



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEODINÂMICA E GEOFÍSICA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**MODELAGEM E DESENVOLVIMENTO DE UM BANCO DE DADOS
GEOGRÁFICOS: APLICAÇÃO À ELABORAÇÃO DE MAPAS DE
SENSIBILIDADE AMBIENTAL AO DERRAMAMENTO DE ÓLEO NA
ÁREA COSTEIRA ENTRE GALINHOS E SÃO BENTO DO NORTE - RN**

Autora:

ANGÉLICA FÉLIX DE CASTRO

Orientadora:

Profª. Dra. Helenice Vital (DG / UFRN)

Co-Orientador:

Prof. Dr. Dario José Aloise (DIMAp / UFRN)

Natal – RN, Setembro de 2002.

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEODINÂMICA E GEOFÍSICA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**MODELAGEM E DESENVOLVIMENTO DE UM BANCO DE DADOS
GEOGRÁFICOS: APLICAÇÃO À ELABORAÇÃO DE MAPAS DE
SENSIBILIDADE AMBIENTAL AO DERRAMAMENTO DE ÓLEO NA
ÁREA COSTEIRA ENTRE GALINHOS E SÃO BENTO DO NORTE - RN**

Autora:

ANGÉLICA FÉLIX DE CASTRO

Dissertação de Mestrado apresentada em 06 de setembro de 2002 para obtenção do título de Mestre em Geodinâmica pelo Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica da UFRN.

Comissão Examinadora:

Profa. Dra. Helenice Vital (Orientadora)

Prof. Dr. Venerando Eustáquio Amaro (DG / UFRN)

Profa. Dra. Ana Carolina Salgado (CIn / UFPE)

Natal – RN, 06 de setembro de 2002.

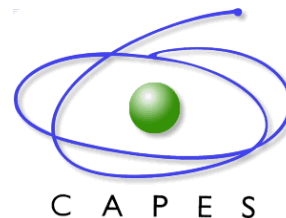


UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEODINÂMICA E GEOFÍSICA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Dissertação desenvolvida no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PPGG / UFRN), tendo sido subsidiada pelos seguintes financiadores:

- Agência Nacional do Petróleo – ANP / PRH22,
- Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP, através do Programa de Recursos Humanos da ANP para o setor Petróleo e Gás Natural – PRH-ANP/MME/MCT.
- Projeto PROBRAL 72/98 (CAPES/DAAD),
- Monitoramento Ambiental de Áreas Costeiras sob Influência do Pólo Petrolífero de Guamaré – MAMBMARÉ (CNPq – CTPETRO)



Aos meus pais Neto
Castro e Jane Mary e
à minha irmã Aurélia
por todos os
momentos de atenção,
amor e carinho.

RESUMO

As áreas entre as praias de Galinhos e São Bento do Norte, localizadas na região costeira do litoral setentrional do Estado do Rio Grande do Norte, caracterizam-se por sofrer constantes processos de transporte litorâneo e eólico, ocasionando erosão, alterações no balanço de sedimentos e modificações na linha de costa. Além desses fatores naturais, a interferência antrópica é ampla nas redondezas, visto a proximidade ao Pólo Petrolífero de Guamaré, o maior produtor terrestre de petróleo do Brasil. Diante de todas essas características, nasceram os projetos MAMBMARE e MARPETRO, com o objetivo de realizar o monitoramento geoambiental de áreas costeiras da porção norte do RN.

Pelo fato de existirem vários tipos de dados desta área de estudo, tais como dados geológicos e geofísicos multitemporais, dados hidrodinâmicos, produtos de sensoriamento remoto, mapas temáticos multitemporais, entre outros; é de extrema importância a elaboração de um Banco de Dados Geográficos (BDG), um dos principais componentes dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG's), para armazenar toda essa quantidade de informação, permitindo o acesso a pesquisadores e usuários interessados. A primeira parte desse trabalho consistiu em elaborar e desenvolver um BDG a fim de armazenar todos os dados da área existente entre os municípios de Galinhos e São Bento do Norte. A intenção foi utilizar a potencialidade do SIG como ferramenta importante no apoio às tomadas de decisões no monitoramento ambiental desta região, alvo de ampla exploração da indústria petrolífera, salineira e de carcinocultura. Os dados coletados e armazenados na forma de uma biblioteca virtual tendem a auxiliar nas tomadas de decisões a partir dos resultados apresentados sob a forma de mapas temáticos digitais, tabelas e relatórios, úteis como fonte de dados no planejamento preventivo e na definição das linhas de pesquisas futuras que serão desenvolvidas nesta região, tanto no contexto regional como no contexto local.

A segunda etapa deste trabalho consistiu em elaborar, a partir dos dados previamente armazenados no BDG, Mapas de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo. Esses mapas, baseados nas Cartas de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo desenvolvidas pelo Ministério do Meio Ambiente, são produtos cartográficos que fornecem informações necessárias à tomada de decisão caso ocorra um

derramamento de óleo na área de estudo. Eles exibem os locais mais sensíveis na presença do óleo, através de dados básicos (tais como geologia, geomorfologia, oceanografia, sócio-economia e biologia) que informam todo o comportamento do ambiente. Alguns parâmetros, como dados hidrodinâmicos, dados de amostragem, tipo de litoral, declividade da face de praia, tipos de recursos em risco (ambiental, econômico, humano ou cultural) e uso e ocupação da área são alguns dos tipos de informações básicas essenciais na elaboração dos mapas de sensibilidade.

Dessa forma, utilizando os dados necessários, foi possível desenvolver mapas de sensibilidade da área de estudo em datas diferentes (junho/2000 e dezembro/2000) e perceber que havia uma diferença no índice de sensibilidade nessas datas. A área no mês de dezembro apresentou-se bem mais sensível ao óleo do que no mês de junho, pois o mês de junho apresentou dados hidrodinâmicos (energia das ondas e da energia de maré) que realizariam a limpeza natural mais rápido.

O uso dos SIG's na confecção dos mapas de sensibilidade mostrou ser uma ferramenta poderosa, visto que foi possível manipular dados geográficos de maneira mais precisa e confeccionar mapas mais exatos e com um nível maior de detalhamento da área de estudo. Esta apresentou um grau de sensibilidade ambiental médio ao longo da costa e alto nas áreas de manguezais e é relativamente vulnerável a um derramamento de petróleo, no caso de ser afetada diretamente.

ABSTRACT

The area between Galinhos and São Bento do Norte beaches, located in the northern coast of the Rio Grande do Norte State is submitted to intense and constant processes of littoral and aeolian transport, causing erosion, alterations in the sediments balance and modifications in the shoreline. Beyond these natural factors, the human interference is huge in the surroundings due to the Guamaré Petroliferous Pole nearby, the greater terrestrial oil producing in Brazil. Before all these characteristics had been organized MAMBMARE and MARPETRO projects with the main objective to execute the geo-environmental monitoring of coastal areas on the northern portion of RN.

There is a bulky amount of database from the study area such as geologic and geophysical multitemporal data, hydrodynamic measurements, remote sensing multitemporal images, thematic maps, among others; it is of extreme importance to elaborate a Geographic Database (GD), one of the main components of a Geographic Information System (GIS), to store this amount of information, allowing the access to researchers and users. The first part of this work consisted to elaborate a GD to store the data of the area between Galinhos and São Bento do Norte cities. The main goal was to use the potentiality of the GIS as a tool to support decisions in the environmental monitoring of this region, a valuable target for oil exploration, salt companies and shrimp farms. The collected data was stored as a virtual library to assist men decisions from the results presented as digital thematic maps, tables and reports, useful as source of data in the preventive planning and as guidelines to the future research themes both on regional and local context.

The second stage of this work consisted on elaborate the Oil-Spill Environmental Sensitivity Maps. These maps based on the Environmental Sensitivity Index Maps to Oil Spill developed by the Ministry of Environment are cartographic products that supply full information to the decision making, contingency planning and assessment in case of an oil spilling incident in any area. They represent the sensitivity of the areas related to oil spilling, through basic data such as geology, geomorphology, oceanographic, social-economic and biology. Some parameters, as hydrodynamic data, sampling data, coastal type, declivity of the beach face, types of resources in risk (biologic, economic, human or

cultural) and the land use of the area are some of the essential information used on the environmental sensitivity maps elaboration.

Thus using the available data were possible to develop sensitivity maps of the study area on different dates (June/2000 and December/2000) and to perceive that there was a difference on the sensitivity index generated. The area on December presented more sensible to the oil than the June one because hydrodynamic data (wave and tide energy) allowed a faster natural cleaning on June.

The use of the GIS on sensitivity maps showed to be a powerful tool, since it was possible to manipulate geographic data with correctness and to elaborate more accurate maps with a higher level of detail to the study area. This presented an medium index (3 to 4) to the long shore and a high index (10) to the mangrove areas highly vulnerable to oil spill.

AGRADECIMENTOS

Desejo aqui expressar meus agradecimentos sinceros às pessoas que sempre me ajudaram e me apoiaram em todos os momentos. Assim agradeço:

A DEUS acima de tudo, por tudo que tem me proporcionado na minha vida: pela família maravilhosa que eu tenho, pela saúde concebida, por todas as oportunidades profissionais oferecidas, pelos amigos existentes e principalmente pelo ensino dos valores morais e cristãos.

Aos meus pais Neto Castro e Jane Mary que me ensinaram os verdadeiros valores do ser humano e sempre me apoiaram incondicionalmente em tudo que escolhi fazer. A eles, agradeço pela pessoa que sou hoje e por todo o carinho oferecido.

À minha irmã Aurélia e a minha prima Andreza pelo total apoio e bom humor nos momentos que fiquei triste ou desestimulada com algum acontecimento. Muito obrigada por estarem ao meu lado!

À Universidade Federal do Rio Grande do Norte e ao Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica por terem me aceito no seu quadro discente e por terem me oferecido condições apropriadas de estudo e pesquisa ao longo do meu mestrado.

À minha orientadora Profa. Dra. Helenice Vital, a quem admiro tanto pela competência e responsabilidade, que aceitou uma aluna vinda de outro curso e sempre se dispôs a ensinar os conceitos da geologia e demais dúvidas. A você, professora, o meu muito obrigada pela confiança!

Ao meu co-orientador Prof. Dr. Dario José Aloise, do Departamento de Informática e Matemática Aplicada da UFRN, que aceitou junto comigo esse desafio de realizar o mestrado em outra área de pesquisa e foi mestre e amigo em todos os momentos que precisei.

Ao Prof. Dr. Venerando Eustáquio Amaro, pelo constante incentivo, segurança, dedicação, confiança, ajuda e disciplina; além da sua verdadeira amizade. Obrigada por ter acreditado em mim e nesse trabalho!

Aos professores do Departamento de Geologia, que me ensinaram novos conceitos e outra maneira de ver o planeta Terra.

Aos funcionários da Geologia, especialmente Nilda, Maria do Céu e Sônia, que sempre me trataram da melhor forma possível.

Aos amigos de Ciências da Computação pela preservação da verdadeira amizade e pelo constante incentivo.

Aos companheiros do Laboratório de Geoprocessamento, principalmente Alfredo, Michael e Armando, pelo incessante auxílio na manipulação de *softwares* específicos e pelos momentos de descontração nas horas de trabalho. Amigos, sem vocês, eu não teria conseguido!! Obrigada mesmo!!

À equipe do Laboratório do Grupo de Pesquisa em Geologia e Geofísica Marinha e Monitoramento Ambiental (GGEMMA), pelo fornecimento dos dados e do material de pesquisa.

À Agência Nacional de Petróleo (ANP) pela concessão da bolsa de pesquisa ao longo do Mestrado.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram no desenvolvimento desse trabalho, na confecção dessa dissertação e no meu bom humor do dia-a-dia.

ÍNDICE

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
AGRADECIMENTOS.....	v
1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	1
1.1. INTRODUÇÃO	1
1.1.1. <i>O Uso da Informática na Geologia</i>	1
1.1.2. <i>Objetivos</i>	3
1.1.3. <i>Justificativa</i>	4
1.2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	5
1.2.1. <i>Localização e Vias de Acesso</i>	5
1.2.2. <i>Características Geológicas</i>	6
1.2.3. <i>Características Geomorfológicas</i>	9
1.2.4. <i>Aspectos Fisiográficos</i>	9
1.2.5. <i>Aspectos Demográficos e Sócio-Econômicos</i>	11
1.3. A IMPORTÂNCIA DOS MAPAS DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL NAS ÁREAS.....	12
1.4 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	14
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1 O GEOPROCESSAMENTO.....	15
2.2 OS SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS	20
2.3 OS BANCOS DE DADOS GEOGRÁFICOS.....	22
2.4 MODELO DE BANCOS DE DADOS	24
2.5 MODELO DE BANCOS DE DADOS GEOGRÁFICOS	25
2.5.1. <i>A escolha do Modelo Conceitual</i>	27
2.5.2. <i>A Modelagem Conceitual GeoFrame</i>	28
3. BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS DA ÁREA DE ESTUDO	32
3.1. MODELAGEM CONCEITUAL:.....	32
3.1.1. <i>Primeira Etapa da Modelagem:</i>	32
3.1.2. <i>Segunda Etapa da Modelagem:</i>	35
3.1.3. <i>Terceira Etapa da Modelagem:</i>	39
3.2. MODELO LÓGICO	44
3.2.1. <i>Transformação Conceitual-Lógica do Pacote Perfis de Praia:</i>	46
3.2.2. <i>Transformação Conceitual-Lógica do Pacote Dados Hidrodinâmicos:</i>	46
3.2.3. <i>Transformação Conceitual-Lógica do Pacote Mapas Temáticos</i>	47
3.2.4. <i>Transformação Conceitual-Lógica do Pacote Dados de Amostragem:</i>	48
3.2.5. <i>Transformação Conceitual-Lógica do Pacote Dados de Sensoriamento Remoto:</i>	49
3.2.6. <i>Transformação Conceitual-Lógica do Pacote Dados Geofísicos:</i>	49
3.3. MODELO FÍSICO	50
4. MAPAS DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL AO DERRAMAMENTO DE ÓLEO	51
4.1. APRESENTAÇÃO.....	51
4.2. MAPAS DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL AO DERRAMAMENTO DE ÓLEO	53

4.3. MAPAS DE SENSIBILIDADE DAS ÁREAS DE GALINHOS E SÃO BENTO DO NORTE.....	61
4.3.1. <i>Parâmetros necessários para elaboração dos mapas de sensibilidade</i>	66
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	78
5.1. CONCLUSÕES	78
5.2. RECOMENDAÇÕES	80
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	6
FIGURA 1.2 - MAPA GEOLÓGICO SIMPLIFICADO DA ÁREA DE ESTUDO	8
FIGURA 2.1 - REPRESENTAÇÃO VETORIAL (A) E MATRICIAL (B) DE UM MAPA TEMÁTICO	17
FIGURA 2.2 - EXEMPLO DE UM MAPA CADASTRAL	17
FIGURA 2.3 - EXEMPLO DE UMA REDE, NO CASO SÃO ENTIDADES DE UMA REDE ELÉTRICA.	18
FIGURA 2.4 - IMAGEM DE SATÉLITE DO LITORAL SETENTRIONAL DO RIO GRANDE DO NORTE, ABRAGENDO A ÁREA DE ESTUDO. FONTE: LABORATÓRIO DE GEOPROCESSAMENTO - PPGG/UFRN. IMAGEM LANDSAT 5TM. PASSAGEM DO SATÉLITE EM 12/06/2000. (FONTE: TABOSA 2001).....	19
FIGURA 2.5 - GRADES REGULARES (A) E TRIANGULARES (B).	20
FIGURA 2.6 - ARQUITETURA DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS	21
FIGURA 2.7 - ETAPAS DE UM PROJETO DE BANCO DE DADOS	25
FIGURA 2.8 - FASES DO PROJETO DO BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS (LISBOA FILHO ET. AL 1997)	26
FIGURA 2.9 - EXEMPLOS DE DIAGRAMAS UTILIZADOS NA NOTAÇÃO UML.....	29
FIGURA 2.10 - REPRESENTAÇÃO DE DADOS GEOGRÁFICOS E CONVENCIONAIS NO MODELO GEO-FRAME.....	30
FIGURA 2.11 - SUBDIVISÃO DOS GEO-OBJETOS E GEO-CAMPOS E SUAS RESPECTIVAS REPRESENTAÇÕES	31
FIGURA 2.12 - ESTERÍOTIPOS DO MODELO GEOFRAME (FILHO 2000)	31
FIGURA 3.1 - ESTRUTURA DE UM PACOTE UML	33
FIGURA 3.2 - PRIMEIRA ETAPA DA MODELAGEM CONCEITUAL DO GEOFRAME: DEFINIÇÃO DA REGIÃO GEOGRÁFICA E DOS PACOTES	34
FIGURA 3.3 - SEGUNDA ETAPA DA MODELAGEM CONCEITUAL DO GEOFRAME: DEFINIÇÃO DO PACOTE DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO E AS CLASSES EXISTENTES	35
FIGURA 3.4 - SEGUNDA ETAPA DA MODELAGEM CONCEITUAL DO GEOFRAME: DETALHAMENTO DOS PACOTES PERFIS DE PRAIA, DADOS HIDRODINÂMICOS E DADOS DE AMOSTRAGEM E AS ASSOCIAÇÕES EXISTENTES ENTRE OS PACOTES E ENTRE AS CLASSES DE CADA PACOTE	36
FIGURA 3.5 - SEGUNDA ETAPA DA MODELAGEM CONCEITUAL DO GEOFRAME: DETALHAMENTO DO PACOTE DADOS GEOFÍSICOS, CONTENDO SUBPACOTES E AS ASSOCIAÇÕES EXISTENTES ENTRE AS CLASSES DESSES SUBPACOTES	37
FIGURA 3.6 - SEGUNDA ETAPA DA MODELAGEM CONCEITUAL DO GEOFRAME: DETALHAMENTO DO PACOTE MAPAS TEMÁTICOS, CONTENDO SUBPACOTES E AS ASSOCIAÇÕES EXISTENTES ENTRE AS CLASSES DESSES SUBPACOTES	38
FIGURA 3.7 - TERCEIRA ETAPA DA MODELAGEM CONCEITUAL DO GEOFRAME: DETALHAMENTO DOS ATRIBUTOS DAS CLASSES DO PACOTE PERFIS DE PRAIA E SUAS REPRESENTAÇÕES (SE SERÃO DADOS GEOGRÁFICOS OU DESCRITIVOS)	40
FIGURA 3.8 - TERCEIRA ETAPA DA MODELAGEM CONCEITUAL DO GEOFRAME: DETALHAMENTO DOS ATRIBUTOS DAS CLASSES DO PACOTE DADOS HIDRODINÂMICOS E SUAS REPRESENTAÇÕES (SE SERÃO DADOS GEOGRÁFICOS OU DESCRITIVOS).....	41
FIGURA 3.9 - TERCEIRA ETAPA DA MODELAGEM CONCEITUAL DO GEOFRAME: DETALHAMENTO DOS ATRIBUTOS	

DAS CLASSES DO PACOTE MAPAS TEMÁTICOS E SUAS REPRESENTAÇÕES (SE SERÃO DADOS GEOGRÁFICOS OU DESCRITIVOS).....	42
FIGURA 3.10 - TERCEIRA ETAPA DA MODELAGEM CONCEITUAL DO GEOFRAME: DETALHAMENTO DOS ATRIBUTOS DAS CLASSES DOS PACOTES DADOS DE AMOSTRAGEM E DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO	43
FIGURA 3.11 - TERCEIRA ETAPA DA MODELAGEM CONCEITUAL DO GEOFRAME: DETALHAMENTO DOS ATRIBUTOS DAS CLASSES DO PACOTE DADOS GEOFÍSICOS E SUAS REPRESENTAÇÕES (SE SERÃO DADOS GEOGRÁFICOS OU DESCRITIVOS).....	44
FIGURA 3.12 - TRANSFORMAÇÃO CONCEITUAL-LÓGICO A PARTIR DO MODELO GEOFRAME (FONTE: LISBOA FILHO 2002).....	45
FIGURA 3.13 - TRANSFORMAÇÃO CONCEITUAL-LÓGICO DAS CLASSES DO PACOTE PERFIS DE PRAIA	46
FIGURA 3.14 - TRANSFORMAÇÃO CONCEITUAL-LÓGICO DAS CLASSES DO PACOTE DADOS HIDRODINÂMICOS	46
FIGURA 3.15 - TRANSFORMAÇÃO CONCEITUAL-LÓGICO DAS CLASSES DO PACOTE MAPAS TEMÁTICOS	47
FIGURA 3.16 - TRANSFORMAÇÃO CONCEITUAL-LÓGICO DA CLASSE MAPA TEMÁTICO DE DINÂMICA COSTEIRA	48
FIGURA 3.17 - TRANSFORMAÇÃO CONCEITUAL-LÓGICO DAS CLASSES DO PACOTE DADOS DE AMOSTRAGEM.....	48
FIGURA 3.18 - TRANSFORMAÇÃO CONCEITUAL-LÓGICO DAS CLASSES DO PACOTE DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO.....	49
FIGURA 3.19 - TRANSFORMAÇÃO CONCEITUAL-LÓGICO DAS CLASSES DO PACOTE DADOS GEOFÍSICOS	50
FIGURA 4.1 - PLANO CARTOGRÁFICO PARA MAPEAMENTO DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL PARA DERRAMAMENTO DE ÓLEO EM ÁREAS COSTEIRAS E MARINHAS DAS BACIAS MARÍTIMAS PRIORITÁRIAS (FONTE: MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE).....	61
FIGURA 4.2 - PLANO CARTOGRÁFICO PARA AS BACIAS MARÍTIMAS DO CEARÁ E POTIGUAR (6 CARTAS TÁTICAS). (FONTE: MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE).....	62
FIGURA 4.3 - MAPA DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL AO DERRAMAMENTO DE ÓLEO - BACIA POTIGUAR - PROXIMIDADES DO PÓLO PETROLÍFERO DE GUAMARÉ, RN (JUNHO/2000).....	74
FIGURA 4.4 - MAPA DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL AO DERRAMAMENTO DE ÓLEO - BACIA POTIGUAR - PROXIMIDADES DO PÓLO PETROLÍFERO DE GUAMARÉ, RN (DEZEMBRO/2000)	75
FIGURA 4.5 - COMPARAÇÃO ENTRE OS MAPAS DE SENSIBILIDADE DA ÁREA DE SÃO BENTO DO NORTE E CAIÇARA DO NORTE NOS MESES DE JUNHO/2000 E DEZEMBRO/2000	76
FIGURA 4.6 - COMPARAÇÃO ENTRE OS MAPAS DE SENSIBILIDADE DA ÁREA DE GALINHOS E GALOS NOS MESES DE JUNHO/2000 E DEZEMBRO/2000	77

LISTA DE TABELAS

TABELA 4.1 – ÍNDICE DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL (“ENVIRONMENTAL SENSITIVITY INDEX - ESP”) AO PETRÓLEO E SEUS DERIVADOS E CARACTERÍSTICAS DO LITORAL – NOAA	58
TABELA 4.2 – ESQUEMA DE CORES PARA CLASSIFICAÇÃO DO ISL (FONTE: MMA 2002)	59
TABELA 4.3 – DETERMINAÇÃO DOS ÍNDICES DE SENSIBILIDADE DA ÁREA ENTRE GALINHOS E SÃO BENTO DO NORTE NO MÊS DE JUNHO/2000	64
TABELA 4.4 – DETERMINAÇÃO DOS ÍNDICES DE SENSIBILIDADE DA ÁREA ENTRE GALINHOS E SÃO BENTO DO NORTE NO MÊS DE DEZEMBRO/2000	65

Capítulo 1.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. Considerações Iniciais

1.1. Introdução

1.1.1. O Uso da Informática na Geologia

A informação é tida como a grande arma para o homem melhorar o planeta: usada com inteligência e seriedade, ela tem o poder de orientar as tomadas de decisão e monitorar os acontecimentos. A partir do momento em que se têm informações importantes e necessárias, o ser humano tem a capacidade de avaliá-las e modificar o ambiente de acordo com sua necessidade. A Informação pode ser definida como um conjunto de dados com algum significado para um determinado uso ou aplicação e sendo adquirida de forma contínua, ela gera o *Conhecimento*. O processo de automatizar a informação (a ciência da Automação) consiste na aplicação de técnicas que permitam a um conjunto de mecanismos ou equipamentos de processamento de informações executar tarefas antes realizadas pelo homem (Matta e Concilio 1999). Ou seja, todas as tarefas manuais antes executadas por uma pessoa, agora podem ser executadas por uma máquina ou equipamento, de maneira mais rápida e bem mais precisa, desde que a máquina tenha sido corretamente programada. Diz-se, nesse caso, que a informação foi automatizada.

