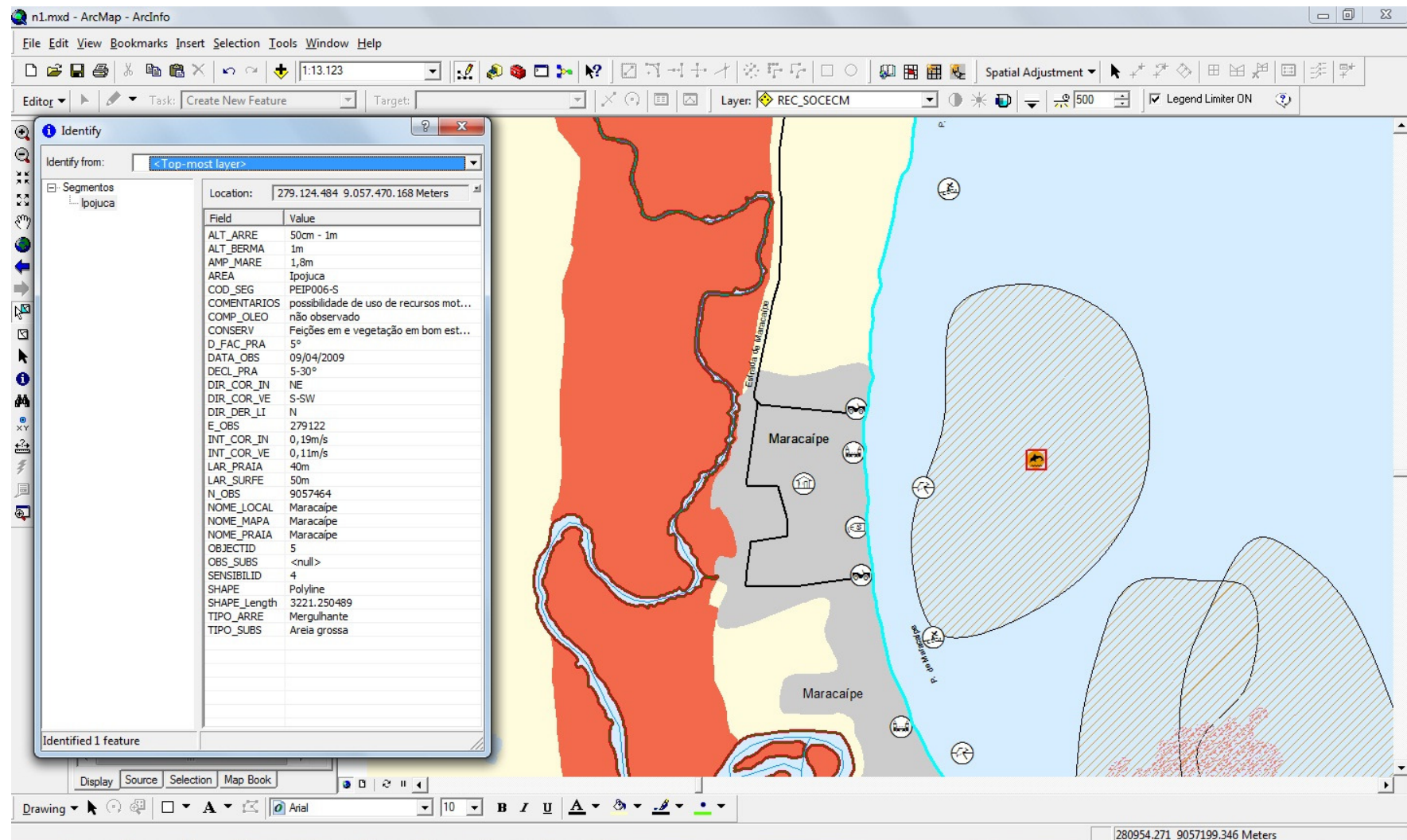


Figura 32 – Atributos: Segmento

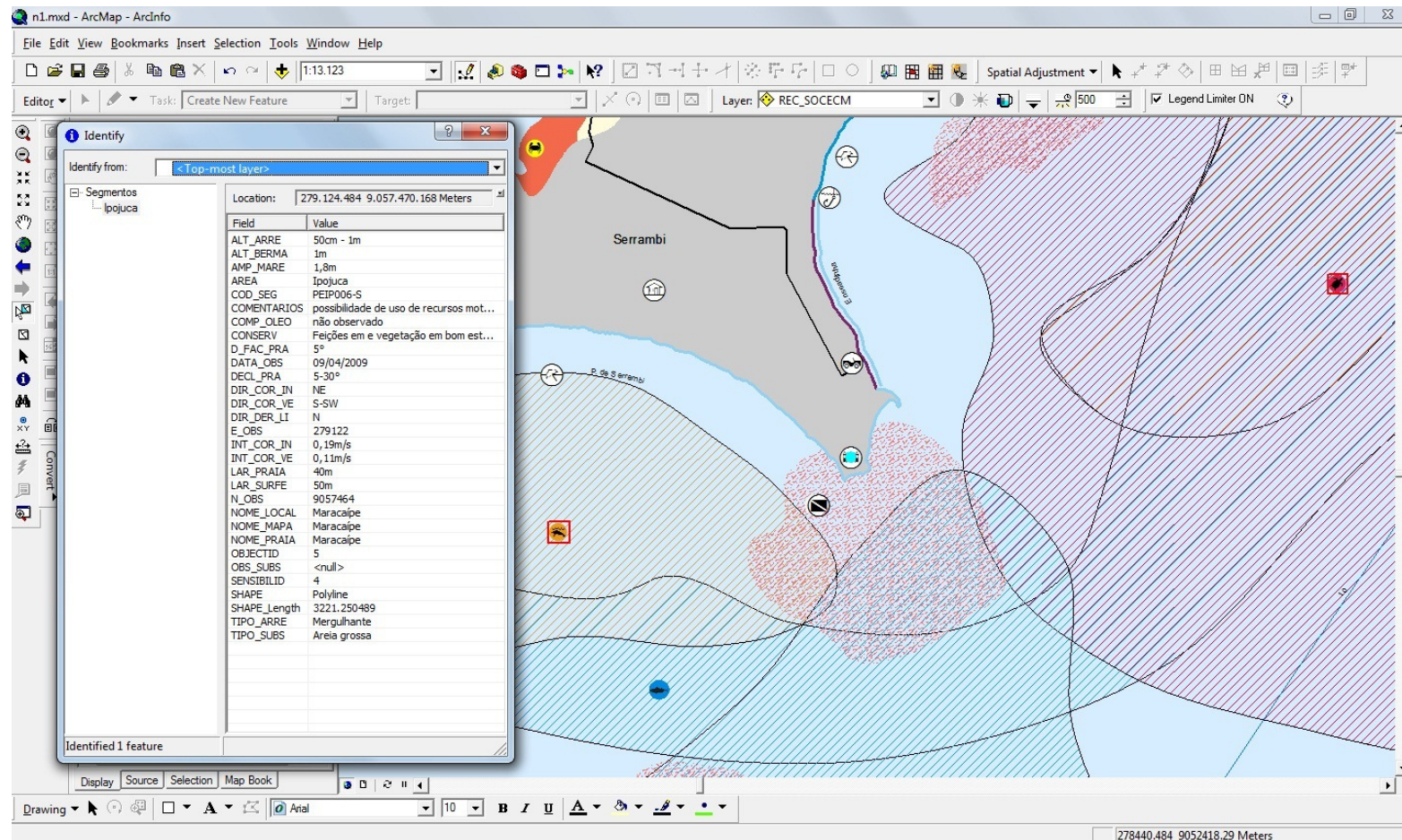


Figura 33 – Atributos: Recursos Socioeconômico