A palavra *Informática*, cunhada a partir das palavras *informação* e *automática*, significa “a ciência do tratamento automático da informação” (Houaiss 1988) e realiza o processamento automatizado da informação através do uso de equipamentos computacionais, técnicas e procedimentos adequados para esse fim. Inicialmente surgiu o Processamento de Dados, posteriormente os Sistemas de Informação, a Automação e os Bancos de Dados. Hoje em dia a palavra de ordem é “Tecnologia da Informação”, onde o foco principal é a integração de vários elementos de diferentes áreas tendo como instrumento-base a Informática. O que importa agora é a administração da informação, onde a palavra-chave é “*integração*”, como por exemplo a teleinformática que é a união entre as telecomunicações e a informática (Meneguette 2000).

Com a Geologia essa realidade não poderia ser diferente. Torna-se cada vez mais freqüente o uso da Informática em estudos geológicos, tais como o registro em

computadores de perfis batimétricos, a utilização do processamento digital em imagens de satélite, o uso de *notebooks* em viagens de campo a fim de armazenar todos os dados importantes do estudo, a confecção de mapas temáticos digitais e toda a manipulação rápida e confiável dos dados temáticos, entre outros. No meio dessa integração entre Informática e Geologia, surgiu o termo Geoprocessamento, que pode ser definido como uma tecnologia para o planejamento e controle ambiental, como também um instrumento de suporte de decisão. É a maneira de agregar a informação ao espaço geográfico, obtendo-se dessa forma, uma ferramenta poderosa no sentido de organizar, visualizar e gerenciar dados geológicos.

Em 1972, durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente em Estocolmo, Suécia, foi enfatizada a idéia de que o homem, ao final do século XX, se tornaria o co-agente mais importante no processo geral de evolução da terra, capaz de intervir de maneira significativa nas transformações em curso do nosso planeta (Costa 1999). De fato, o homem hoje em dia é o agente mais ativo quando o assunto é modificar o ambiente em que se vive, mesmo que essa modificação seja de maneira desordenada e descontrolada. Devido a isso, existe uma preocupação muito grande em organizar o espaço, de modo que essas mudanças agridam o mínimo possível o meio ambiente. A partir dessa preocupação, vários estudos sobre impactos ambientais estão sendo realizados no propósito de avaliar e proteger as regiões mais sensíveis em relação às modificações. Neste sentido, a utilização do Geoprocessamento possibilita o tratamento eficaz e rápido dos dados ambientais, agilizando a execução de processamento desses dados e garantindo confiabilidade nos resultados finais obtidos. Logo, a tecnologia de Geoprocessamento está se tornando uma ferramenta imprescindível nos estudos referentes a Impactos Ambientais.

O Geoprocessamento, baseado nos Sistemas de Informações Geográficas, possibilita a atualização contínua das informações e análises obtidas, permitindo, a realização de simulações de situações consideradas de extrema importância para o monitoramento de determinados impactos (Costa 1999). Com o armazenamento dos mapas digitais no Banco de Dados Geográfico, é possível avaliar o ambiente e determinar a vulnerabilidade do local em estudo. Isto porque as informações armazenadas nesse banco de dados na forma de mapas, gerarão novas informações que irão subsidiar uma tomada de decisão.

O conceito moderno de impacto ambiental com base em geoprocessamento consiste em estabelecer a sensibilidade de cada ponto do território georreferenciado, diante de uma intervenção humana concreta, e medir o possível impacto ambiental das diversas atividades implementadas pelo homem (Sendra 1992). Devido a isso, situações de impactos ambientais passaram a ser analisadas de maneira conjugada às situações de riscos (desmoronamentos, deslizamentos e enchentes, por exemplo); neste contexto a utilização de modelos digitais do ambiente (os SIG's), permitindo o mapeamento de áreas de riscos e o seu monitoramento constante, é uma ferramenta poderosa neste tipo de análise, pois é possível avaliar toda a vulnerabilidade do local mediante ação humana ou até mesmo diante das mudanças naturais ocorridas no próprio ambiente.

Atualmente uma técnica muito utilizada na análise de possíveis impactos ambientais e suas conseqüências, são os *Mapas de Sensibilidade Ambiental*. Estes objetivam localizar as áreas sensíveis em relação a alguma mudança no meio ambiente, seja ela natural ou antrópica, visando a redução de conseqüências desastrosas e prejudiciais. Ao analisar um mapa de sensibilidade, é possível diagnosticar os possíveis problemas ambientais e sugerir recomendações para um melhor aproveitamento.

O ambiente reage de maneira diferente a cada tipo de ação sobre ele. Tomando como exemplo o oceano, este possui uma resposta natural diante de um derramamento de óleo e outra reação frente a uma ação radioativa. Uma delas será bem mais prejudicial do que a outra e isso poderá ser identificado nos mapas de sensibilidade.

1.1.2. Objetivos

O presente trabalho apresenta dois objetivos principais:

1. Desenvolvimento de um Banco de Dados Geográficos (BDG), onde foram armazenados dados obtidos no monitoramento geoambiental de áreas costeiras localizadas na porção setentrional do estado do Rio Grande do Norte, especificamente o litoral entre Galinhos e São Bento do Norte. Os dados inseridos nesse banco de dados foram coletados pelas equipes do GGEMMA (Grupo de Pesquisa em Geologia e Geofísica Marinha e Monitoramento Ambiental) e GEOPRO (Laboratório de Geoprocessamento), ambos pertencentes ao Programa Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica.

2. Elaboração de Mapas de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo para esta região, a partir dos dados geográficos armazenados no BDG, como suporte a tomada de decisão em planos de contingência e de medidas que visem proteção ambiental dessas áreas costeiras, em especial as relacionadas às atividades petrolíferas. Esses mapas classificam a área segundo um índice de sensibilidade quantos aos impactos ambientais decorrentes de acidentes de derramamento de óleo.

1.1.3. Justificativa

A existência de um BDG, relacionando uma localização geográfica com suas respectivas informações em uma base de dados, é uma ferramenta poderosa no sentido de armazenar dados históricos e atuais, para que se possa fazer uma análise comparativa entre eles e avaliar as mudanças ocorridas no ambiente. É importante armazenar dados analógicos coletados ao longo de um período de estudo em um ambiente computacional seguro, que servirá como fonte de pesquisa a professores, cientistas e alunos, bem como órgãos ambientais, que queiram acessar as informações disponíveis da área pesquisada.

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

Para elaboração de planos de contingência faz-se necessário o mapeamento das áreas sensíveis ao derramamento de óleo, bem como modelos previsionais do movimento da mancha de óleo, a partir de banco de dados consistentes, que possa incluir as diversas fases de monitoramento ambiental.

Um *Mapa de Sensibilidade Ambiental para Derramamento de Óleo* é um componente essencial e fonte de informação primária para o planejamento de

contingência e avaliação de danos em caso de derramamento de óleo. Ademais, esses mapas representam uma ferramenta fundamental para o balizamento das ações de resposta a vazamentos de óleos, na medida em que, ao identificar os ambientes com prioridade de preservação, permitem o direcionamento dos recursos disponíveis e a mobilização mais eficiente das equipes de proteção e limpeza (MMA 2001). Além disso, são extremamente importantes para o gerenciamento costeiro da região (definição de locais de instalação de empreendimentos para a indústria de petróleo, carcinicultura e salineira).

1.2. Caracterização da Área de Estudo

1.2.1. Localização e Vias de Acesso

A área de estudo encontra-se inserida no contexto geológico da Bacia Potiguar, localizada no Nordeste brasileiro, na porção setentrional do Estado do Rio Grande do Norte, englobando parte da margem costeira norte do estado. A área é limitada do município de São Bento do Norte até Galinhos pelas coordenadas em UTM de 800 – 840 kmE e 9430 – 9445 kmN, com dimensão de 600 Km² (Figura 1.1).

São Bento do Norte dista cerca de 170 km da cidade de Natal, capital do Estado. A principal via de acesso é seguir até o município de João Câmara pela rodovia federal BR 406 e então continuar pela rodovia estadual RN 120 até São Bento.

Galinhos encontra-se a uma distância de 175 km da capital; para chegar até esse município é preciso seguir a BR 406, em direção a Macau, e depois prosseguir pela RN 402. O acesso até a cidade é possível por meio de barco ou utilizando-se carros de tração.

A área em estudo está representada na Figura 1.1.

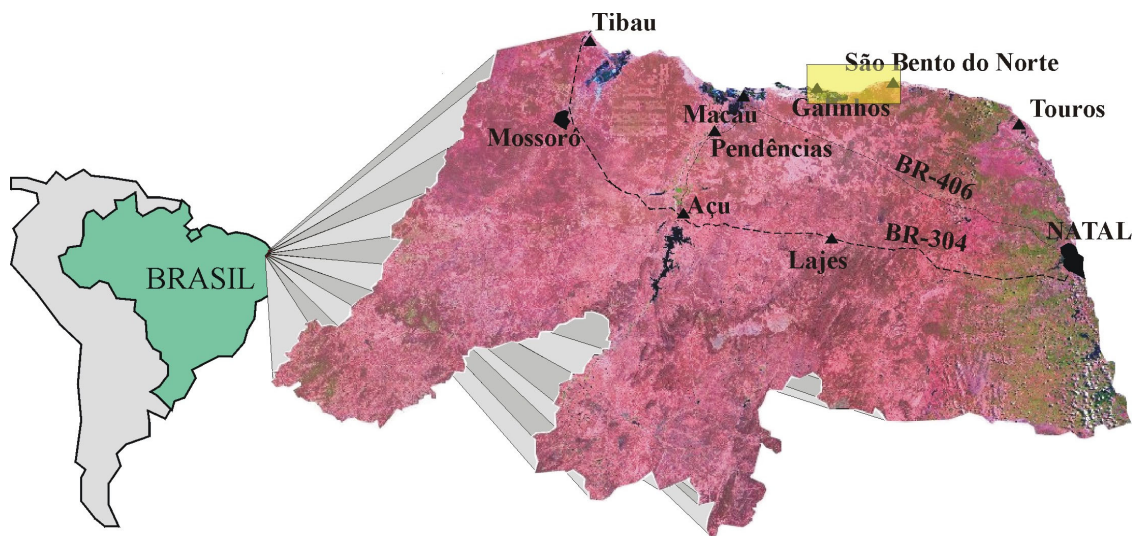


Figura 1.1 - Localização da área de estudo

1.2.2. Características Geológicas

De acordo com o Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do RN (IDEMA 1999a), geologicamente a área de estudo situa-se na faixa de domínio da Bacia Potiguar (Idade Cretácea), entretanto domina na região sedimentos pertencentes ao grupo Barreiras de Idade Terciária, formadores de solos arenosos e areno-argilosos de coloração creme e creme-avermelhada, que recobrem os calcários da Formação Jandaíra (estes ocorrem somente em subsuperfície). No litoral o grupo Barreiras encontra-se recoberto por dunas de composição areno-quartzosa com origem marinha e transporte eólico. Em Galinhos destaca-se uma faixa estuarina onde predominam os aluviões recentes, com solos areno-argiloso com muita matéria orgânica.

Galinhos e São Bento do Norte encontram-se inseridas na transição entre o continente e o mar e possuem sedimentos e rochas sedimentares que representam depósitos cenozóicos de sistemas deposicionais costeiros (Caldas 1996). Trata-se de áreas marcadas fortemente por processos costeiros deposicionais e erosionais causados pela ação conjunta dos ventos, correntes, ondas e marés (Hustedt 2000).

A partir do litoral para o interior, ocorre uma seqüência de sedimentos quaternários (dunas, paleodunas e aluviões), rochas arenosas do Grupo Barreiras e calcárias da Formação Jandaíra (Secretaria de Recursos Hídricos 2001). Em São Bento é marcante a presença de bancos de arenitos, dunas móveis, paleodunas, paleodunas descaracterizadas, paleocordões arenosos, concheiros, depósitos de paleoplanície de maré e de calcários. As paleodunas descaracterizadas e as dunas móveis predominam nessa

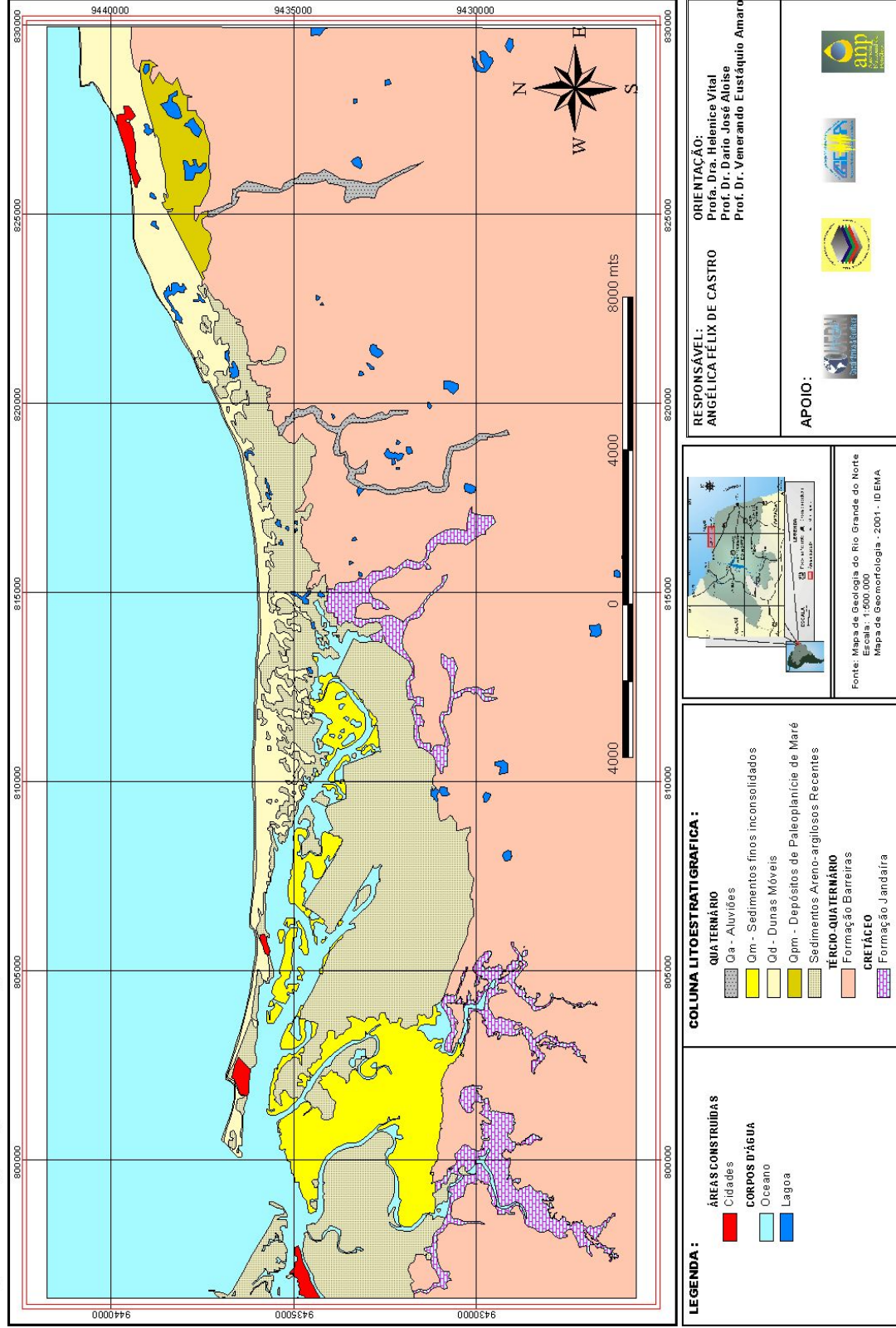
área (Caldas 1996).

A geologia do município de Galinhos é formada por seqüências sedimentares do Grupo Apodi, sendo identificadas principalmente as formações Alagamar, Açú, Jandaíra, Macau, Guamaré e Tibau (Lima 2000). Caracteriza-se pela predominância de depósitos praias, eólicos, marinhos e estuarinos, onde a erosão constante e o retrabalhamento da zona costeira dão origem às seqüências de areias praias mal selecionadas, areias praias e eólicas, areias eólicas de granulometria fina a média, vasas arenosas orgânicas e/ou argilo-arenosas orgânicas (Lima 1993).

Caldas (1996) salienta a presença marcante de *beachrocks* situados entre as cidades de São Bento do Norte e Galinhos. Esses *beachrocks* são constituídos de arenitos com granulometria que varia desde areia fina até muito grossa, com fração subordinada de areia muito grossa até seixo. Na área de São Bento, os *beachrocks* têm uma direção aproximada leste-oeste com as fraturas principais paralelas ou transversais ao corpo do *beachrock*.

A Figura 1.2 exhibe as principais feições geológicas da área.

Figura 1.2 – Mapa simplificado de Geologia da área de estudo



1.2.3. Características Geomorfológicas

O relevo das duas localidades apresenta uma paisagem monótona próximo ao litoral, com a presença de uma ampla planície de maré. Nessa faixa litorânea, as altitudes geralmente estão situadas ao nível médio dos mares (Dantas 1998). Esta região sofre constantes modificações geomorfológicas, erosionais ou deposicionais, causadas principalmente por processos marinhos (Caldas 1996).

Em São Bento do Norte, as formas deposicionais são as dunas móveis e fixas, os cúspides praias e as planícies arenosas sem feições geomorfológicas marcantes. Como formas erosionais destacam-se as falésias marinhas vivas, que sofrem ação erosiva das ondas diretamente (Caldas *op.cit*). De acordo com Caldas (1998), os *beachrocks* a leste de São Bento do Norte desenvolvem escarpas ao longo da praia, com diferenças de cotas da ordem de 4 a 5 metros.

Atualmente as dunas existentes nas praias de São Bento do Norte são responsáveis por boa parte dos sedimentos que se deslocam em direção à cidade (Tabosa 2001).

De acordo com Lima (1993), Galinhos é formado morfologicamente por planícies costeiras e superfície de aplainamento. Trata-se de uma região com praias arenosas e planas. Suas principais feições geomorfológicas são representadas por praias, recifes, estuários, mangues, laguna, lagoas e dunas. O modelamento dessas feições é fruto da atuação conjunta de ondas, correntes costeiras e ventos, relacionado com a variação do nível do mar (Lima *et. al* 2000). Atualmente, o avanço do campo de dunas móveis está soterrando a vegetação de mangue e assoreando o canal de maré. Além disso, Galinhos está situado em um esporão (*spit*) de direção E-W, com aproximadamente 9,5 km de extensão e largura média de 550 m (Lima *et. al* 2001).

1.2.4 Aspectos Fisiográficos

A área em estudo caracteriza-se pelo clima semi-árido; pela existência de uma bacia hidrográfica composta por rios de médio a pequeno porte, intermitentes e que quase sempre deságuam em lagoas, não atingindo diretamente o oceano; observa-se a existência de várias

lagoas na área e uma vegetação constituída de *herbáceas rasteiras* nas praias e dunas móveis, *restinga* situada nas paleodunas, os *manguezais* nas paleoplanícies de maré e a *caatinga hiperxerófila* que recobre os tabuleiros situados mais no interior (Caldas 1996).

Em ambientes praias, é comum encontrar uma vegetação rasteira, resistente às condições de salinidade dos solos dessas áreas. À medida que se afasta da praia, subindo as dunas, a vegetação aumenta de tamanho, aparecendo arbustos que às vezes formam matas fechadas ou de pouca densidade (Felipe & Carvalho 1999).

Em São Bento do Norte são encontradas desde vegetações herbáceas campestres até arbóreas, podendo ser distribuídas em dois ambientes básicos: ambiente de vegetação de dunas (este subdividido de acordo com a morfologia em dunas móveis e dunas fixas) e ambiente de vegetação de caatinga; distribuído nas seguintes localizações (IDEMA 1999b, Tabosa 2000):

- *Restinga*: encontrado em áreas de influência marinha, praia, dunas e terrenos do Grupo Barreiras capeados por areia quartzosas, podendo conter três fisionomias: arbóreas (arvoretas e umas poucas árvores de baixo porte e grande densidade), arbustiva (vegetação predominantemente formada por cameditas distribuídas, espaçadamente ou em grupos densos) e herbáceas (espécies halofitas, comum dos ambientes de influência flúvio-marinho com alto teor de salinidade).
- *Caatinga hiperxerófila*: vegetação de caráter mais seco, com abundância de cactáceas e plantas de porte mais baixo e espalhados.
- *Formação de praias e dunas*: vegetação nativa fixadora de areia. As dunas são estabilizadas ou fixas quando coberta por vegetação natural e denominada Reserva Ecológica.

A vegetação do município de Galinhos encontra-se agrupada em três ambientes distintos: ambientes de vegetação de dunas, ambiente de vegetação de manguezal e ambiente de vegetação de caatinga (Empresa de Consultoria e Planejamento Ambiental - ECOPLAM 1990). Nas dunas móveis, as vegetações predominantes apresentam-se espaçadas devido ao solo ser pobre em nutrientes e com altura aproximada de 30 cm. Em áreas mais protegidas da ação eólica, é percebida a presença de espécies arbustivas-arbóreas, que podem atingir até

3m de altura. Os manguezais são sistemas ecológicos costeiros tropicais, dominados por mangues e animais típicos aos quais se associam outras plantas e animais, adaptadas a um solo periodicamente inundado pelas marés, com grande variação de salinidade (IDEMA 1999a). Outras espécies vegetais encontradas em Galinhos são as plantações de coqueiros e plantações de subsistência como feijão e batata (Lima 2002).

1.2.5. Aspectos Demográficos e Sócio-Econômicos

Os dados aqui citados, têm como fonte o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, no censo demográfico realizado no ano 2000 (IBGE 2002).

Em 2000 o município de Galinhos apresentou uma população de 1.767 habitantes com uma densidade demográfica cerca de 5,32 hab/km². Sua população rural registrou 766 pessoas, enquanto que na urbana o registro foi de 1001. O número de pessoas alfabetizadas era de 815, correspondendo a uma taxa de alfabetização de 61,2 %.

A população de São Bento do Norte foi registrada em 3378 habitantes; com uma população rural de 2453 e urbana de 925. Registrou-se 1876 pessoas alfabetizadas, com uma taxa de alfabetização de 72,2%. Sua densidade demográfica é de 17,15 hab/km²

Nas atividades econômicas predominantes na área de estudo destacam-se a produção do sal marinho, a fruticultura, a carcinicultura e pesca artesanal. A agricultura é voltada para a subsistência, feijão, milho e mandioca, sendo esta última a de maior produção (Silveira 2002). A atividade pesqueira é a principal atividade econômica, fonte de renda e ocupação da população; é, sem dúvida, o setor que mais absorve a mão de obra local. A agropecuária está restrita a pequenas propriedades rurais que cultivam apenas produtos de subsistência, ou ainda, extração da castanha de caju, coco e sisal. Foi constatada a exploração de calcário e cal, para a construção civil e o surgimento, ainda tímido, da atividade turística (Tabosa 2000). O sal marinho é abundante na área de Galinhos. Na safra de 1991/1992, estimou-se uma produção de 150.000 toneladas de sal, o que representa 14,17% da safra estadual. Este município ocupa o quinto lugar na produção estadual e conta com uma salina na área (IDEMA 1999a). A tendência atual é a expansão da carcinicultura, como interesse

demonstrado pelos empresários do setor em ocupar as áreas anteriormente utilizadas para extração de sal. Outro aspecto importante é o desenvolvimento das atividades econômicas nas proximidades dos leitos dos rios componentes das bacias hidrográficas (GEOPRO 2002).

A oeste da área de estudo, encontra-se o Pólo Petrolífero de Guamaré, o maior produtor terrestre de petróleo do Brasil, localizado no município de Guamaré – RN. Para o Pólo Industrial converge todo o óleo e gás produzido na Plataforma Continental do RN e grande parte da produção terrestre. Existe uma unidade de processamento de gás natural e uma planta de produção de diesel, no qual o Pólo de Guamaré abastece o RN e parte de outros estados com esses dois combustíveis e gás de cozinha. A área próxima ao pólo apresenta uma faixa onde algumas instalações costeiras foram construídas desde o início dos anos oitenta, para atender a exploração de óleo e gás como: o canal de acesso ao porto de Guamaré, seis oleodutos e gasodutos ligando as instalações em terras aos campos de Agulha e Ubarana e dois emissários (Guedes 2002). Percebe-se um aumento do número de poços de petróleo, que passou de 26 (em 1999) para 30 poços (em 2000). Assim como, a quantidade de óleo e gás natural também (Silveira 2002).

Diante dessa realidade, áreas próximas ao Pólo, tais como Galinhos e São Bento do Norte, são altamente suscetíveis à presença de óleo caso ocorra um derramamento em Guamaré. Por isso, a importância de mapas de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo nessas áreas vizinhas.

1.3. A importância dos Mapas de Sensibilidade Ambiental nas áreas

Como já foi mencionado anteriormente, os *Mapas de Sensibilidade Ambiental (MSA)* são ferramentas imprescindíveis para avaliar a vulnerabilidade da região e auxiliar na tomada de decisão. Basicamente, os MSA são expressões cartográficas em um formato especial, que contém informação básica com componentes biológicos, geomorfológicos, hidrológicos, meteorológicos, etc. Indicam, além disso, as áreas de conservação, recreação e assentamentos urbanos costeiros. Abarcam, entre outros, as costas litorâneas dos oceanos,

rios, riachos, lagoas, especialmente em zonas que estão entre marés, desembocaduras de rios, arroios, lagoas, contorno de praias, áreas de uso múltiplo (*Administracion Nacional de Combustibles Alcohol y Portland* – ANCAP 2001). Em suma, eles apresentam a classificação do ecossistema e seus índices de sensibilidade. Em ambientes costeiros, tais ferramentas são de grande ajuda, visto que os processos naturais e antrópicos estão bem presentes. É de conhecimento que o comportamento de marés, ventos, correntezas influem nos mapas de sensibilidade. Dependendo da frequência e magnitude dessas modificações, podem ocorrer alterações prejudiciais e irreversíveis aos ecossistemas. Por exemplo, podem afetar espécies raras ou em processo de extinção, danificar áreas de proteção ambiental, poluir praias ou exterminar toda uma estrutura ecológica.

Os mapas de sensibilidade caracterizam um ambiente e, posteriormente, ordenam os ambientes mapeados de acordo com uma escala de sensibilidade. Gundlach e Hayes (1978) adotaram uma legenda numérica, enquanto que o Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG 2001) adotou uma escala de cores. O tipo de classificação de sensibilidade adotado nesse trabalho foi baseado na escala do *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA 2002). Uma característica importante nos mapas elaborados pelo NOAA é a utilização de ícones para representar os recursos biológicos e sócio-econômicos existentes na área, bem como as espécies animais terrestres e marinhas, os grupos existentes (instalações militares, casas residenciais/veraneio, camping, hotel) e todos os fatores que possam influenciar na sensibilidade do ambiente.

As empresas petrolíferas elaboram MSA's como ferramenta de apoio aos Planos de Contingência frente a possíveis derramamentos de petróleo. Em geral, os MSA's fornecem informação crítica para responder aos derramamentos, aportando os dados básicos necessários para tomar decisões rápidas (e acertadas), durante um derramamento de petróleo (ANCAP 2001). Decisões como identificar as estratégias de limpeza, visando a redução de danos ambientais causados pelo derramamento quanto pelos esforços de limpeza.

A elaboração de mapas de sensibilidade da região entre Galinhos e São Bento do Norte faz-se necessário, devido à existência de exploração petrolífera nas proximidades. Além do mais, essa região apresenta processos costeiros intensos que influenciariam

fortemente em caso de derramamento de óleo na área.

Outro fator importante na área de estudo é a existência de manguezais, ecossistema esse riquíssimo em diversas espécies biológicas, onde a presença de óleo nesses locais poderia ser fatal às espécies existentes. Sendo assim, áreas dessa natureza são classificadas como áreas de prioridade máxima de proteção nos mapas de sensibilidade.

Em geral, os fatores considerados na construção de mapas de sensibilidade de regiões costeiras são: parâmetros geológicos, geomorfológicos, biológicos, sócio-econômicos e hidrodinâmicos.

1.4 Organização da Dissertação

A dissertação encontra-se organizada da seguinte maneira: no Capítulo 1 foi apresentada uma visão geral da área de estudo, bem como algumas de suas principais características, os objetivos e justificativas do trabalho. Também foram introduzidos o conceito de Mapas de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo e a importância deles na área de estudo.

O Capítulo 2 apresenta toda uma fundamentação teórica sobre Geoprocessamento, Sistemas de Informações Geográficas, Banco de Dados Geográficos e Modelagem Conceitual. No Capítulo 3 é realizado o projeto do banco de dados, atravessando todas as etapas necessárias.

No Capítulo 4 encontram-se todos os conceitos e requisitos dos Mapas de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo, bem como a metodologia utilizada para desenvolvê-los. Por fim, o Capítulo 5 com os resultados e conclusões do trabalho, além de recomendações para pesquisas futuras.

Capítulo 2.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2. Fundamentação Teórica

2.1 O Geoprocessamento

Entender o ambiente em que vive sempre foi uma curiosidade do ser humano, este se dedicou a estudar a forma geométrica da Terra e seus aspectos mais importantes. Isso fez (e ainda faz) parte do seu instinto de sobrevivência, onde tornou-se essencial a noção de localização, para identificar terrenos de caça, rotas terrestres e marítimas para o comércio, etc. (Henriques 2000).

Desse modo, as primeiras ferramentas para auxiliar no senso de localização foram os mapas, que são representações de determinada área geográfica em uma superfície plana de escala menor e mostram a distribuição espacial das feições geográficas (Thome 1998, Henriques 2000). Com a evolução da Informática, os mapas antes na forma analógica, passaram a ser produzidos no meio digital. Inicialmente eram apenas reproduzidos em ambientes CAD (*Computer Aided Design*), onde o desenho original era armazenado no computador. Entretanto com a necessidade de se armazenar também informações referentes àquele mapa, surgiu a tecnologia de Geoprocessamento.

O Geoprocessamento é o uso automatizado da informação que de alguma forma está vinculada a um determinado lugar no espaço, seja por meio de um simples endereço ou por coordenadas (Fator GIS On Line 2001). Utiliza-se de técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica onde essa informação possui uma localização geográfica na superfície terrestre e atributos descrevendo os fenômenos existentes nessa localização. Esta tecnologia de uso crescente tem influenciado as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia, Planejamento Urbano e Regional, além de outros exemplos (Câmara & Medeiros 1998).

Um Sistema de Geoprocessamento pode ser definido como *uma ferramenta para o planejamento e controle ambiental como também um instrumento de suporte de decisão. É a união de uma Base de Dados Georreferenciada com técnicas para aquisição de dados, atualização, processamento e visualização de resultados* (Bahr & Karlsruhe 1999). Esta definição inclui não apenas *aquisição e processamento de dados*, mas

também *tomadas de decisão*. A capacidade de tomada de decisões é uma característica dos seres humanos; somente ele é capaz de assumir suas responsabilidades. Entretanto, os Sistemas de Geoprocessamento auxiliam nas decisões mais complexas, como planejar o desenvolvimento ou monitorar o ambiente em que ele habita. Como exemplos das importantes funções exercidas pelo Geoprocessamento pode-se citar (Barcelos 1999):

- Espacializar informações. Ex.: mostrar em que município ocorre determinado tipo de mineração.
- Fazer relações espaciais entre vários níveis de informações diferentes relacionados a um fenômeno. Ex.: chuvas, temperatura, ondas, ventos, maré, litologia; ou rios, áreas de preservação, depósito de lixo, bacia hidrográfica, indústrias, preocupando-se com a gestão ambiental.
- Projetar cenários; executar simulações, analisar impactos, realizar planejamento urbano. Ex.: monitorar derramamentos de óleo no mar, administrar o crescimento das cidades.
- Efetuar cruzamentos entre níveis de informações gerando mapas temáticos como resultado.

Um sistema de Geoprocessamento armazena a os atributos e a espacialização dos dados, que estão georreferenciados, isto é, dados que estão localizados na superfície terrestre numa projeção cartográfica. Os dados tratados em geoprocessamento têm como principal característica a diversidade de fontes geradoras e de formatos apresentados. O requisito de armazenar a espacialização dos objetos geográficos e de seus atributos representa uma dualidade básica para a tecnologia de Geoprocessamento. Para cada objeto geográfico, o sistema necessita armazenar seus atributos e as várias representações gráficas associadas.

Sendo assim, existem alguns tipos de dados que são especialmente armazenados e manipulados nos sistemas de Geoprocessamento (INPE 2002):

1. Mapas Temáticos: Contêm regiões geográficas definidas por um ou mais polígonos. Exemplos são o uso do solo e a aptidão agrícola de uma região. Estes dados, obtidos a partir de levantamento de campo, são inseridos no sistema por digitalização ou, de forma mais automatizada, a partir de classificação de imagens. Um mapa temático pode ser armazenado no formato vetorial ou matricial (raster). No formato vetorial, o

armazenamento ocorre na forma de arcos (limites entre regiões), incluindo os nós (pontos de intersecções entre arcos) para montar uma representação topológica. A topologia construída é do tipo arco-nó-região: arcos se conectam entre si através de nós (pontos inicial e final) e arcos que circundam uma área definem um polígono (região). Na representação matricial, a área correspondente ao mapa é dividida em células de tamanho fixo (pixel). Cada pixel terá um valor correspondente ao tema mais freqüente naquela localização espacial (Figura 2.1).

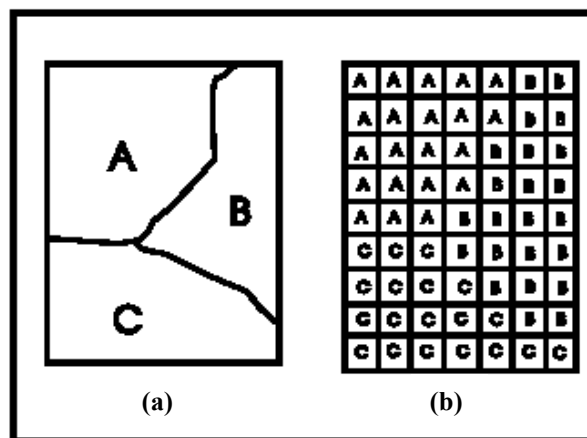


Figura 2.1 - Representação vetorial (a) e matricial (b) de um mapa temático.

2. **Mapas Cadastrais:** Um mapa cadastral distingue-se de um mapa temático, pois cada um de seus elementos é um objeto geográfico, que possui atributos e pode estar associado a várias representações gráficas. Por exemplo, os municípios de um estado são elementos do espaço geográfico que possuem atributos (nome, localização, governo, população, extensão territorial, etc.) e que podem ter representações gráficas diferentes em mapas de escalas distintas. A parte gráfica dos mapas cadastrais é armazenada em forma de coordenadas vetoriais, com a topologia associada. Não é usual representar estes dados na forma matricial (Figura 2.2).

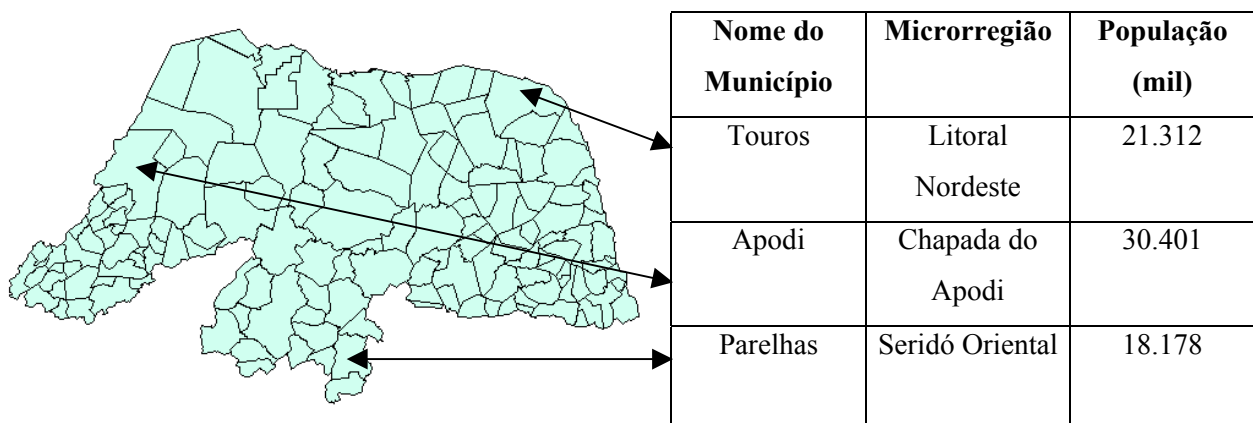


Figura 2.2 - Exemplo de um mapa cadastral

3. Redes: Em Geoprocessamento, o conceito de "rede" denota as informações associadas a: serviços de utilidade pública, como água, luz e telefone; redes naturais (bacias hidrográficas) e redes viárias (rodoviária e ferroviária). No caso de redes, cada objeto geográfico (e.g: cabo telefônico, transformador de rede elétrica, cano de água) possui uma localização geográfica exata e está sempre associado a atributos descritivos, presentes no banco de dados. As informações gráficas de redes são armazenadas em coordenadas vetoriais, com topologia arco-nó: arcos tem um sentido de fluxo e nós tem atributos (podem ser fontes ou sorvedouros). A topologia de redes constitui um grafo, que armazena informações sobre recursos que fluem entre localizações geográficas distintas, como ilustra a figura 2.3 abaixo:

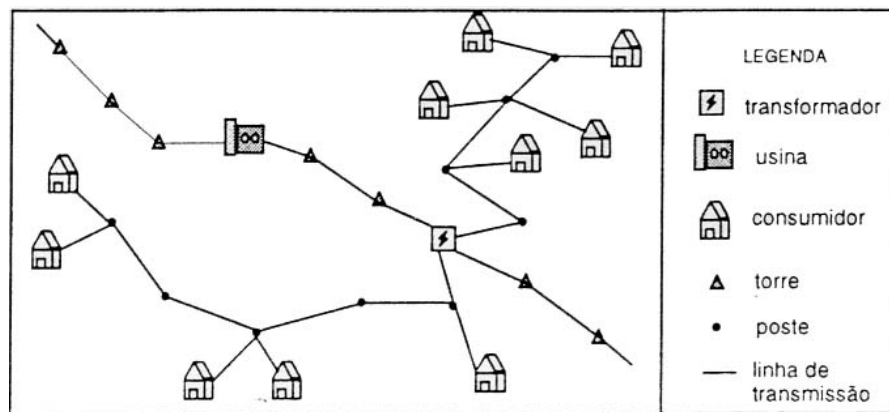


Figura 2.3 - Exemplo de uma rede, no caso são entidades de uma rede elétrica .

No exemplo acima, tem-se uma rede elétrica, que possui, entre outros, os componentes: postes, usinas, transformadores, linhas de transmissão e torres. As linhas de transmissão serão representadas topologicamente como os arcos de um grafo orientado, estando as demais informações concentradas em seus nós (Filho 1997) .

4. Imagens Digitais: Obtidas por satélites, fotografias aéreas ou "scanners" aerotransportados, as imagens representam formas de captura indireta de informação espacial (Figura 2.4). Armazenadas como matrizes, cada elemento de imagem (pixel) tem um valor proporcional à reflectância do solo para a área imageada. Pela natureza do processo de aquisição de imagens, os objetos geográficos estão contidos na imagem e para individualizá-los, é necessário recorrer a técnicas de foto-interpretação e de classificação automática. Características importantes de imagens de satélite são: o número de bandas do espectro eletromagnético imageadas (resolução espectral), a área da

superfície terrestre observada instantaneamente por cada sensor (resolução espacial) e o intervalo entre duas passagens do satélite pelo mesmo ponto (resolução temporal).