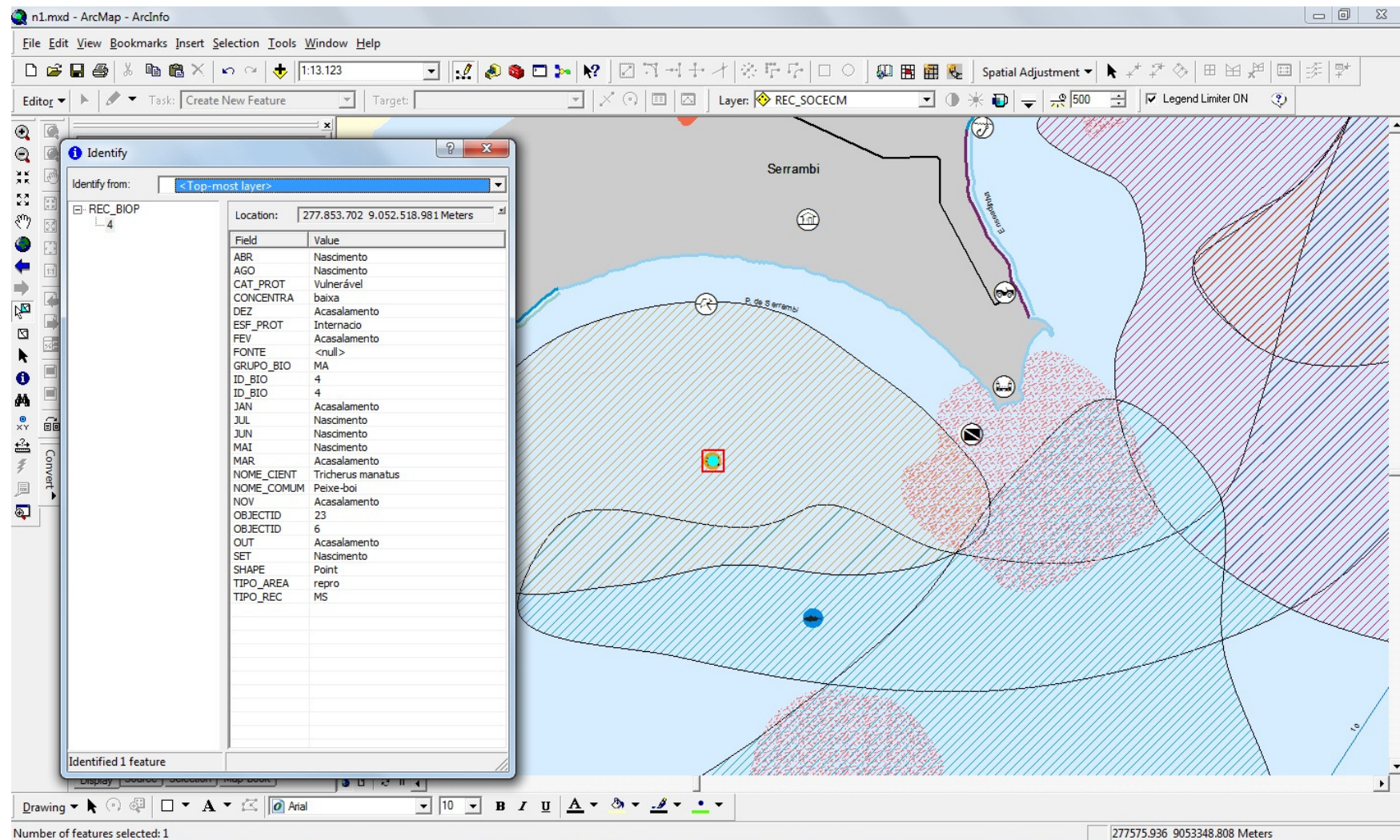


Figura 34 – Atributos: Ponto de Recursos Biológicos

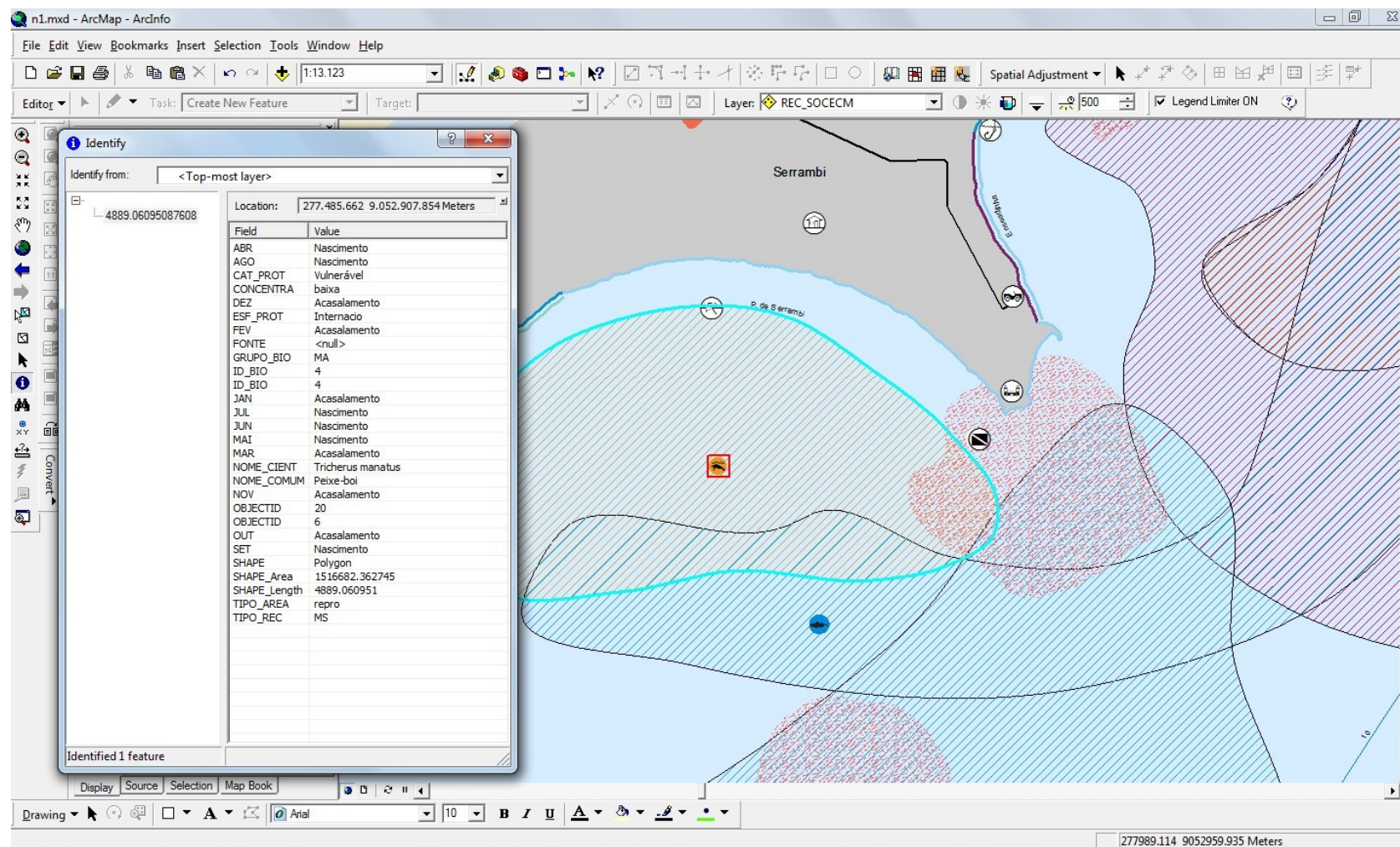


Figura 35 – Atributos: Polígono de Recursos Biológicos

Para incluir novos dados no SIG, basta proceder de forma tradicional ao sistema. Porém as classes RECIFES, HABITATS SUBMERSOS, RECURSOS HIDRICOS e RECURSOS BIOLÓGICOS devem ser atualizadas de forma diferenciada. Isto ocorre porque seus atributos são armazenados em locais distintos no SIG.

A Figura 36 mostra como ficou a aparência geral final dos elementos do SIG.