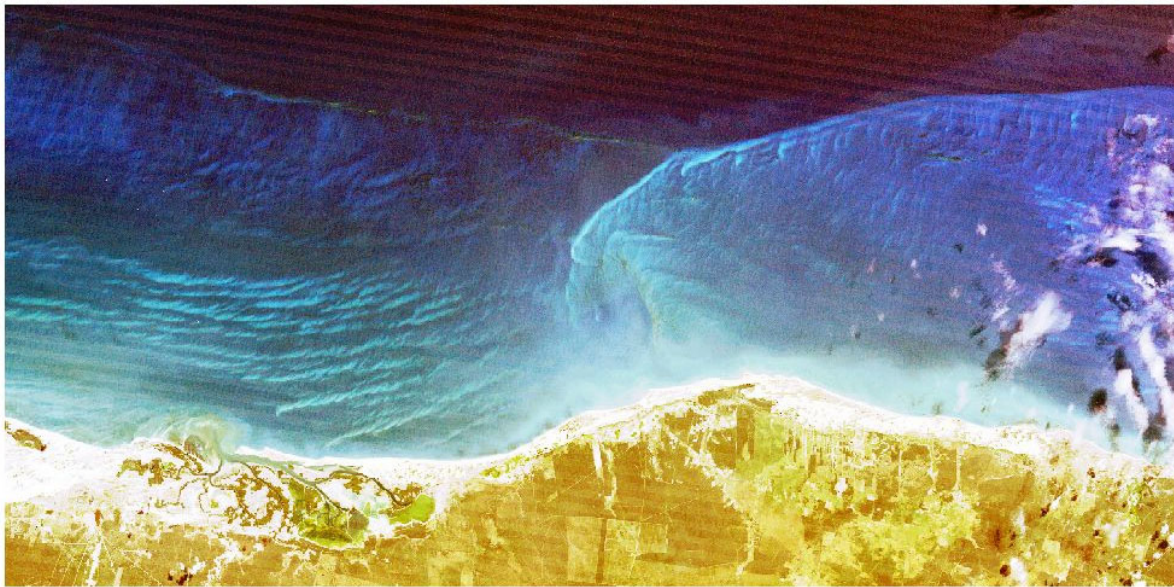


Figura 2.4 - Imagem de satélite do litoral setentrional do Rio Grande do Norte, abrangendo a área de estudo. Fonte: Laboratório de Geoprocessamento – PPGG/UFRN. Imagem Landsat 5TM. Passagem do Satélite em 12/06/2000 (Fonte: Tabosa 2001).

5. Modelos Numéricos de Terreno (MNT): O termo MNT é utilizado para denotar a representação de uma grandeza que varia continuamente no espaço. Comumente associados à altimetria, também podem ser utilizados para modelar unidades geológicas, como teor de minerais ou propriedades do solo ou subsolo (como aeromagnetismo). O processo de aquisição de uma grandeza com variação espacial produz usualmente um conjunto de amostras pontuais. A partir destas amostras, pode-se construir dois tipos de representação: (a) *grades regulares* - matriz de elementos com espaçamento fixo, onde é associado o valor estimado da grandeza na posição geográfica de cada ponto da grade. As grades regulares são obtidas por interpolação das amostras ou, alternativamente, geradas por restituidores com saída digital. (b) *malhas triangulares*: a grade é formada por conexão entre amostras, utilizando a triangulação de Delaunay (sujeita a restrições). A grade triangular é uma estrutura topológica vetorial do tipo arco-nó, que forma um conjunto de recortes irregulares no espaço (Figura 2.5).

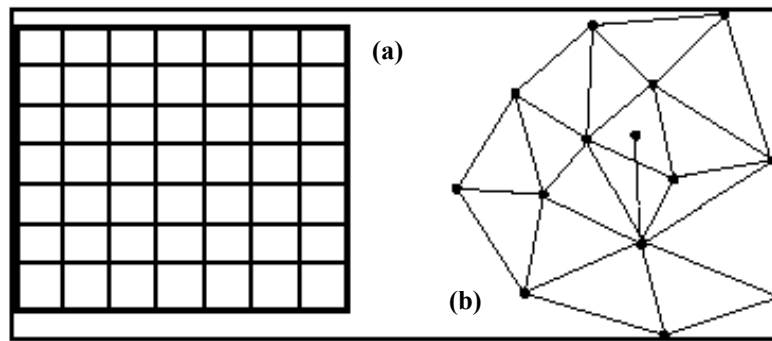


Figura 2.5 - Grades Regulares (a) e Triangulares (b)

2.2 Os Sistemas de Informações Geográficas

As ferramentas computacionais do Geoprocessamento são os Sistemas de Informações Geográficas (SIG, do inglês *Geographic Information System - GIS*). Eles realizam análises complexas, ao integrar dados alfanuméricos com dados geográficos de uma determinada área de estudo, através de um banco de dados georreferenciados. Os SIG's têm a capacidade de manipular dados espaciais (cartográficos, cadastrais, sensoriamento remoto, modelos numéricos de terreno) e dados não-espaciais (descritivos ou alfanuméricos), de forma integrada, provendo uma base consistente para análise e consulta. Logo, é possível ter acesso às informações descritivas de uma entidade geográfica a partir de sua localização geográfica e vice-versa (Filho 1997). Graças à sua vasta gama de aplicações, os SIG's podem ser utilizados, no mínimo, em três formas (Câmara & Medeiros 1998):

1. como ferramenta para produção de mapas;
2. como suporte para análise espacial de fenômenos e
3. como um banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação de informação espacial.

Estas funções permitem ao SIG uma abrangência maior, tornando-se uma tecnologia utilizada por profissionais de várias áreas. O seu futuro tende a ser cada vez mais multidisciplinar, onde cartógrafos, geólogos, geógrafos, analistas de sistemas, engenheiros agrônomos, engenheiros civis, dentre outros necessitarão dele como ferramenta indispensável de trabalho. Atualmente os SIG's são potencialmente usados na agricultura, no reflorestamento, em gestões municipais, estaduais e federais; na área de

transporte, em análises ambientais, marketing, no gerenciamento das redes públicas e privadas, na geologia, arqueologia, em navegação e em aeroportos (Cunha 2001).

Os SIG's podem ser identificados pela existência de cinco componentes (Figura 2.6):

1. Interface com o usuário;
2. Entrada e integração de dados;
3. Consulta, análise espacial e processamento de imagem;
4. Visualização e plotagem;
5. Armazenamento e recuperação de dados (organizados sob a forma de um banco de dados geográficos).

Tais componentes são organizados de forma hierárquica. No nível mais próximo ao usuário, a *interface* é a tela pela qual o usuário acessa o sistema; em um nível intermediário, o SIG apresenta mecanismos de processamento de dados espaciais (entrada, edição, análise, visualização e saída). No nível mais interno (nível de máquina), um sistema gerenciador de banco de dados (SGBD), controla o armazenamento e a recuperação de dados espaciais e seus atributos.

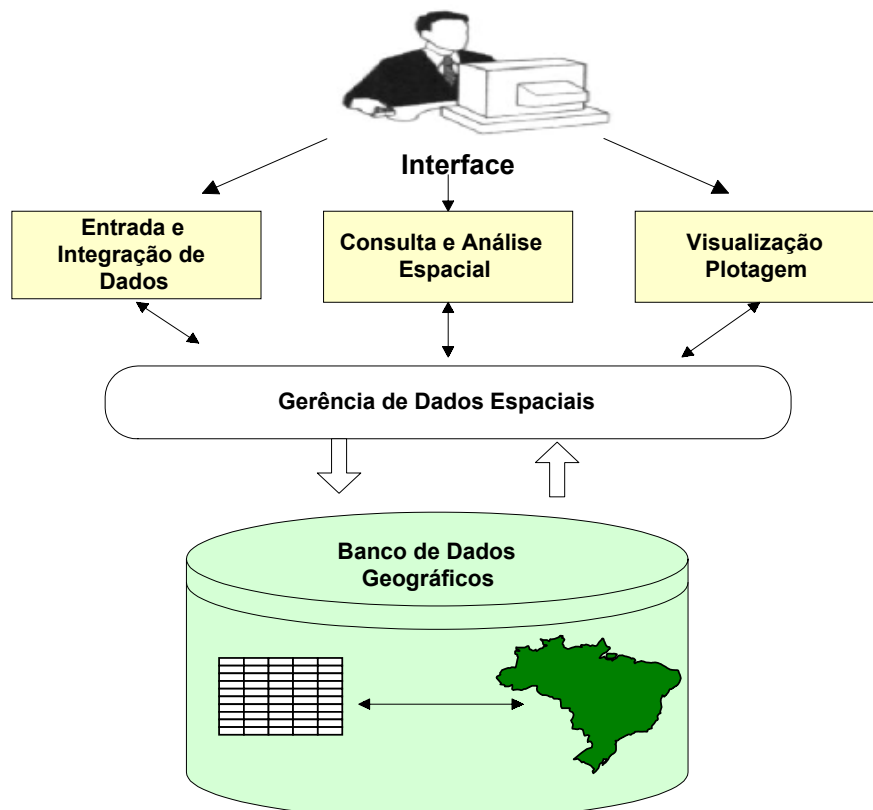


Figura 2.6 - Arquitetura dos Sistemas de Informações Geográficas.

O componente de armazenamento (o banco de dados geográfico ou BDG), é o principal objeto de estudo do presente trabalho. O BDG estrutura e armazena os dados de forma a possibilitar a realização das operações de análise e consulta.

2.3 Os Bancos de Dados Geográficos

De acordo com Medeiros e Pires (1998), um banco de dados convencional, também conhecido como base de dados, é um conjunto de arquivos estruturados de forma a facilitar o acesso a conjuntos de informações que descrevem determinadas entidades do mundo. Logo, um banco de dados de professores da universidade contém dados importantes sobre cada um deles: matrícula, nome, endereço, CPF, identidade, titulação, data de admissão, salário entre outros.

Um Banco de Dados Geográficos (BDG), que pertence à categoria dos bancos de dados não-convencionais, caracteriza-se não somente pelo armazenamento de dados, como também pelo relacionamento deles com suas respectivas posições geográficas.

As diferenças entre um banco de dados geográficos e um convencional estão nos tipos de dados armazenados e os tipos de operações executadas. Os convencionais caracterizam-se por armazenarem somente dados alfanuméricos (*string*, *booleano*, *numérico* entre outros) e executarem as quatro operações básicas dos sistemas gerenciadores de banco de dados: inserção, remoção, atualização e consulta dos dados. Já o banco de dados geográfico é o componente do SIG responsável por armazenar os objetos geográficos e campos pertinentes a uma aplicação. Os dados tratados nele possuem, além dos atributos descritivos, uma representação geométrica no espaço geográfico; são conhecidos como *dados geográficos* ou *georreferenciados*. Os SIG's fazem um *link* do dado espacial (mapas, por exemplo) com uma gama de informações referentes a ele. Na maioria das vezes, essas informações são armazenadas em tabelas.

Numa abordagem simplificada pode-se definir dado geográfico, como um dado espacial que permite sua localização na superfície da terra, através de um sistema conhecido de coordenadas, tais como coordenadas no Sistema UTM (*Universal Transverse Mercator*) ou coordenadas geográficas.

De acordo com Câmara *et. al* (1996), os dados geográficos são caracterizados a partir de três componentes fundamentais:

- Características não-espaciais: descrevendo o fenômeno estudado (ex: nome e tipo da variável);
- Características espaciais: informando a localização espacial do fenômeno, ou seja, seu georreferenciamento, associada a propriedades geométricas e topológicas;
- Características temporais: identificando o tempo para o qual tais dados são considerados, isto é, quando foram coletados e sua validade.

Além desses fatores, os dados geográficos são subdivididos em geo-campos e geo-objetos. Os geo-campos são representações de objetos ou fenômenos distribuídos continuamente no espaço (por exemplo, tipo de relevo, solo, geologia); enquanto que, os geo-objetos são representações de entidades individualizáveis, com geometria e características próprias, como por exemplo, a representação de postes, casas, edifícios, rios e árvores.

Os SIG's utilizam duas formas de armazenamento de dados geográficos no BDG: forma matricial e forma vetorial. A forma matricial divide o espaço em grades regulares, freqüentemente associado ao pixel, ao qual é atribuído um valor único, que determina o tipo de objeto ou a condição daquele determinado ponto. Já o modelo vetorial usa as entidades ponto, linha e polígono para representar objetos e condições do mundo real.

Projetar um Banco de Dados, geográfico ou convencional, é uma das tarefas mais importantes no desenvolvimento de um sistema de informação. Envolve decisões em diferentes níveis e requer o uso de diferentes instrumentos, uma vez que as atividades necessárias a sua elaboração variam de acordo com a complexidade do sistema, com o tipo de pessoal envolvido, o SGBD utilizado, além de outros fatores (Gomes 1997, Filho *et.al* 1999). Desta forma, o desenvolvimento de sistemas de banco de dados deve estar baseado em uma metodologia eficaz, a partir da qual são empregados instrumentos específicos de apoio às diferentes etapas do projeto.

Portanto, o perfeito funcionamento de um SIG depende muito do seu banco de dados, pois é nele que estão contidas informações importantes referentes às áreas de estudo e a partir da análise dessas informações é que será possível a tomada de decisões.

2.4 Modelo de Bancos de Dados

Um *modelo de (banco de) dados* é uma descrição dos tipos de informações que serão armazenadas no BD (Heuser 2001). Por exemplo, utilizando-se o caso de professores de uma universidade citado anteriormente, o modelo de dados poderia informar que o banco de dados armazena informações sobre professores e que, para cada professor, serão armazenados seu nome, endereço, CPF, identidade, matrícula, titulação, data de admissão e salário. O modelo de dados não mostra quais professores serão registrados, apenas que aquele BD guardará informações sobre professores.

Portanto, a etapa de *Modelar um Banco de Dados* é de extrema importância e cautela no projeto de um BD, seja ele geográfico ou não. Durante essa fase de modelagem, se faz necessário identificar todos os objetos do mundo real que de alguma forma irão interferir no sistema. É uma descrição geral de as entidades envolvidas e os relacionamentos existentes entre elas.

O sucesso da implementação de um sistema de informação é dependente da qualidade dessa modelagem, pois é nela que é feita a transposição dos objetos do mundo real e suas interações para um banco de dados informatizado. Isto é especialmente válido em um SIG, onde o processo de modelagem de dados precisa considerar não apenas o conjunto de dados descritivos de um objeto e seu relacionamento com as demais, mas também exige escolher uma representação a adotar para cada entidade – se esta será representada como geo-campo ou geo-objeto (Junior 1999).

Portanto, o projeto de banco de dados compreende três modelos (Gomes 1997, Filho 2000, Heuser 2001):

1ª) Modelo conceitual:

O Modelo Conceitual é a descrição do banco de dados, onde, a partir da especificação de requisitos, são representadas *quais* as entidades (descritas por seus atributos) serão armazenadas no banco de dados e os relacionamentos existentes entre elas. Nesta fase, não são considerados aspectos de implementação e quais sistemas de computação (*software/hardware*) que serão utilizados.

2ª) Modelo lógico:

A partir do modelo conceitual é gerado o modelo lógico. Neste nível é definido *como* as entidades serão armazenadas na estrutura do BD (em tabelas, por exemplo). Assim, o modelo lógico depende do tipo de SGBD que será utilizado na implementação.

3ª) Modelo físico:

Nessa etapa são definidos detalhes de implementação dos dados, descrevendo a estrutura de armazenamento e os métodos utilizados para acessar os dados efetivamente. Estes fatores estão, diretamente, relacionados a um SGBD específico e permitem, ao projetista, planejar aspectos ligados à eficiência do sistema de banco de dados.

Estas fases de modelagem estão representadas na Figura 2.7.

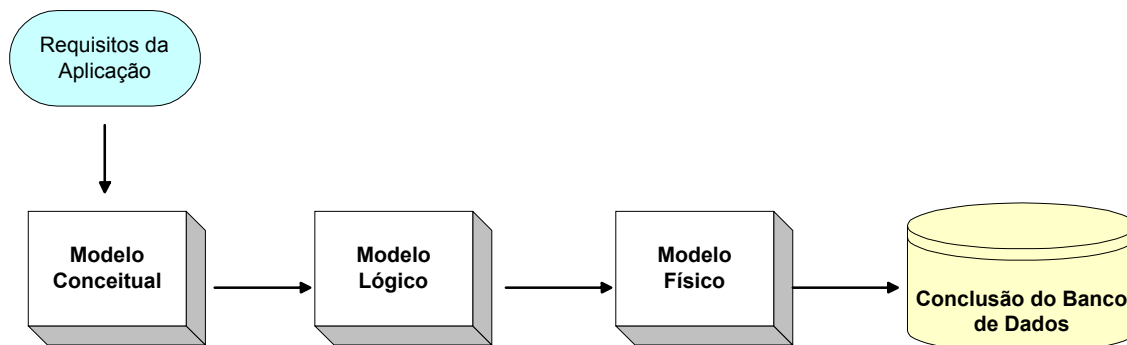


Figura 2.7 - Etapas de um Projeto de Banco de Dados

2.5 Modelo de Bancos de Dados Geográficos

De acordo com Lisboa Filho *et.al* (1997), o projeto de um BDG requer uma etapa adicional, que permita a especificação de questões relacionadas com a representação espaço-temporal das entidades geográficas. Esta nova etapa está representada na Figura 2.8.

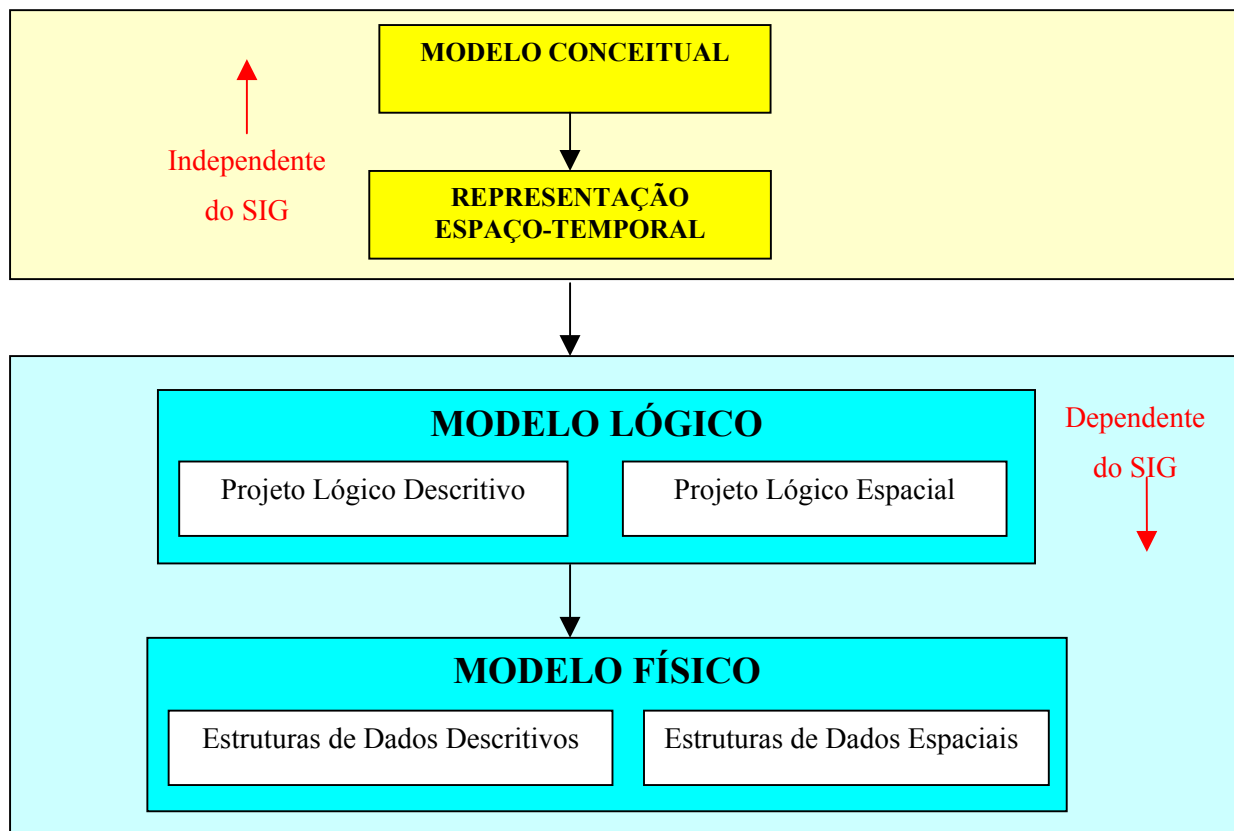


Figura 2.8 - Fases do Projeto do Banco de Dados Geográfico (Lisboa Filho et.al 1997).

Um projeto de BDG torna-se mais complexo pois é necessário levar em consideração outros fatores tais como a localização espacial do dado e a data e/ou época que ele foi coletado.

No **Modelo Conceitual**, a modelagem da aplicação geográfica deve ser realizada de forma tradicional, onde entidades importantes ao domínio da aplicação são identificadas e relacionadas entre si. Detalhes sobre o tipo de representação espacial não devem ser considerados.

A **Representação Espaço-Temporal** adicionada preocupa-se com os conceitos de *espaço* e *tempo* pois, como foi mencionado anteriormente, em um SIG as entidades geográficas são representadas, graficamente, por meio de objetos espaciais. Além disso, elas devem estar relacionadas com o período (ou instante) no qual a informação é válida. Na fase do projeto de representação espaço-temporal novos detalhes são adicionados ao esquema de dados. São eles:

- Diferenciação entre as classes com e sem representação espacial. Exemplo, a classe *LOCAL DE COLETA DE SEDIMENTO* possui representação espacial (ex.: ponto), enquanto que a classe *ALUNO RESPONSÁVEL PELA COLETA* não possui representação espacial.
- Para as classes que se enquadram na visão de objetos (geo-objetos), deve-se definir os tipos de objetos espaciais que serão usados para representá-la, sendo que cada tipo estará associado a uma escala de representação.
- Na visão de campo (geo-campos), as classes representando os fenômenos geográficos devem ser modeladas como especialização em uma hierarquia de classes (Larman 2000).
- Por fim, são adicionados os aspectos temporais, ou seja, é feita uma associação entre as classes que representam entidades geográficas e as classes que descrevem o tempo (Kosters *et al.* 1997).

No **Modelo Lógico** de um BDG, o esquema de representação espaço-temporal é transformado em um esquema lógico de dados. Como a maioria dos SIG's disponíveis atualmente possuem dois componentes distintos, um para o gerenciamento dos dados espaciais e outro para os descritivos, a fase do projeto lógico pode ser dividida em duas subfases: *Projeto Lógico Descritivo* (PLD) e *Projeto Lógico Espacial* (PLE). No PLD, técnicas convencionais de projeto de banco de dados podem ser empregadas. No PLE, torna-se necessário um mapeamento do esquema de representação espacial em um esquema específico proprietário do software de SIG a ser empregado.

Finalmente, na etapa do **Modelo Físico**, são definidos os detalhes de implementação tradicionais, as estruturas de dados espaciais que serão utilizadas como, por exemplo, se um mapa de locais de coletas de sedimentos será armazenado em uma estrutura de dados vetorial, matricial ou ambas.