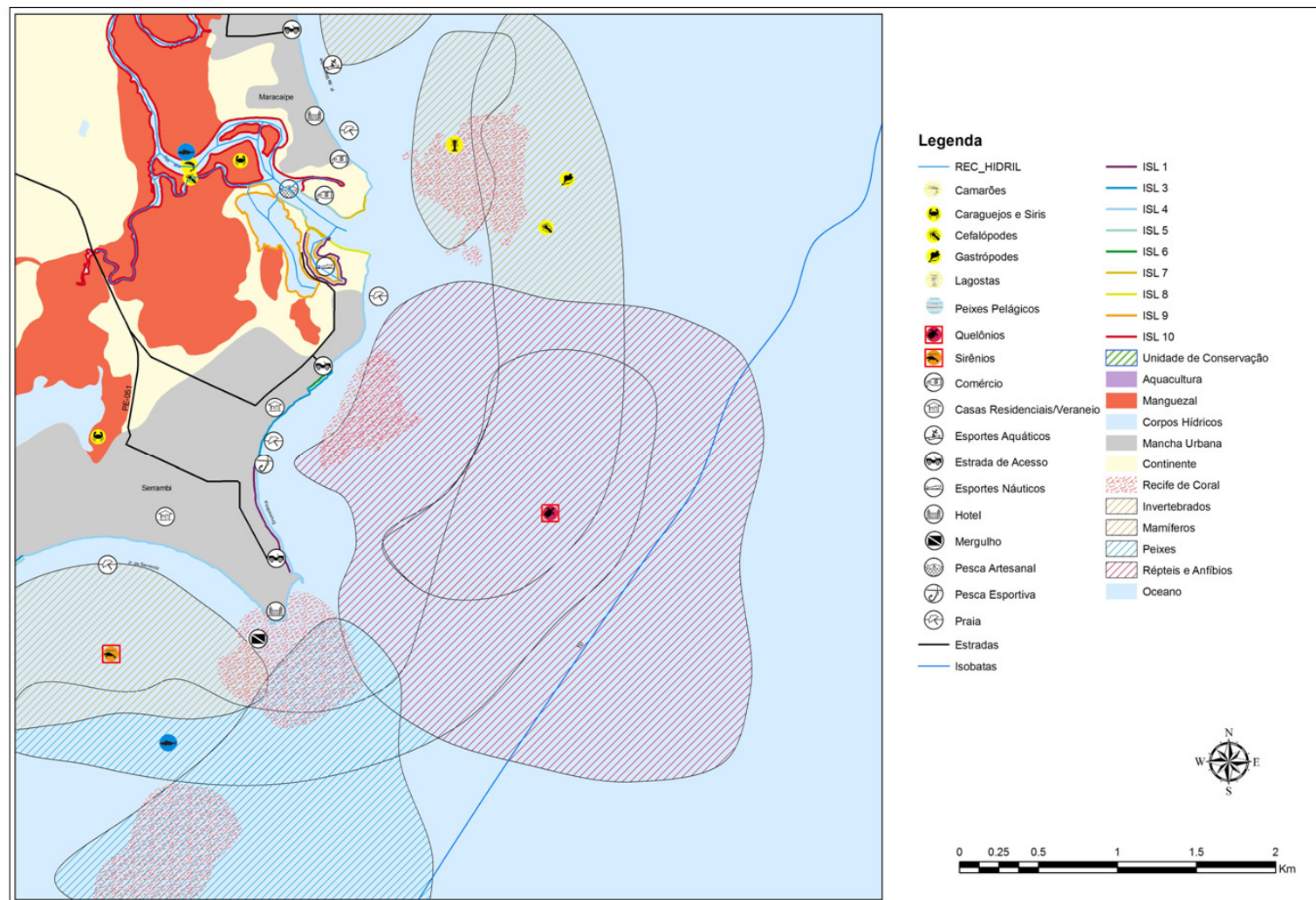


Figura 36 - SIG para Cartas SAO

6. CONCLUSÕES

A Modelagem de dados espaciais é um procedimento complexo que requer domínio das técnicas a serem empregadas, da natureza diferenciada dos SIG bem como da realidade da aplicação em estudo. A importância da modelagem foi destaque nesta pesquisa evidenciando o tempo levado na integração dos dados de fontes distintas. Mesmo com o modelo de dados em mãos, a etapa de conversão de dados demorou mais de 1 ano com 5 pesquisadores trabalhando em tempo integral.

Como o banco de dados utilizado pela Petrobras não foi modelado visando a sua utilização em um SIG, a conversão dos dados foi um processo demorado e caro para o projeto. Tempo e custos que poderiam ter sido economizados com a adoção de um modelo de dados espaciais, como o proposto nesta pesquisa.

Um SIG pode ser uma ferramenta valiosa para as ações imediatas de resposta a derrames de óleo, portanto deveria ser previsto em forma de norma que estes sejam adotados, pelo menos, nos planos de área.

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.

O modelo proposto nesta pesquisa atende as necessidades básicas propostas no manual do MMA. Porém, assim como existem planos de mudança e atualização deste manual, segundo a PETROBRAS, o modelo deve ser posto em conjunto com as discussões sobre o tema Cartas SAO.

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

Certas definições de generalização cartográfica presentes nas cartas SAO impressas não são necessárias em um SIG, já que o mesmo armazena dados sobre

as feições diretamente nelas. Um estudo detalhado de generalizações para o ambiente digital é importante e complementar a modelagem proposta nesta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BORGES, K. A. V. **Modelagem de Dados Geográficos: Uma Extensão do Modelo OMT para Aplicações Geográficas**. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação) - Escola de Governo, Fundação João Pinheiro, Belo Horizonte, 1997.