2.5.1. A escolha do Modelo Conceitual

A modelagem de dados é um processo de abstração onde somente os elementos essenciais da realidade observada são enfatizados, descartando-se os elementos não essenciais (Filho 2000). Câmara *et.al* (1996) afirmam que a modelagem do mundo real

consiste em selecionar fenômenos e entidades de interesse, abstraíndo-os e generalizando-os. O modelo de dados produz uma visão abrangente da realidade, mostrando todos os fatores envolvidos e todos os relacionamentos, existentes ou não, entre eles.

A modelagem de dados é feita durante a fase de levantamento dos dados de uma determinada aplicação geográfica. Tal como em uma aplicação convencional, é utilizado um modelo conceitual durante esse levantamento para que possa ser verificado se os requisitos do usuário estão sendo atendidos ou não (Preto *et.al* 1999).

Atualmente, existem vários modelos conceituais voltados para bancos de dados geográficos. Modelo do tipo Entidade-Relacionamento como o Modul-R, descrito por Caron e Bédard (1993) e Modelos do tipo Orientado-a-Objeto, como GMOD descrito em Oliveira *et. al.* (1997), o OMT-G desenvolvido por Davis Junior (2000), o GeoOOA apresentado por Kusters *et. al.* (1997), o modelo Geoframe, proposto em Filho (2000) e MGeo exibido por Times e Salgado (1994) são exemplos de modelos conceituais existentes. Estas metodologias foram pesquisadas e avaliadas, a fim de que se pudesse definir qual a modelagem mais adequada para esse trabalho.

A modelagem de dados adotada foi o GeoFrame, um modelo desenvolvido pelo grupo de pesquisa em banco de dados geográficos do Instituto de Informática da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). O GeoFrame foi o mais indicado pelo fato de armazenar os dados em diferentes categorias, e esse fator foi essencial na presente trabalho, pois os dados recebidos para armazenamento eram oriundos de diferentes fontes. Logo, o agrupamento de dados em categoria foi um fator fundamental do GeoFrame.

2.5.2. A Modelagem Conceitual GeoFrame

O GeoFrame é um *framework*¹ conceitual que fornece um diagrama de classes básicas para auxiliar o projetista na modelagem conceitual de dados geográficos (Filho *et.al* 1999). Esse conceito de diagramas de classe baseia-se na notação UML (*Unified Modeling Language*); que é uma linguagem própria para modelagem de sistemas, usando

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

conceitos orientados a objetos (Larman 2000). A UML é uma tentativa de padronização para visualização, especificação, construção e documentação de sistemas orientados a objetos. Realiza a modelagem desde a especificação dos requisitos da aplicação até a fase de testes, utilizando diagramas (Freire 2001). Atualmente, é uma das notações mais utilizadas no desenvolvimento de sistemas, já que é fácil de ser entendida e utilizada, mas com um forte poder expressivo. É muito provável que se torne um padrão mundial utilizado por desenvolvedores de sistemas computacionais.

Usando a notação UML, é possível construir uma modelagem simples e de fácil entendimento. Nesta linguagem, um modelo conceitual é exibido como um conjunto de diagramas que podem mostrar os conceitos do mundo real, as associações entre eles e os atributos de cada um (Larman 2000). A Figura 3.1 mostra os conceitos *Dado de Amostragem* e *Ponto de Coleta*; a associação *é_coletado* existente entre eles e seus respectivos atributos:

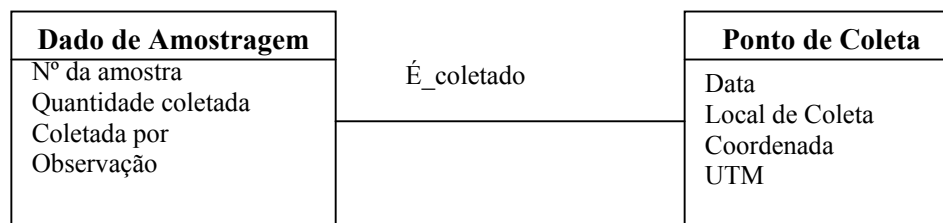


Figura 2.9 - Exemplo de Diagramas utilizados na notação UML

A partir dessa linguagem de modelagem de sistemas, foi desenvolvido o modelo GeoFrame. Nele, as principais potencialidades do UML foram adaptadas para serem utilizadas em aplicações geográficas. Isto porque, os Sistemas de Informações Geográficas não lidam somente com dados convencionais, mas também com dados geográficos. Logo, a modelagem conceitual GeoFrame se preocupa com essa característica típica dos SIG's.

As características dos dados geográficos, relatadas anteriormente, devem ser levadas em consideração durante a fase da modelagem, pois ela é a estruturação de todo projeto que será desenvolvido e a eficiência deste projeto depende muito da modelagem construída. Logo, nessa fase devem ser explicitados os seguintes aspectos (Filho 2000):

- Fenômeno Geográfico e Objeto Convencional: Em um BDG, além dos dados geográficos referentes à localização de fenômenos na superfície terrestre, existem os objetos convencionais que guardam dados descritivos sobre esses dados

geográficos. Por exemplo, um campo de exploração petrolífera é um fenômeno geográfico se suas informações espaciais (limites, por exemplo) são armazenadas em um BDG. Neste mesmo banco de dados pode-se ter dados descritivos (ou convencionais), como tipo de exploração utilizada, materiais e métodos utilizados, rendimento mensal do campo, volume de óleo explorado, etc. Enfim, dados alfanuméricos e dados geográficos fazem parte de um SIG. Logo, na modelagem já deve haver a diferenciação dessas duas categorias.

- Diferenciação de Geo-Campos e Geo-Objetos: Na modelagem devem se identificados os geo-campos e geo-objetos, conceitos estes vistos anteriormente.
- Aspectos Temáticos: Os dados de mesma categoria são agrupados em uma mesma classe. Os temas são agrupamentos que contém um conjunto de classes fortemente relacionadas entre si.
- Aspectos Temporais: O aspecto temporal é muito importante no manuseio de dados geográficos, isso porque eles são alterados ao longo do tempo, mas essa alteração não deve ser atualizada no banco de dados, pois a informação anterior será perdida. Então todos os dados históricos devem ser mantidos no BD e com suas datas de coleta. Ou seja, os dados devem ser registrados ao longo do tempo para possibilitar o estudo da evolução dos fenômenos geográficos.

O GeoFrame leva em consideração algumas das principais características descritas acima. As modelagens conceituais existentes até o presente momento não conseguem modelar todos os requisitos necessários para um perfeito projeto de SIG.

O GeoFrame possui algumas particularidades para representar dados geográficos e convencionais, bem como a representação de geo-campos e geo-objetos.

Em Filho (2000), os Fenômenos Geográficos e os Objetos Convencionais possuem representações específicas; mostradas na Figura 2.10 abaixo:

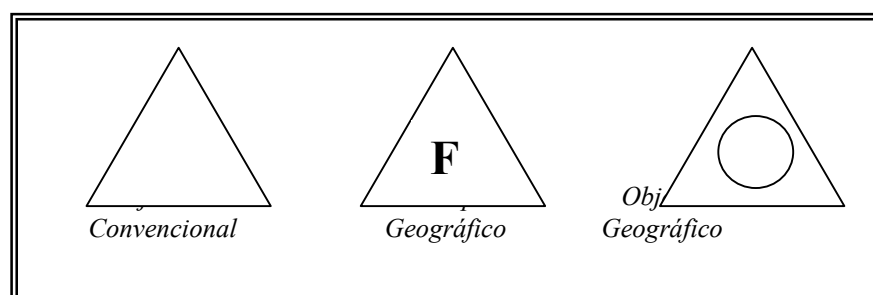


Figura 2.10 - Representação de dados geográficos e convencionais no modelo Geo-Frame

Os geo-objetos se subdividem em Ponto, Linha, Polígono e Objeto Espacial Complexo, enquanto que os geo-campos podem ser do tipo Amostragem Irregular de Pontos (medição de temperatura), Linhas de Contorno (curvas de nível), Polígonos Adjacentes (tipos de solo, por exemplo), Amostragem Regular de Pontos (Modelo Numérico de Terreno), Grade Regular de Células (imagens de satélite) e Rede Triangular Irregular (Figura 2.11).

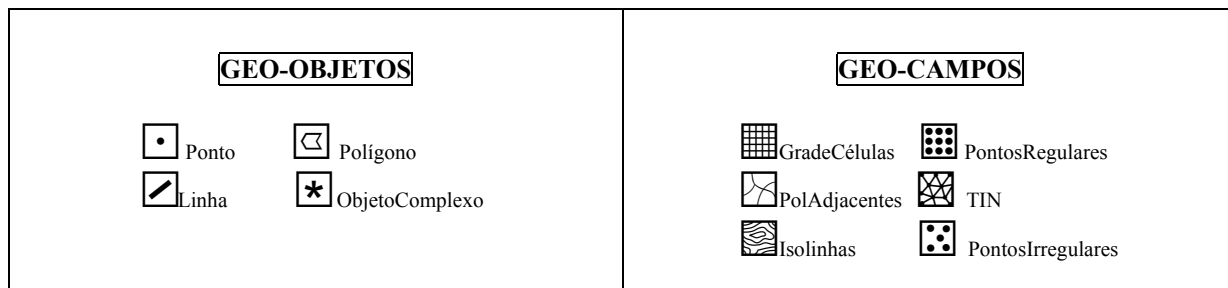


Figura 2.11 - Subdivisão dos geo-objetos e geo-campos e suas respectivas representações

Além disso, existe o conceito <<*função*>> que nada mais é que o relacionamento existente entre classes (objeto convencional, geo-campos e geo-objetos). Na Figura 2.12 abaixo, um resumo dos principais termos de SIG usados na modelagem GeoFrame:

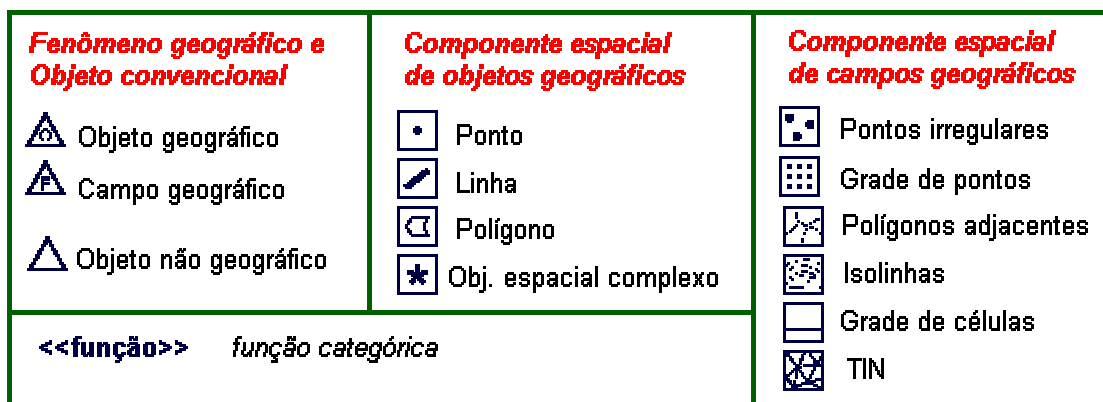


Figura 2.12 - Esteriótipos do Modelo GeoFrame (Filho 2000).

Capítulo 3.

BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS DA ÁREA DE ESTUDO

3. Banco de Dados Geográficos da Área de Estudo

3.1. Modelagem Conceitual:

A modelagem conceitual do banco de dados geográficos usando o GeoFrame, é realizada segundo uma abordagem *top-down*² composta de três etapas. Inicialmente são identificados, para cada área geográfica, os diversos temas (e subtemas) a serem projetados. Na segunda etapa é definido um subesquema de classes para cada tema identificado. Ainda nessa etapa, é feita a especificação das associações entre classes de diferentes temas. Por último, são realizadas a análise e modelagem do tipo de representação espacial de cada fenômeno geográfico identificado.

3.1.1. Primeira Etapa da Modelagem:

Na primeira fase de uma modelagem conceitual usando o GeoFrame, define-se a região geográfica a ser estudada e os temas mais genéricos a serem representados.

Como este trabalho está inserido em um projeto que envolve várias áreas do Estado do RN, a modelagem será de forma abrangente para englobar todas as áreas e todos os aspectos envolvidos. Os dados dessas áreas são oriundos de várias fontes distintas e são de diferentes categorias. Devido a isso, procurou-se agrupá-los de acordo com suas características semelhantes:

- Dados Hidrodinâmicos - retratando os principais aspectos da dinâmica costeira (ventos, correntes, ondas, marés);
- Dados de Perfis de Praia - levantamento mensal de perfis topográficos da zona de praia e da caracterização ambiental praial;
- Dados Geofísicos, coletados através de equipamentos apropriados, tais como o *Ecobatímetro* que registra a morfologia do fundo marinho, o *Side Scan Sonar* que registra lateralmente a textura do fundo marinho, o *Radar de Penetração no Solo*

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

(GPR), que registra as variações elétricas de uma localização terrestre, a *sonda CTD* responsável pela medição dos parâmetros físicos da água (condutividade, temperatura e pressão) e o *Perfilador de Correntes Acústico Doppler (ADCP)*, que mede direção e intensidade da corrente em tempo real;

- Dados Sedimentológicos - são informações referentes à análise granulométrica das amostras de sedimentos coletadas na área em estudo;
- Dados de Sensoriamento Remoto – são dados do tipo *Imagem de Satélite e Fotografias Aéreas*;
- Mapas Temáticos – categoria que abrange os diversos tipos de mapas que podem ser construídos após a etapa de campo (*Mapa de Uso do Solo, Mapa de Geologia, Mapa de Vegetação, Mapa Geofísico, Mapa de Dinâmica Costeira, entre outros*).

Numa primeira instância, seguindo a metodologia do GeoFrame, as categorias dos dados serão organizadas em forma de PACOTES do UML. Estes são grupos que contém CLASSES do banco de dados, além de outros pacotes, representados por uma ficha de separação com uma aba acima; onde dentro da ficha localizam-se todos os elementos dos pacotes (classes ou outros pacotes) e o nome do pacote é colocado na aba (Figura 3.1).

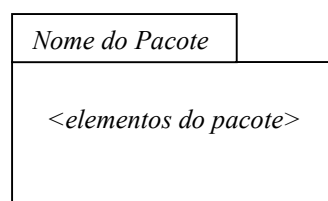


Figura 3.2 - Estrutura de um Pacote em UML

Portanto, utilizando esse conceito de pacote, é delimitado na primeira etapa, a região geográfica e os tipos de categorias de dados (Figura 3.2).

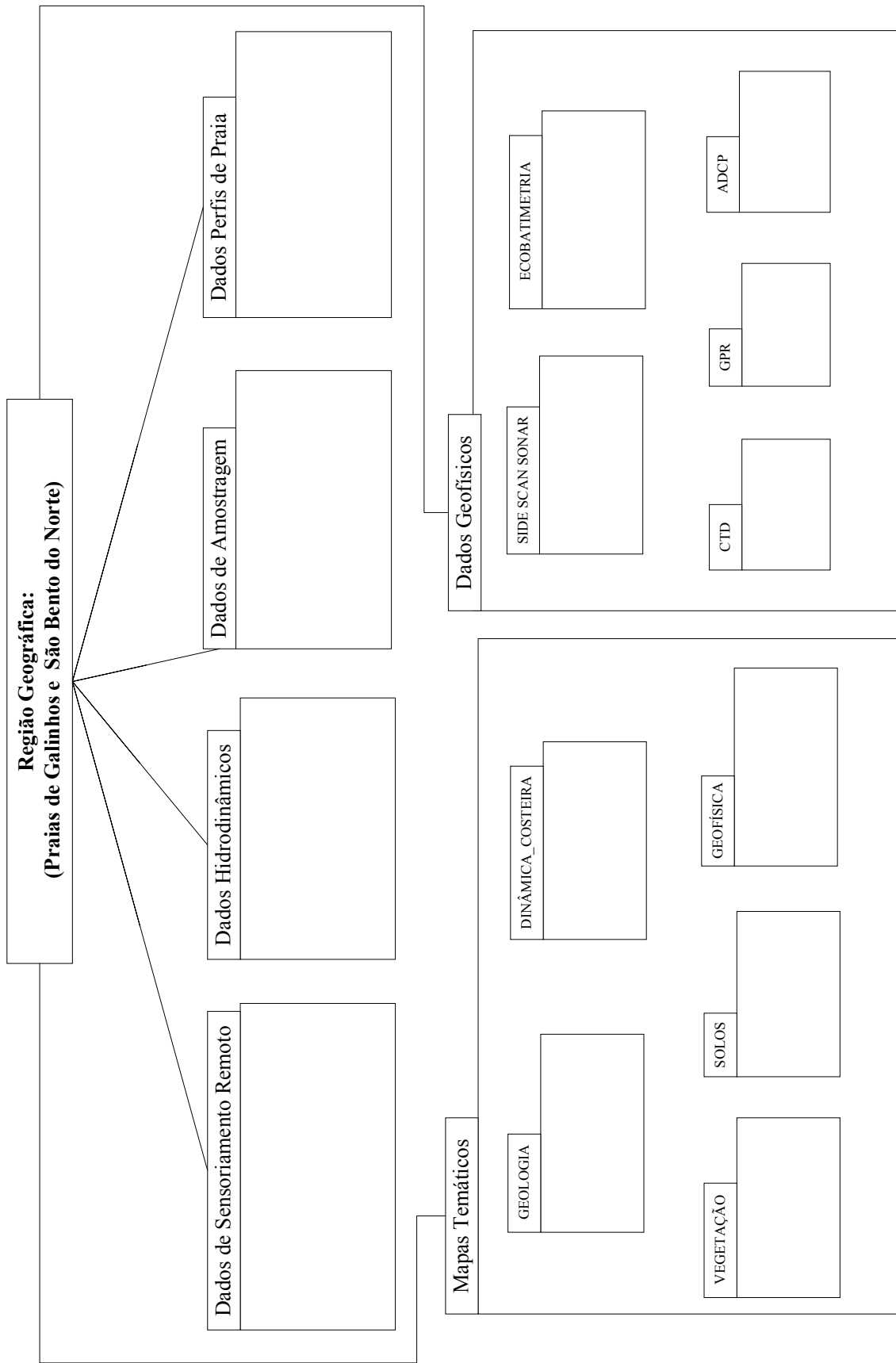


Figura 3.3 - Primeira Etapa da Modelagem Conceitual do GeoFrame: definição da região geográfica e dos pacotes.

3.1.2. Segunda Etapa da Modelagem:

Após definidos os principais pacotes, é necessário detalhar cada pacote, identificando as classes que compõem cada um deles e as associações existentes entre elas (Figuras 3.3, 3.4, 3.5 e 3.6).

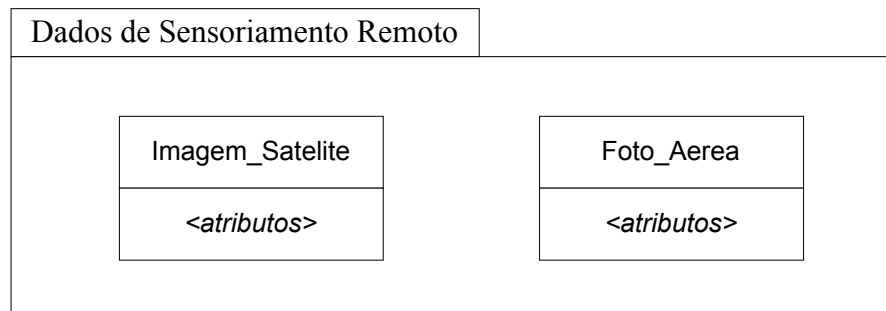


Figura 3.3 - Segunda Etapa da Modelagem Conceitual do GeoFrame: Definição do pacote Dados de Sensoriamento Remoto e as classes existentes.

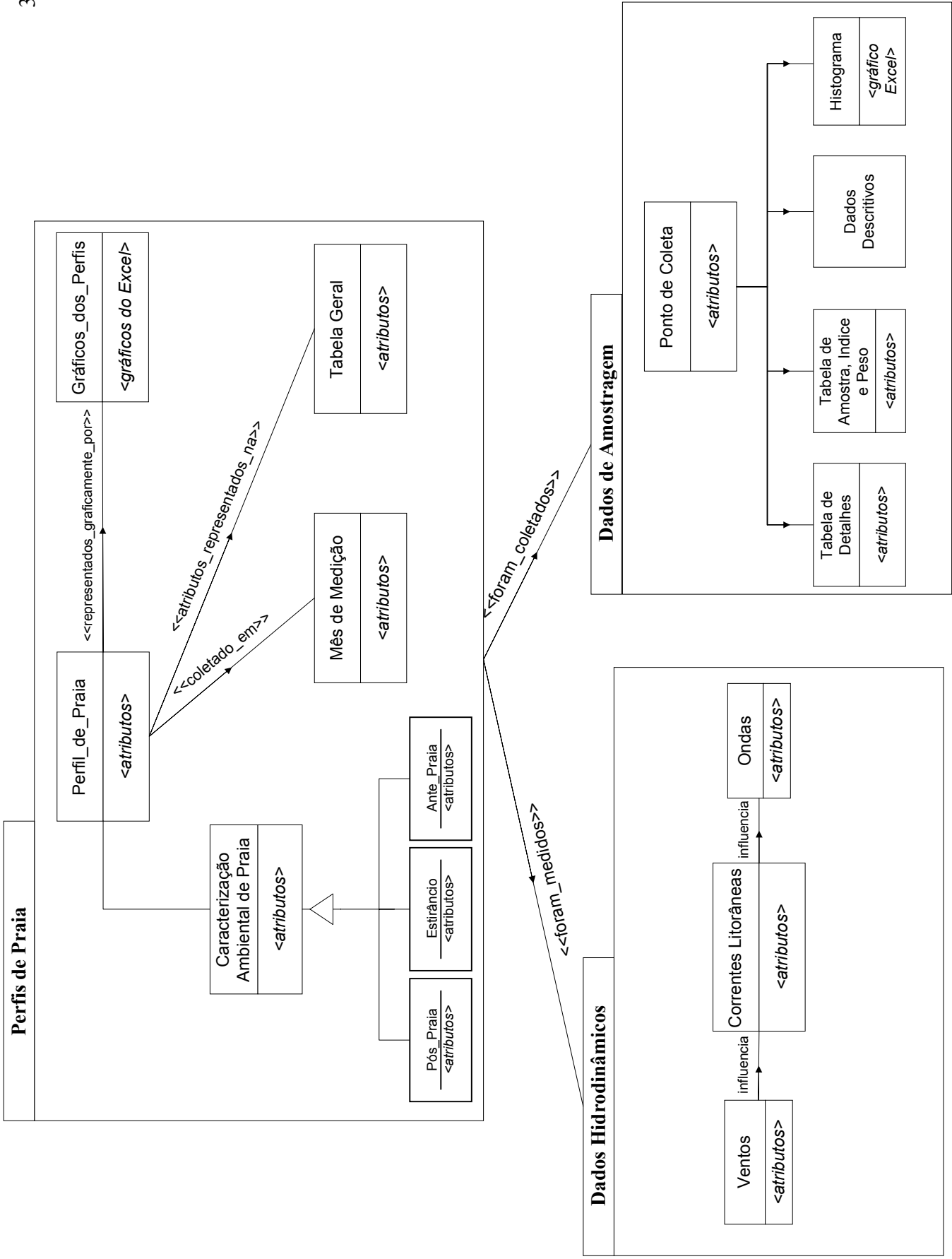


Figura 3.4 - Segunda Etapa da Modelagem Conceitual do GeoFrame: Detalhamento dos pacotes Perfis de Praia, Dados Hidrodinâmicos e Dados de Amostragem e as associações existentes entre os pacotes e entre as classes de cada pacote.

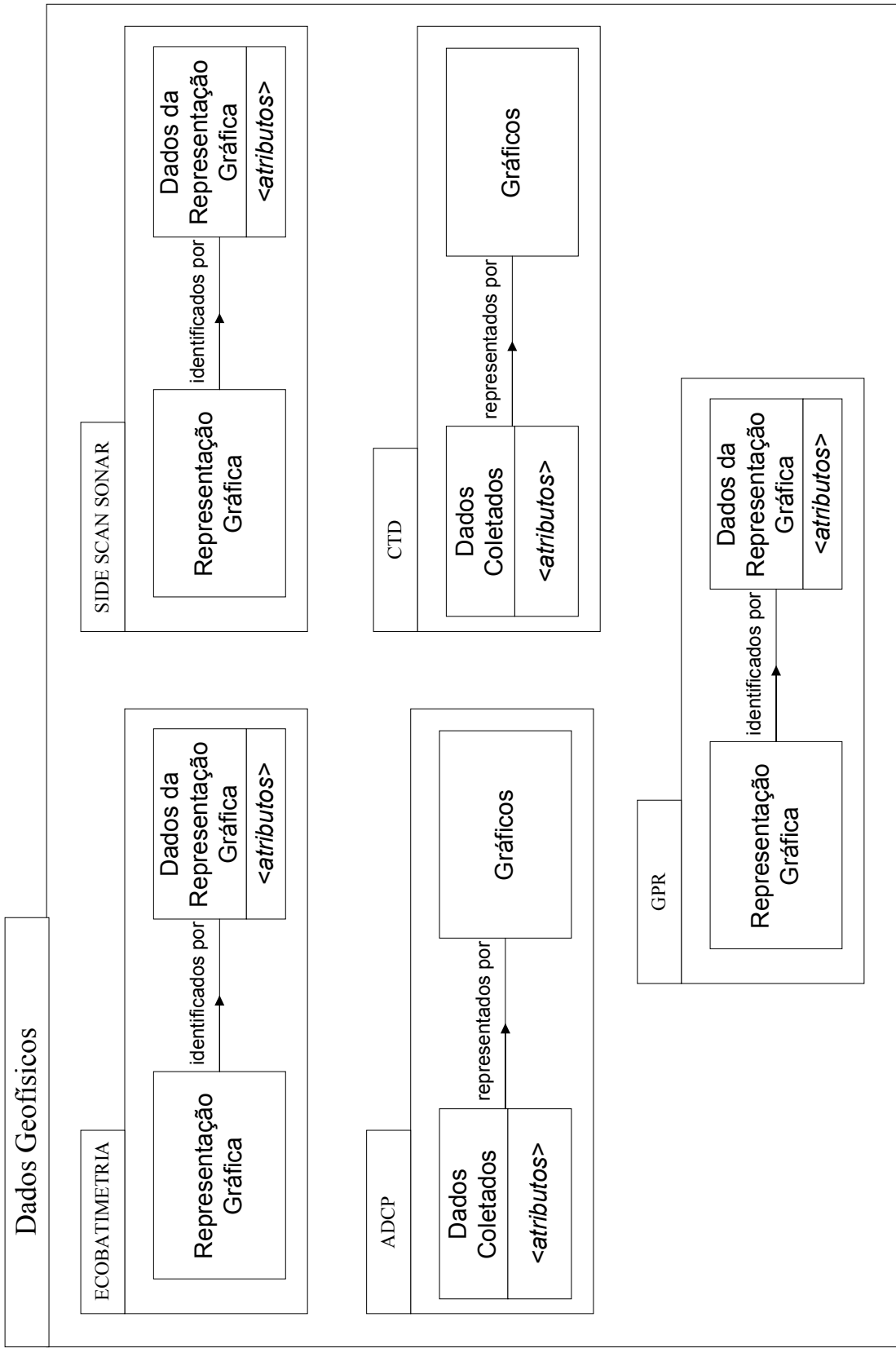


Figura 3.5 - Segunda Etapa da Modelagem Conceitual do GeoFrame: Detalhamento do pacote Dados Geofísicos, contendo subpacotes e as associações existentes entre as classes desses subpacotes.

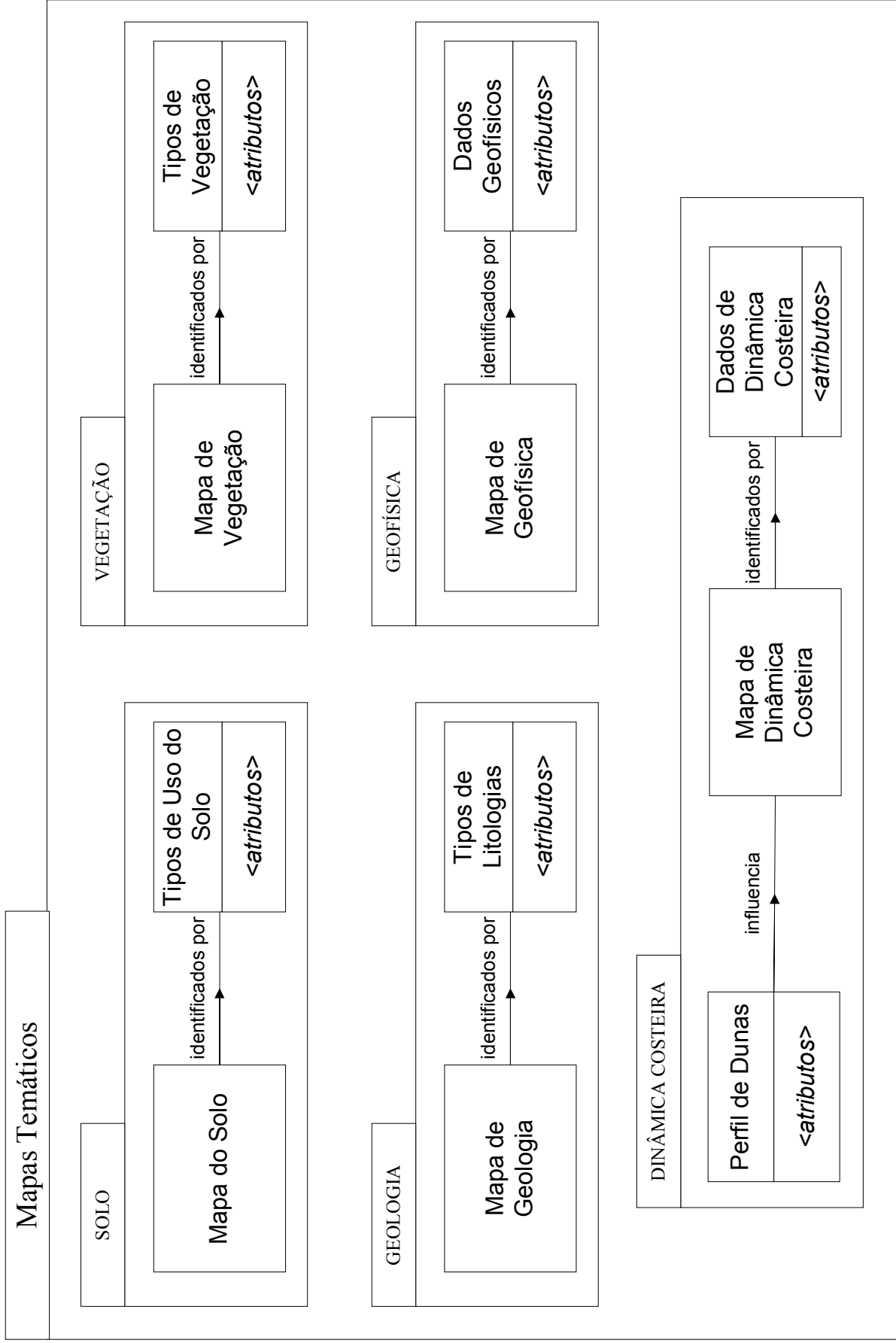


Figura 3.6 - Segunda Etapa da Modelagem Conceitual do GeoFrame: Detalhamento do pacote Mapas Temáticos, contendo subpacotes e as associações existentes entre as classes desses subpacotes.

3.1.3. Terceira Etapa da Modelagem:

Nessa fase define-se quem é Objeto Convencional (\triangle), quem é Objeto Geográfico (\triangle) e de que tipo (ponto, linha, polígono ou objeto complexo); e quem é Campo Geográfico (\triangle_F) e qual tipo (imagem, TIN, ponto regular, polígonos adjacentes...).

Todos esses conceitos serão reconhecidos de acordo com seus respectivos esteriótipos, definidos anteriormente. Por fim, são descritos os atributos de cada classe (Figuras 3.7, 3.8, 3.9, 3.10 e 3.11).

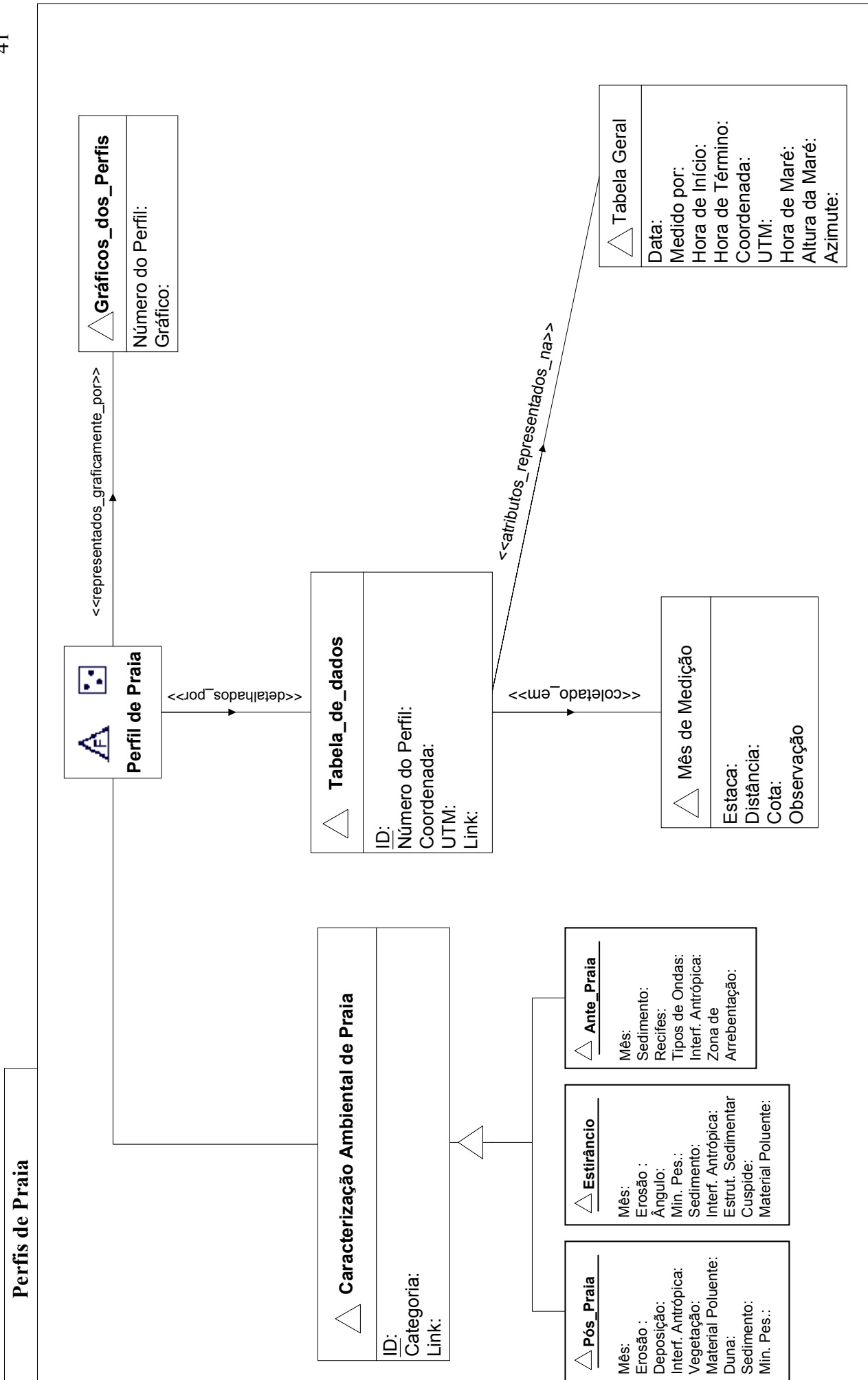


Figura 3.7 - Terceira Etapa da Modelagem Conceitual do Geoframe: Detalhamento dos atributos das classes do pacote Perfis de Praia e suas representações (se serão dados geográficos ou descritivos).

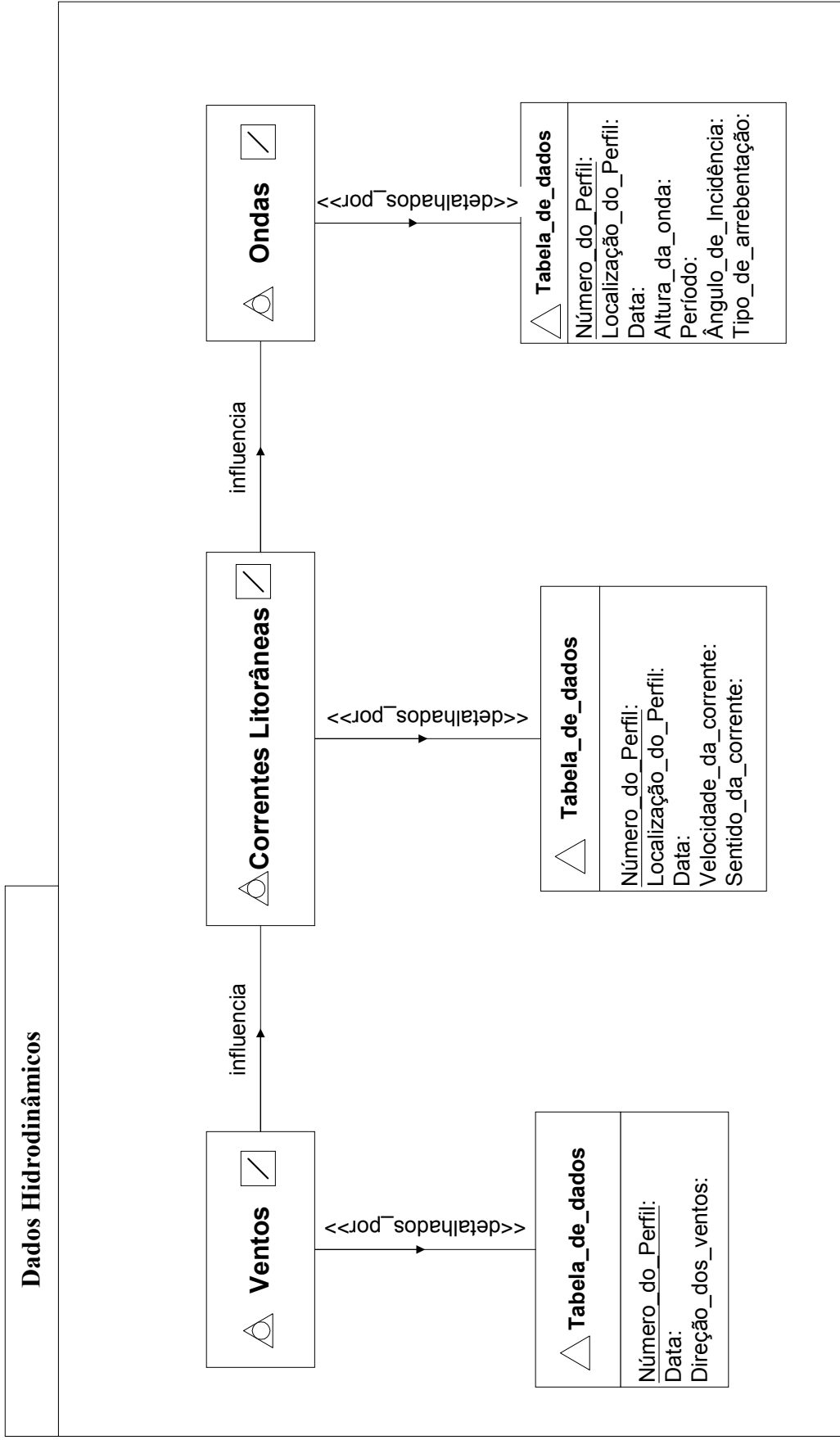


Figura 3.8 - Terceira Etapa da Modelagem Conceitual do Geoframe: Detalhamento dos atributos das classes do pacote Dados Hidrodinâmicos e suas representações (se serão dados geográficos ou descritivos).

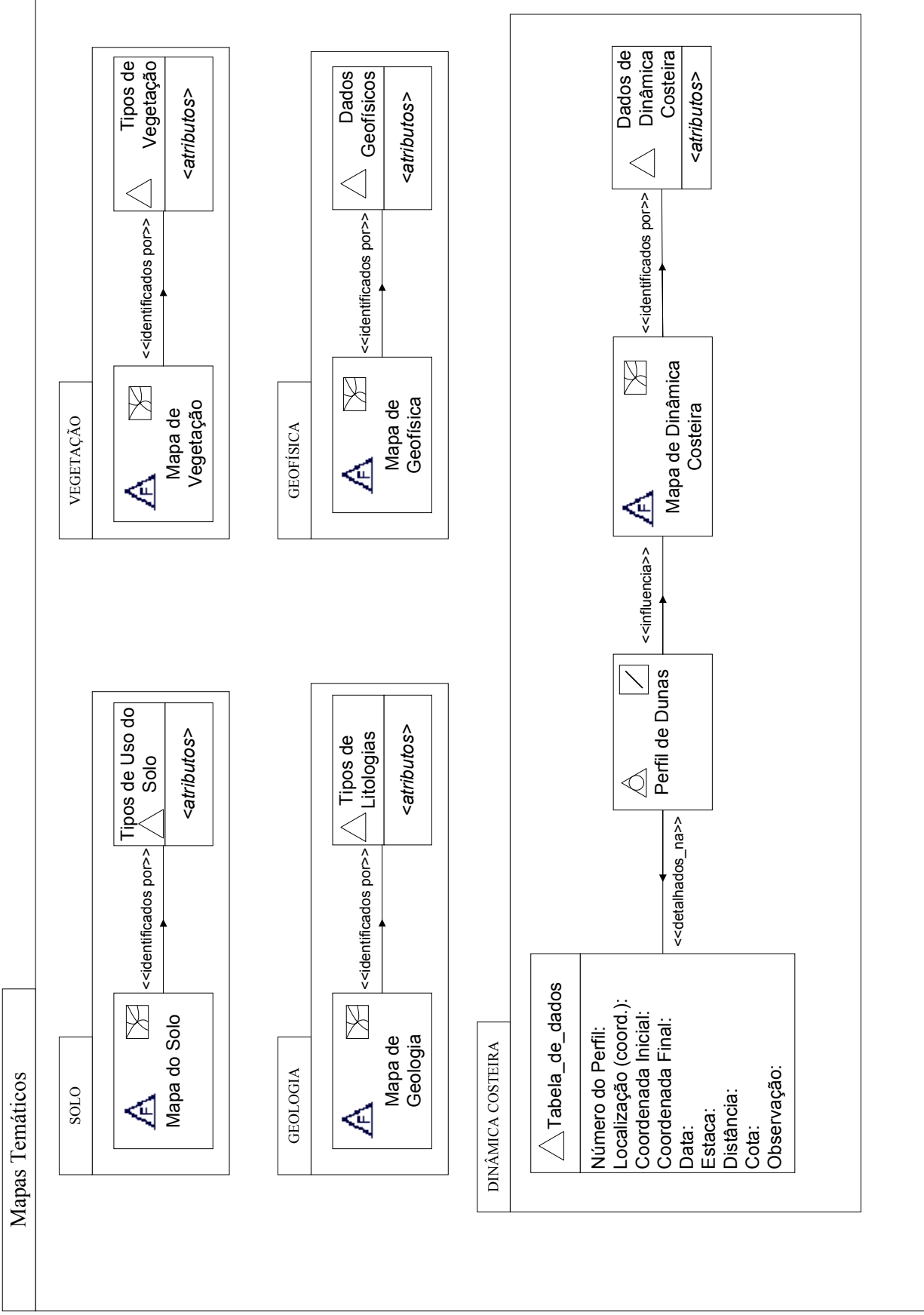


Figura 3.9 - Terceira Etapa da Modelagem Conceitual do Geoframe: Detalhamento dos atributos das classes do pacote Mapas Temáticos e suas representações (se serão dados geográficos ou descritivos).