BRASIL. Lei Nº 9.966 28, de abr. de 2000. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 29 abr. 2000. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9966.htm>. Acesso em: 15 jun. 2009.

_____. Decreto Nº 4.871 06, de nov. de 2003. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 07 nov. 2003. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2003/D4871.htm>. Acesso em: 30 jun. 2009.

BURROUGH, P. **Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment**. Clarendon Press, 1986.

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.

CÂMARA, G. *et al*. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. São José dos Campos, SP, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE. 1996. 37p.

CARVALHO, P. C. M., AQUIAR 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.

DATE C. J. **An Introduction to Database Systems**. Addison Wesley Book, *Seventh Edition*, 1999.

DAVIS Jr., C. A. **Múltiplas representações em sistemas de informação geográficos**. Tese (Doutorado em Ciências da Computação), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2000.

DAVIS Jr.,C. , LAENDER, A., **Extensões ao modelo OMT-G para produção de esquemas dinâmicos e de apresentação.** In: II Workshop Brasileiro de Geoinformática – GeoInfo, 2, 2000, Campos do Jordão. 29-36, 2000.

EDWARD, D., SIMPSON, J. **Integration and access of multi-source vector data.** In: Symposium of *Geospatial Theory, Processing and application*, Ottawa, Canada. 2002

ELMASRI, R.; NAVATHE, S. **Fundamentals of Database Systems.** 3rd Edition, Addison-Wesley, USA, 2000

ESTRADA, R. P. D., PAIVA, J. A. C., **Integração Semântica e de Dados entre Sistemas de Informações Geográficas Heterogêneos.** In Anais do XXIII Congresso Brasileiro de Cartografia, 23., Belo Horizonte, Brasil, 29 set- 3 out, 2003.

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>. Acesso em: 2 jun. 2010.

FONSECA, F., EGENHOFER, M., DAVIS, C., CÂMARA, G. **Semantic Granularity in Ontology-Driven Geographic Information Systems.** In: Mathematics and Artificial Intelligence - Special Issue on Spatial and Temporal Granularity AMAI, 36, Ft. Lauderdale p. 121-151. 2002.

GOODCHILD, M. **Geographical Data Modeling.** *Computers & Geosciences*, p. 401-408, 1992.

HAKIMPOUR, F. (2003). **Using Ontologies to Resolve Semantic Heterogeneity for Integrating Spatial Database Schemata.** Tese (PHD em Ciências da Matemática) Zurich University, Zurich, 2003.

HOHL, P., **GIS Data Conversion: Strategies, Techniques and Management.** Onword Press, 1998.

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.

MOROCHO, V., SALTOR, F., PEREZ-VIDAL, L., 2003. **Ontologies: solving semantic heterogeneity in federated spatial database system.** In: 5th International Conference on Enterprise Information System, 5, Angers, France. Abr., 2003. p. 347–352.

MMA (2004) **Especificações e normas técnicas para elaboração de cartas de sensibilidade ambiental para derramamentos de óleo.** MMA. 108 p.

MOURA, A. C. M. **A Importancia dos metadados no uso das geotecnologias e na difusão da cartografia digital.** Belo Horizonte, In: II Seminário Nacional sobre Mapeamento Sistemático - CREA-MG, 2005. 18p. disponível em <<http://www.cgp.igc.ufmg.br/centrorecursos/apostilas/Metadados.pdf>> acesso em 9 de outubro de 2009.

REIS, E.; ZÊZERE, J. L.; VIEIRA, G. T.; RODRIGUES, M. L.– **Integração de dados espaciais em SIG para avaliação da susceptibilidade à ocorrência de deslizamentos**. Finisterra, Lisboa, XXXVIII, 76, p.3-34., 2003.

ROBINSON, A. H. ***Elements of Cartography***. New York, John Wiley and Sons, 1960.

RUMBAUGH, J. **Modelagem e Projetos Baseados em Objetos**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1994.

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.

SILBERSCHATZ, A., KORTH, H. F., SUDARSHAN, S. **Sistema de Banco de Dados**, Makron Books, 1997.

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.

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.

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

APÊNDICE

ANEXO

ANEXO 1 – Carta SAO do Porto de Suape