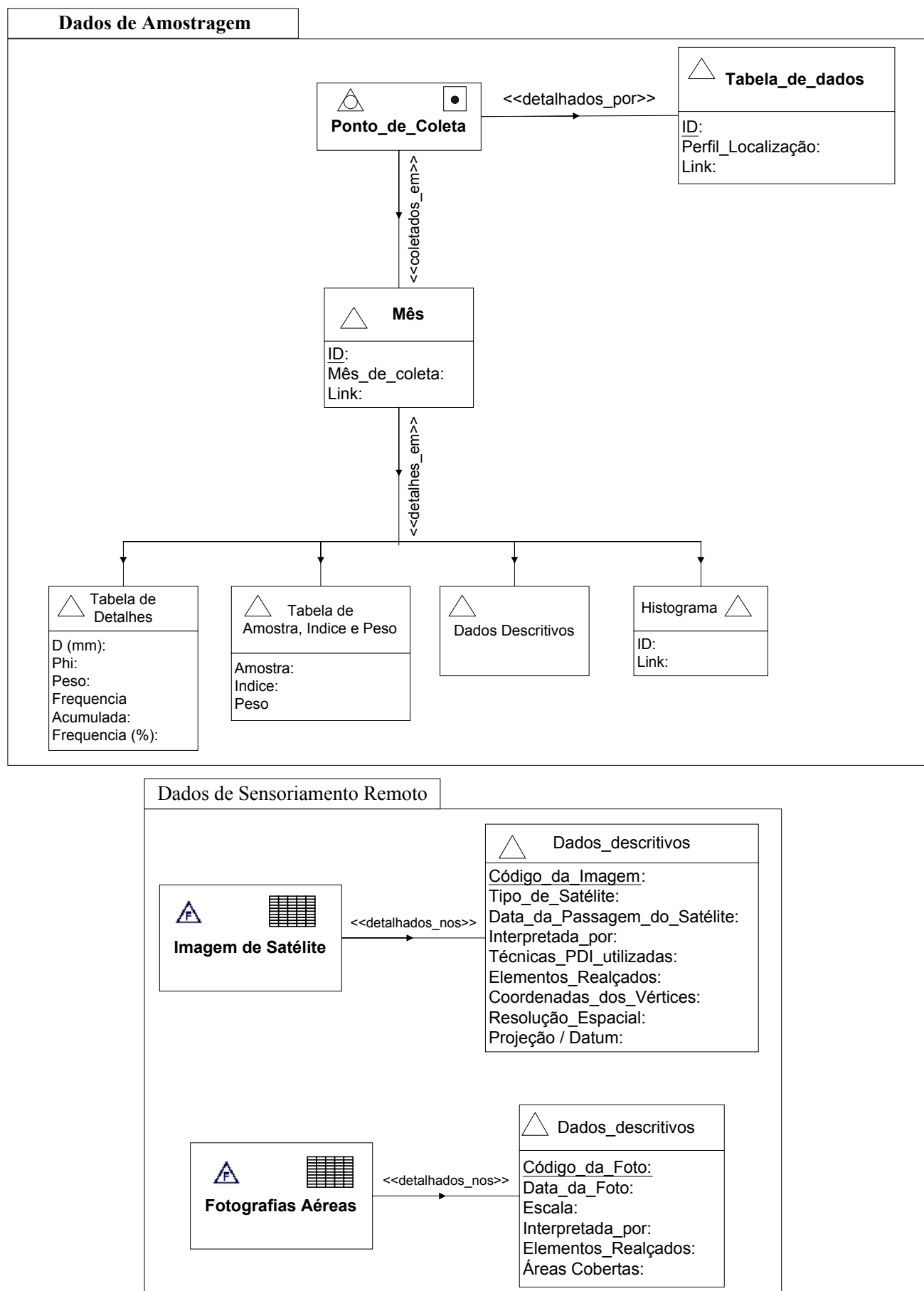


Figura 3.10 - Terceira Etapa da Modelagem Conceitual do Geoframe: Detalhamento dos atributos das classes dos pacotes Dados de Amostragem e Dados de

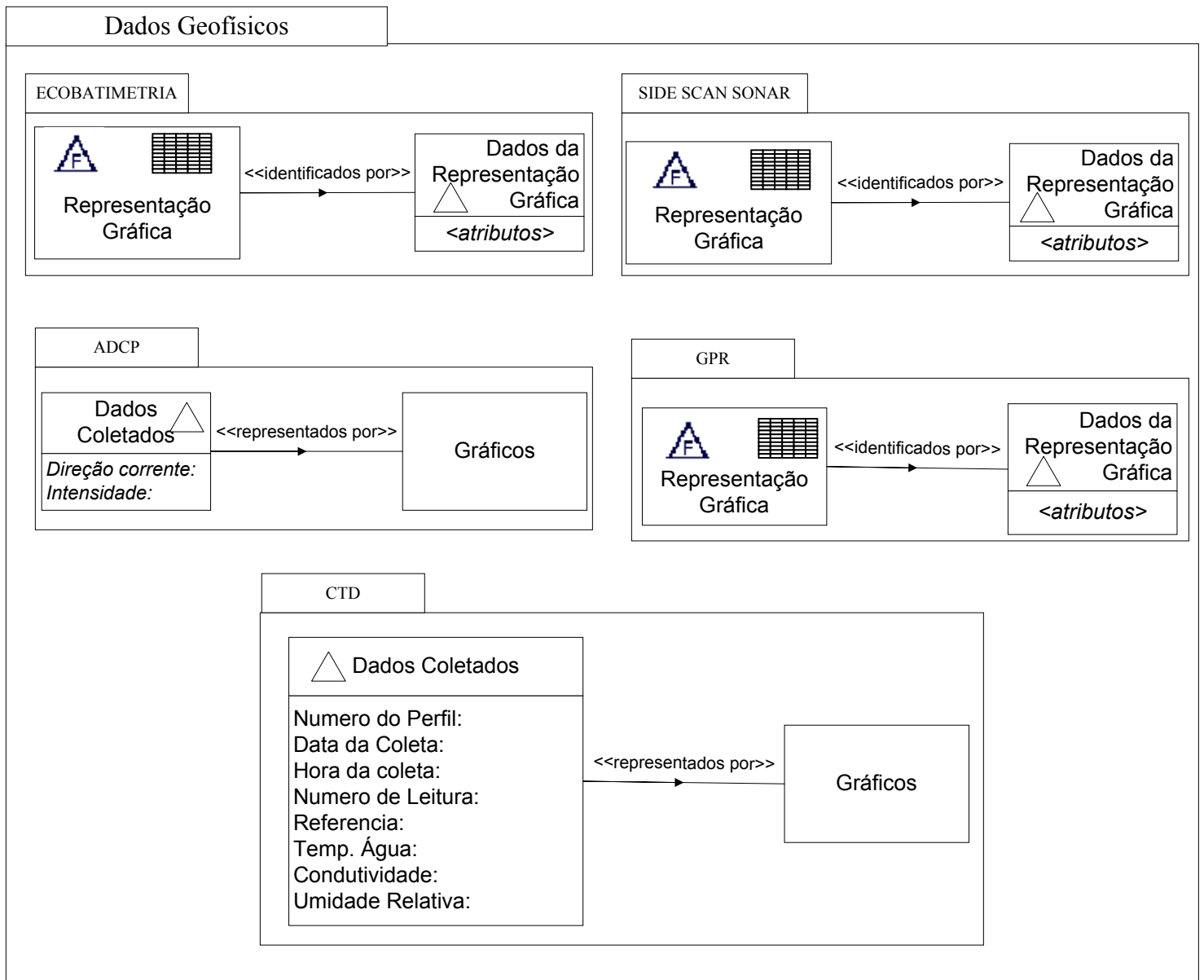


Figura 3.11 - Terceira Etapa da Modelagem Conceitual do GeoFrame: Definição dos atributos das classes do pacote Dados Geofísicos e suas representações (dados geográficos ou descritivos).

3.2. Modelo Lógico

A partir do modelo conceitual é gerado o modelo lógico. Neste nível é definido *como* as entidades serão armazenadas na estrutura do BDG (em forma de tabelas, mapas, gráficos etc). Assim, o modelo lógico depende do tipo de SGBD que será utilizado na implementação, no caso desse trabalho, dependerá das formas de armazenamento do ArcView.

Ao contrário dos SGBD relacionais, que têm como base um modelo bem definido, os softwares de SIG não possuem um modelo de dados único, ou seja, cada SIG tem seu próprio modelo lógico e suas próprias estruturas de armazenamento. Isto faz com que não exista um conjunto único de regras de transformação para bancos de dados geográficos. Normalmente, numa visão simplificada, pode-se dizer que os SIG's organizam os dados descritivos em SGBD relacionais e os dados espaciais através de um conjunto de camadas, também denominadas de layer, cobertura ou plano de informação, dependendo do software de SIG em questão. Assim, um esquema conceitual GeoFrame deve ser transformado em um conjunto de tabelas e um conjunto de camadas com dados geo-espaciais (Lisboa Filho 2002). A figura 3.12 ilustra essa idéia.

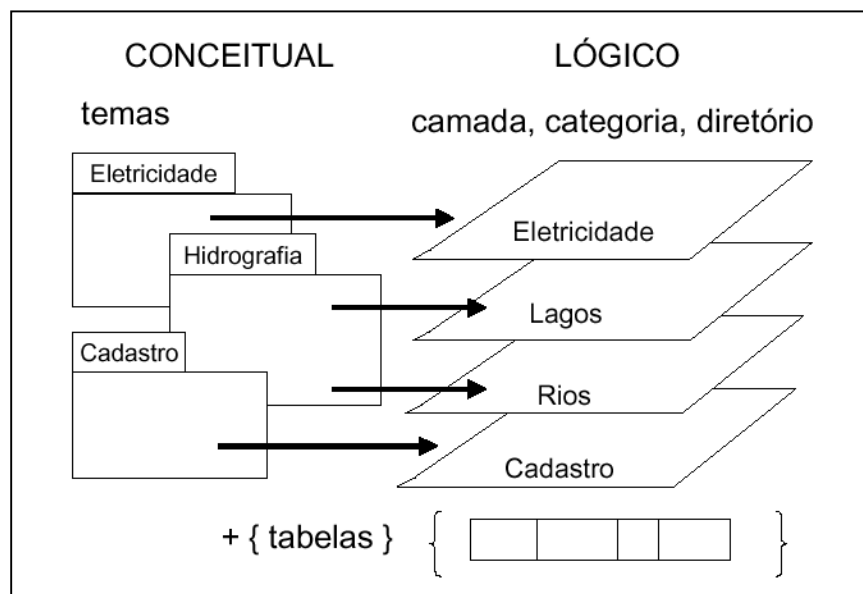


Figura 3.12 – Transformação conceitual-lógico a partir do modelo GeoFrame (Fonte: Lisboa Filho 2002).

Seguindo essa transformação, foi possível desenvolver toda a modelagem lógica do referido BDG. Lembrando cada tipo de representação espacial dá origem a uma camada (ou layer) que contém a forma, a localização e, em alguns casos, os relacionamentos espaciais dos fenômenos geográficos representados pelas instâncias da classe sendo transformada; e os atributos descritivos são transformados em colunas de uma tabela correspondente no SGBD (Lisboa Filho 2002).

3.2.1. Transformação Conceitual-Lógica do Pacote Perfis de Praia:

Representação dos Perfis de Praia através de Pontos Irregulares, representação dos gráficos e tabelas existentes (Figura 3.13).

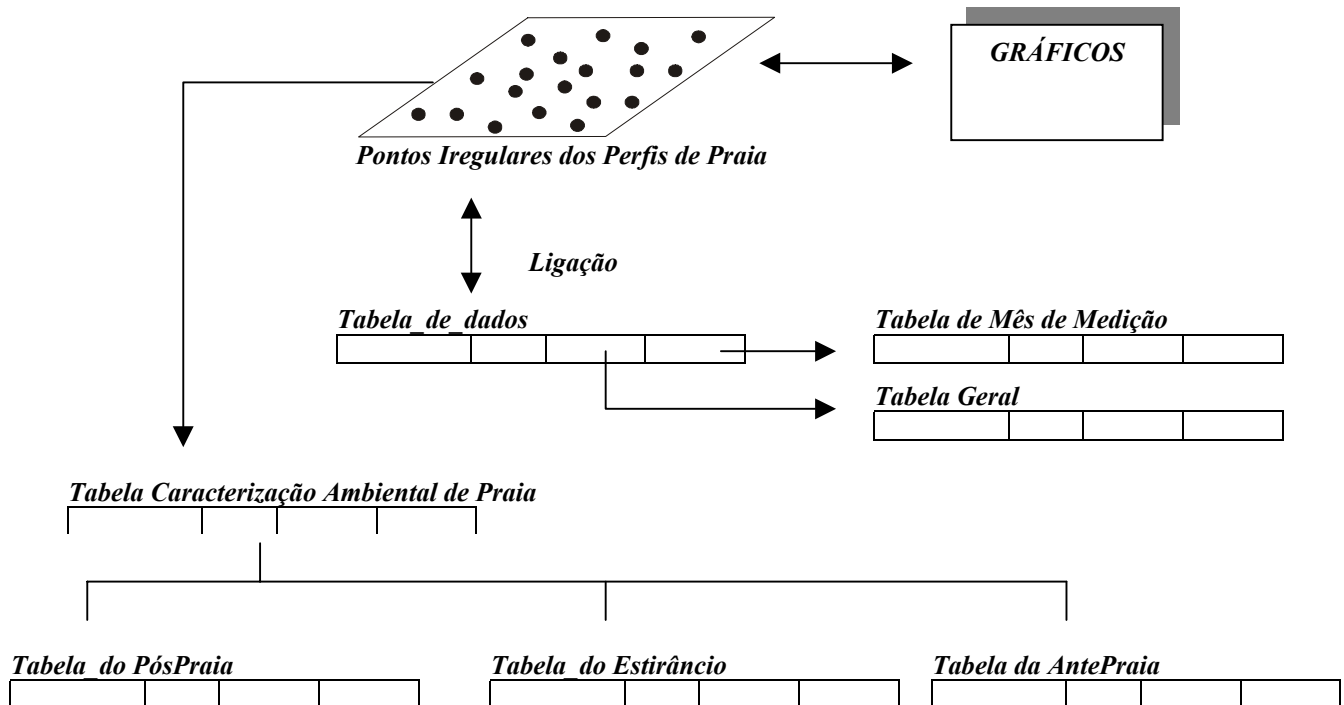


Figura 3.13 – Transformação conceitual-lógico das classes do pacote Perfis de Praia.

3.2.2. Transformação Conceitual-Lógica do Pacote Dados Hidrodinâmicos:

Deve-se detalhar tanto a representação espacial (objeto geográfico → do tipo linha) quanto a tabela de dados com os respectivos atributos. Logo, a partir do modelo conceitual dos dados hidrodinâmicos, gera-se a seguinte estrutura lógica (Figura 3.14).

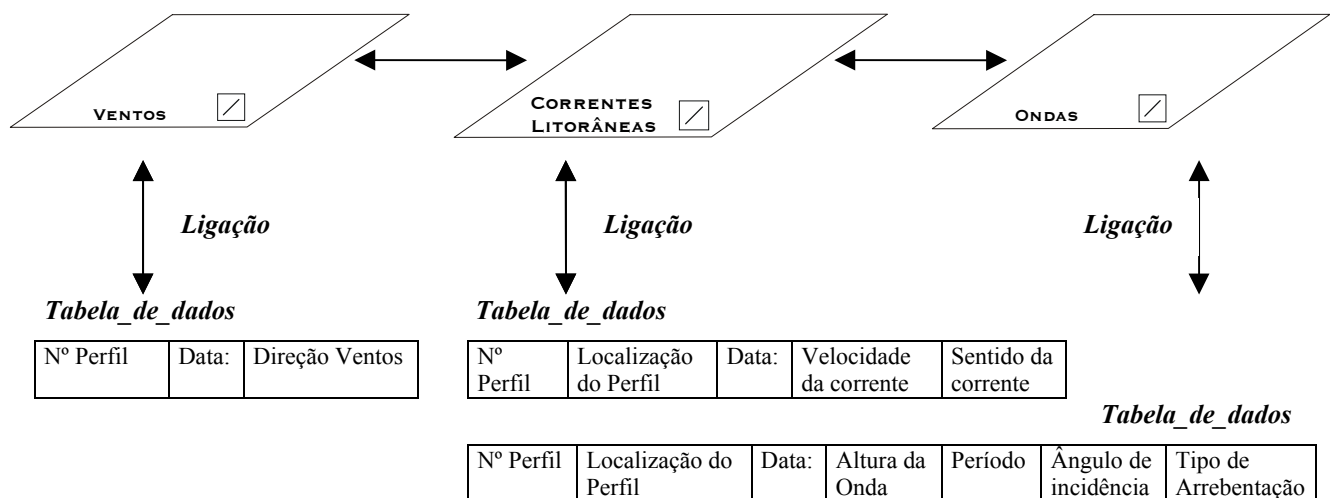


Figura 3.14 – Transformação conceitual-lógica dos dados hidrodinâmicos do pacote Dados Hidrodinâmicos.

3.2.3. Transformação Conceitual-Lógica do Pacote Mapas Temáticos

Cada classe de mapas será representada com a representação geográfica (campo geográfico → do tipo polígonos adjacentes) e sua tabela de atributos (Figura 3.15). No caso do Mapa de Dinâmica Costeira, deve-se acrescentar o objeto geográfico Perfil de Dunas, pois este foi definido no modelo conceitual (Figura 3.16).

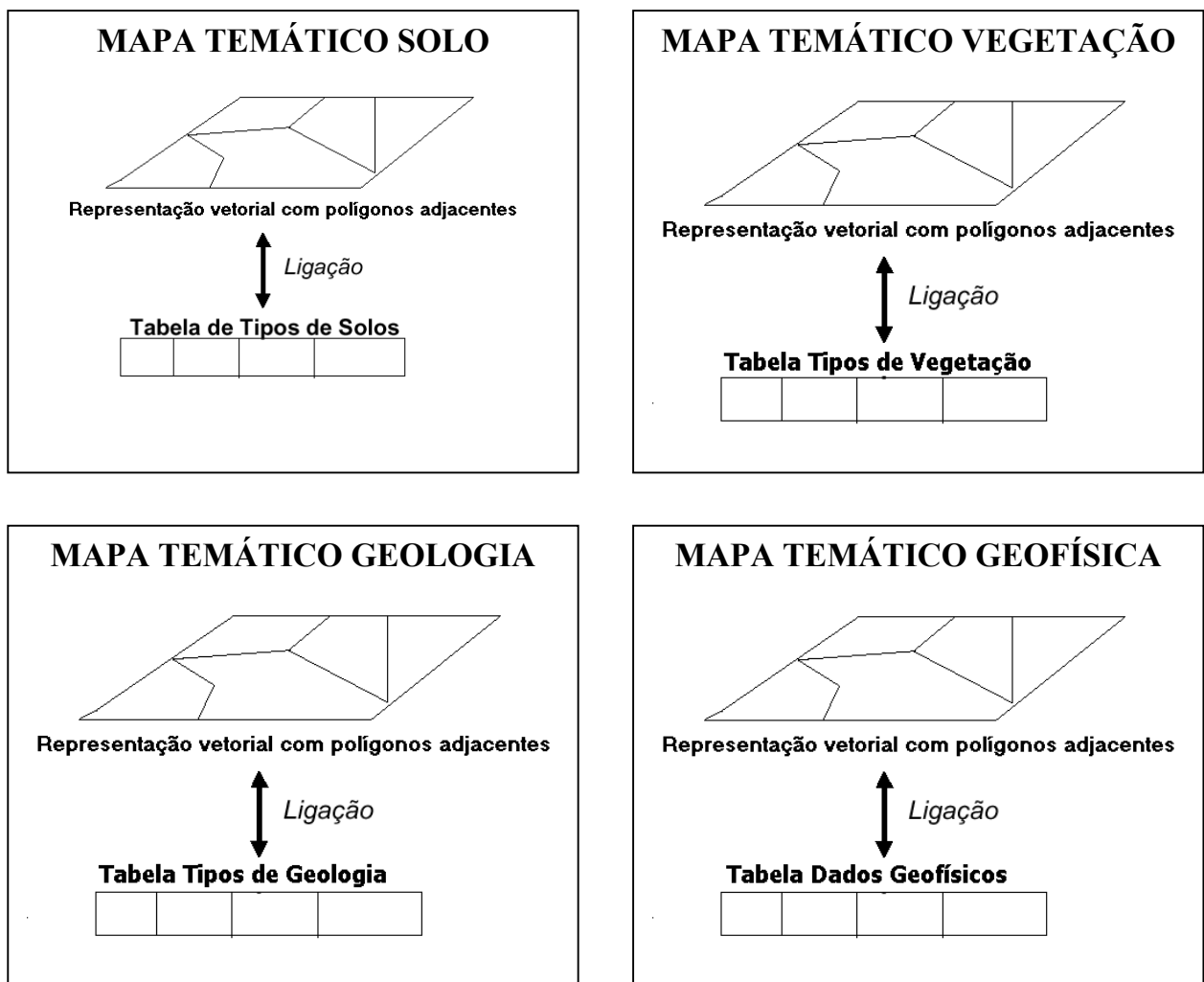


Figura 3.15 – Transformação conceitual-lógica das classes do pacote Mapas Temáticos.

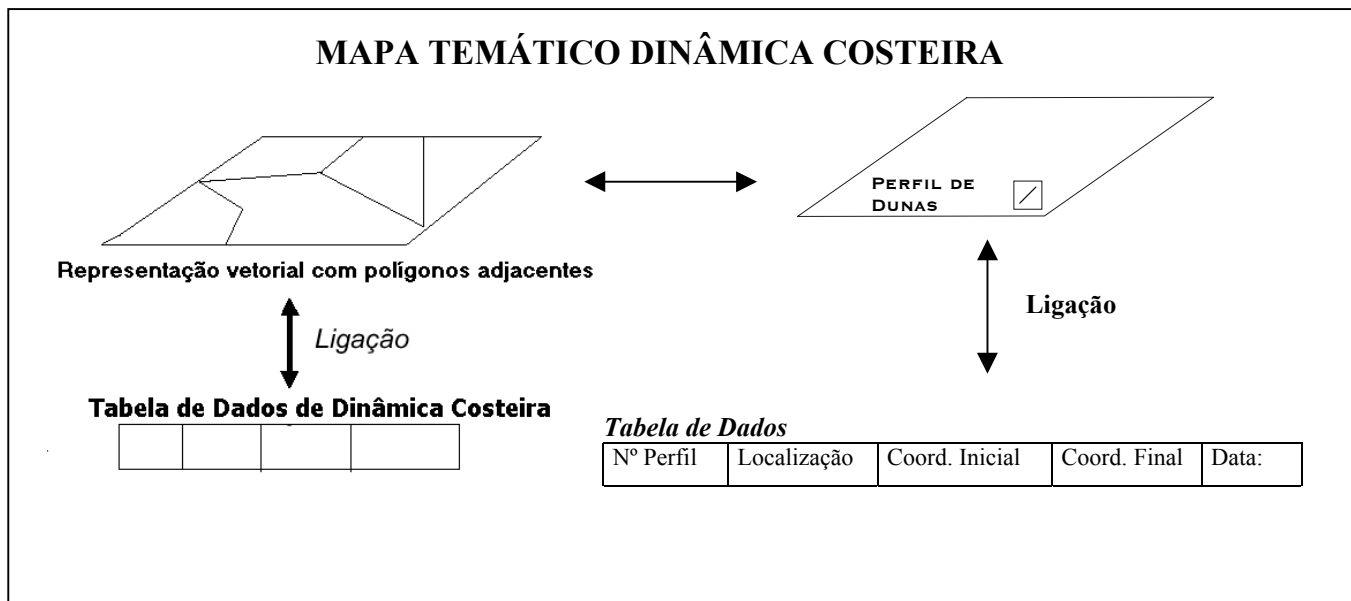


Figura 3.16 – Transformação conceitual-lógico da classe Mapa Temático de Dinâmica Costeira.

3.2.4. Transformação Conceitual-Lógica do Pacote Dados de Amostragem:

Representação dos objetos geográficos, tabelas, dados descritivos e gráficos (no caso, o histograma) existentes (Figura 3.17).

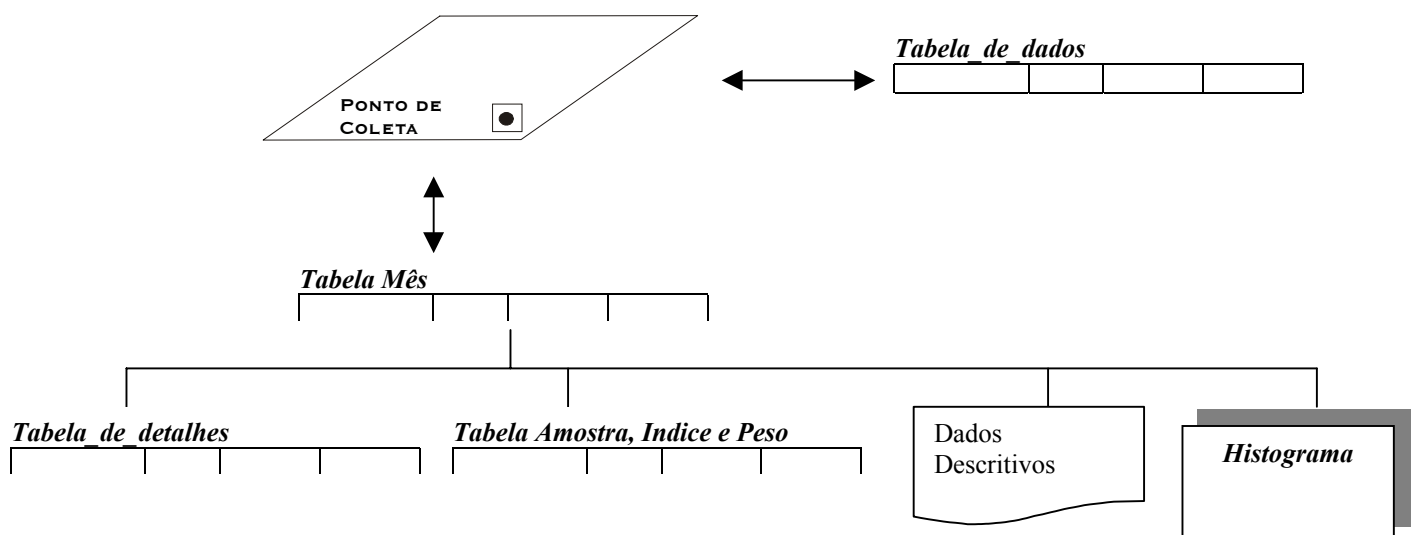


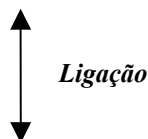
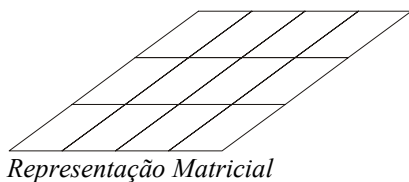
Figura 3.17 – Transformação conceitual-lógico das classes do pacote Dados de Amostragem.

3.2.5. Transformação Conceitual-Lógica do Pacote Dados de Sensoriamento Remoto:

Remoto:

Representação dos elementos da classe Sensoriamento Remoto e Fotografias Aéreas (Figura 3.18).

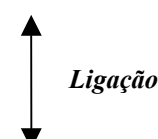
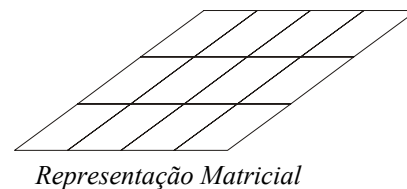
Classe Sensoriamento Remoto



Tabela_de_dados

Cód. Imagem	Tipo Satélite	Data Passagem Satélite	Interpretada por	PDI utilizado
-------------	---------------	------------------------	------------------	---------------

Classe Fotografias Aéreas



Tabela_de_dados

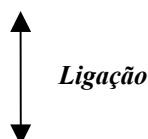
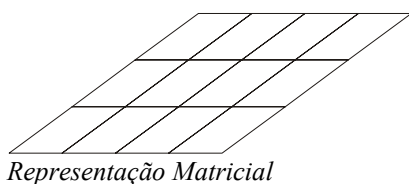
Cód. Foto	Data Foto	Interpretada por	Escala	Elementos Realçados
-----------	-----------	------------------	--------	---------------------

Figura 3.18 – Transformação conceitual-lógica das classes do pacote Dados de Sensoriamento Remoto.

3.2.6. Transformação Conceitual-Lógica do Pacote Dados Geofísicos:

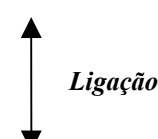
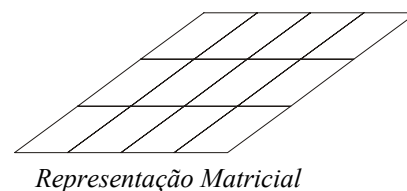
Representação dos elementos pertencentes à classe Dados Geofísicos (Figura 3.19).

Classe Ecobatimetria



Tabela_de_dados

Classe Side Scan Sonar



Tabela_de_dados

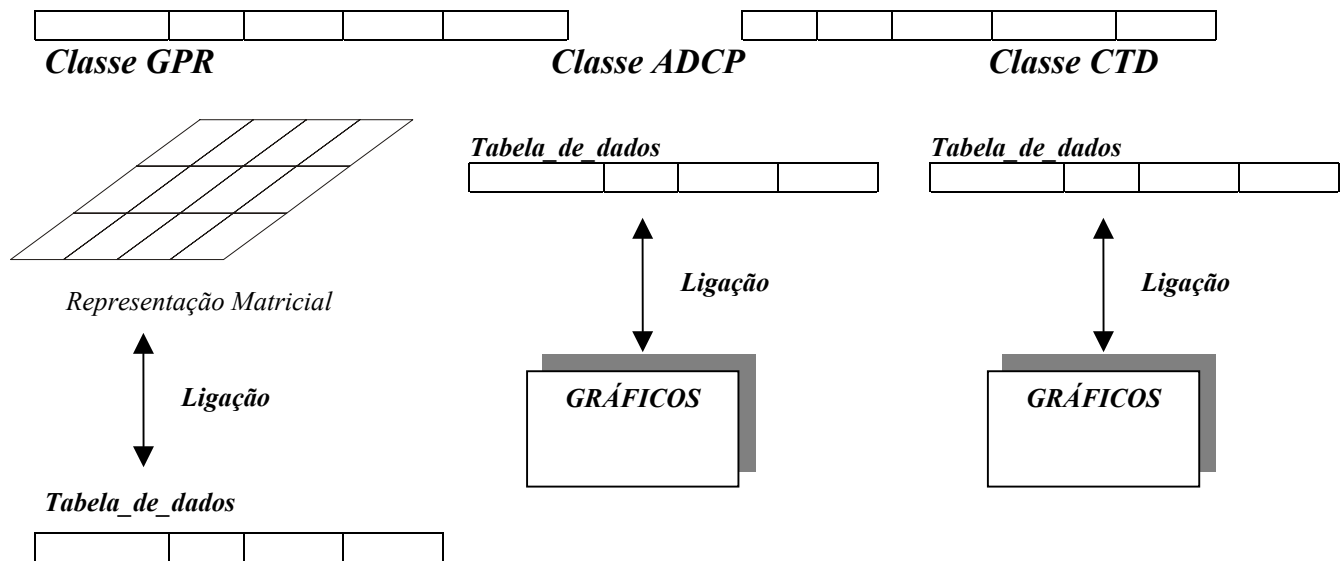


Figura 3.19 – Transformação conceitual-lógica das classes do pacote Dados de Geofísicos.

3.3. Modelo Físico

Nessa etapa são definidos detalhes de implementação dos dados, descrevendo a estrutura de armazenamento e os métodos utilizados para acessar os dados efetivamente. Estes fatores estão diretamente relacionados a um SGBD específico e permitem, ao projetista, planejar aspectos ligados à eficiência do sistema de banco de dados.

Como já foi dito, o SIG utilizado nesse trabalho foi o ArcView 3.2. Devido a isso, as tabelas tem extensão .DBF para que possam ser acessadas. As figuras existentes devem ser armazenadas em formato .GIF ou .BMP.

Para acessar essa base de dados, é necessário manipular um pouco o ArcView para que seja possível visualizar, analisar e avaliar todos os dados geográficos e não-geográficos armazenados.

Capítulo 4.

MAPAS DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL AO DERRAMAMENTO DE ÓLEO

4. Mapas de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo

4.1. Apresentação

A presença do petróleo na vida do homem advém de longas datas. A história registra a utilização dessa substância pelos egípcios (que o usaram na pavimentação de estradas, para embalsamar os mortos e na construção de pirâmides); pelos gregos e romanos (utilizando-o para fins bélicos) e pelos incas, maias e outras civilizações antigas que usavam para decorar e impermeabilizar seus potes de cerâmica (Thomas 2001).

Durante o século 20, o petróleo foi a principal fonte de energia. Hoje em dia, ele possui um papel estratégico na economia mundial e nacional. Os cerca de 72 milhões de barris produzidos diariamente respondem por 40,6% da demanda mundial de energia. No Brasil, o chamado ouro negro representa 34,2% da matriz energética (Ramalho 2000a). O petróleo é o energético para o qual existem os mais eficientes desenvolvimentos tecnológicos, permitindo, depois da sua transformação em derivados, a utilização do poder calorífico nele contido, em engenhos que beneficiam a espécie humana, nos setores de transporte, indústria, calefação, geração de eletricidade e outros.

O Brasil é um dos países da América Latina que se destacam pela riqueza em alguns recursos naturais, inclusive em petróleo, tornando-se um país de destaque na exploração desse elemento. De acordo com o estudo realizado pela empresa energética italiana ENI (Ente Nazionale Idrocarburi), o Brasil foi o décimo quinto maior produtor mundial de petróleo, com uma produção de 1,589 milhão de barris diários no ano de 2001 (TRIBUNA DO NORTE 2002).

Atualmente, existem vários tipos de exploração petrolífera, que pode ser do tipo terrestre (realizada através de sondas de perfuração terrestre) ou marítima (através de sondas marítimas, localizadas nas plataformas instaladas no oceano). É notório um avanço considerado na tecnologia no que diz respeito à exploração de óleo em águas profundas e o Brasil tem se destacado nesse tipo de avanço.

Apesar de todo aparato tecnológico, seja ele na exploração terrestre ou marítima, é grande a possibilidade do óleo poluir o ambiente à sua volta. As atividades de exploração e produção de óleo estão associadas a riscos. A Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, realizada em 1972 em Estocolmo, chamou a atenção das nações para o fato de que a ação humana estava causando séria degradação da natureza e criando severos riscos para o bem estar e para a própria sobrevivência da humanidade. Nessa Conferência, foi proposto um programa internacional voltado para a conservação dos recursos naturais e genéticos do planeta, pregando que medidas preventivas teriam que ser encontradas imediatamente, para que se evitasse um grande desastre (Base de Dados Tropical - BDT 2002). Sendo assim, o Brasil iniciou uma política de institucionalização visando à preservação e qualidade do meio ambiente, através da criação de Secretarias do Meio Ambiente e da implantação dos Órgãos Estaduais do Meio Ambiente. No Rio Grande do Norte, com a criação, em 1983, do CMA (Coordenadoria do Meio Ambiente), subordinada à Secretaria do Planejamento do Estado, teve início o programa de preservação e monitoramento do meio ambiente, bem como das atividades poluidoras e degradadoras (Grigio *et al.* 2001).

No setor do petróleo, uma reavaliação de métodos e culturas gerenciais foram necessárias, devido as suas atividades serem de alto risco, potencialmente poluidoras e seus produtos intrinsecamente poluentes (Gomes *et al.* 2001). O objetivo passava a ser então, continuar a explorar o petróleo de maneira que essa atividade agredisse o mínimo possível o meio ambiente.

Mesmo assim alguns acidentes foram inevitáveis e estes trouxeram alguns danos irreparáveis ao ambiente. O acidente ocorrido na Baía de Guanabara - RJ, no ano de 2000, despejou no mar 1 milhão e 300 mil litros de óleo refinado, atingindo praias e uma extensa área de manguezais. As principais vítimas foram os caranguejos, que estavam em época de reprodução. O tempo estimado para a recuperação é de três a dez anos. Ainda em 2000, outro acidente, na refinaria Presidente Getúlio Vargas, provocou um estrago ainda maior. Quatro milhões de litros de óleo vazaram no Rio Barigui e atingiram o Rio Iguçu. Em alguns pontos, toda a largura do leito dos rios foi coberta. Um entre cada oito animais retirados pela equipe de resgate sobreviveu. Foi o maior desastre ecológico do ano no Brasil (Ramalho 2000b).

Derrames de petróleo afetam os animais marinhos. Estes animais chegam até a praia em estado de sofrimento, além de representarem riscos para as populações humanas. Diante dessa realidade, foi dada uma atenção maior a exploração petrolífera marítima, já que a obtenção e transporte do óleo em alto mar e através de oleodutos aumentam muito o risco de vazamento e conseqüentemente poluição da água. Medidas de contingência passaram a ser tomadas para evitar danos maiores ao ambiente diante dessa possibilidade.

No Rio Grande do Norte destaca-se o Pólo Petrolífero de Guamaré o maior produtor terrestre de petróleo do Brasil, localizado no município de Guamaré – RN. Para o Pólo Industrial converge todo o óleo e gás produzido na Plataforma Continental do RN e grande parte da produção terrestre. Existe uma unidade de processamento de gás natural e uma planta de produção de diesel, no qual o Pólo de Guamaré abastece o RN e parte de outros estados com esses dois combustíveis e gás de cozinha (Silveira 2002). A área próxima ao pólo apresenta uma faixa onde algumas instalações costeiras foram construídas desde o início dos anos oitenta, para atender a exploração de óleo e gás como: o canal de acesso ao porto de Guamaré, seis oleodutos e gasodutos ligando as instalações em terras aos campos de Agulha e Ubarana e dois emissários (Guedes 2002). Percebe-se um aumento do número de poços de petróleo, que passou de 26 (em 1999) para 30 poços (em 2000). Assim como, a quantidade de óleo e gás natural também.

Diante disso, áreas sob influência do Pólo, tais como Galinhos (influência direta, pois existem campos de petróleo em plataformas no mar em frente a Galinhos) e São Bento do Norte (influência indireta), são altamente suscetíveis à presença de óleo caso ocorra um derramamento em Guamaré.

4.2. Mapas de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo

Processos naturais e antrópicos em áreas costeiras, dependendo de sua frequência e magnitude, afetam fortemente uma série de atividades e usos, muitas vezes conflitantes, mas ao mesmo tempo significativos para a tomada de decisões envolvendo prioridades de planejamento e gestão ambiental. Tais interesses podem ser científicos (ex: presença de espécies raras e/ou em extinção), ecológicos (ex.: áreas de nidificação), comercial (ex:

áreas de extrativismo – coleta de caranguejos) ou, ainda, recreacional, como as praias (Museu Paraense Emílio Goeldi - MPEG 2001).

Para conciliar os interesses envolvidos com as diretrizes e/ou estratégias de planejamento e gestão ambiental é necessário, em primeiro momento, o mapeamento e caracterização dos ecossistemas e, posteriormente, a ordenação do mesmo segundo uma escala de sensibilidade ambiental. As cartas (ou mapas) de sensibilidade representam, portanto, a classificação dos ecossistemas em decorrência de seu valor ecológico, e nelas são levadas em consideração a vulnerabilidade aos impactos naturais e, ainda, os riscos de atividades antrópicas desenvolvidas.

As **Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derramamentos de Óleo** (Cartas SAO) constituem um componente essencial e fonte de informação primária para o planejamento de contingência e avaliação de danos em casos de derramamento de óleo². Ademais, as cartas SAO representam uma ferramenta fundamental para o balizamento das ações de resposta a vazamentos de óleo, na medida em que, ao identificar aqueles ambientes com prioridade de preservação, permitem o direcionamento dos recursos disponíveis e a mobilização mais eficiente das equipes de proteção e limpeza. Essas cartas são desenvolvidas pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA).

Os mapas de sensibilidade ambiental para derramamentos de óleo (MSA's) baseiam-se na Cartas SAO e apresentam características semelhantes. O grande diferencial entre eles é que as Cartas SAO são documentos oficiais do Governo Federal, elaboradas pelo Ministério do Meio Ambiente; enquanto que, os MSA's são documentos locais elaborados para estudos específicos de áreas costeiras.

Os MSA's contém informação básica de componentes costeiros, bem como geomorfológicos, hidrodinâmicos e oceanográficos. Eles indicam áreas de conservação, recreação e assentamentos urbanos costeiros. A produção deles torna-se um elemento de grande importância no estudo ambiental, na análise de possíveis mudanças na área e nas prováveis conseqüências que essas mudanças podem acarretar. Trata-se de uma ferramenta poderosa, que pode orientar o homem na tomada de decisões.

De acordo com a tendência mundial, a responsabilidade de elaboração de cartas de sensibilidade ambiental é dos órgãos governamentais. No Brasil o Art. 28 da Lei Nº

² Derramamento de óleo: qualquer forma de liberação de óleo para o ambiente, incluindo o despejo, escape, vazamento e transbordamento.

9966/2000, do órgão federal do meio ambiente (Ministério do Meio Ambiente), ouvida a autoridade marítima (Marinha do Brasil – MB), “*definirá a localização e os limites das áreas ecologicamente sensíveis*” que por sua vez, são descritas no inciso IV do artigo 2º da referida Lei como “*regiões de águas marítimas ou interiores, definidas por ato do poder público, onde a preservação, o controle da poluição e a manutenção do equilíbrio ecológico exigem medidas especiais para a proteção e preservação do meio ambiente*” (MMA 2002).

As cartas SAO servem para identificar e mapear as localizações de recursos sensíveis antes que ocorra um acidente. Seus principais objetivos são (MMA 2002 e Mafra 2002):

1. Caracterização das áreas costeiras e marinhas sob jurisdição nacional, por meio da disponibilização de documentos cartográficos que sirvam como uma ferramenta crítica no planejamento e resposta a incidentes com derramamento de óleo;
2. Auxiliar na redução das conseqüências ambientais de vazamento de óleo e orientar os esforços de contenção e limpeza / remoção;
3. Identificar a sensibilidade dos ecossistemas marinhos, dos seus recursos biológicos e das atividades socioeconômicas que caracterizam a ocupação dos espaços e do uso dos recursos costeiros e marinhos nas áreas representadas.

As cartas de sensibilidade ambiental para derramamentos de óleo estão diretamente relacionadas com a *poluição aguda*, caracterizada pelos derramamentos maciços ou catastróficos de petróleo cru ou derivados, causados por acidentes de navegação e pelos acidentes maiores em plataformas de produção, terminais petrolíferos, instalações de armazenamento e refino de oleodutos. No entanto, também servem como ferramentas para o combate à *poluição crônica*, derivada da operação normal daquelas instalações e de outras fontes (que pode, inclusive, superar, em termos de impactos de longo prazo, a poluição aguda).

Dessa forma, as cartas SAO são utilizados como ferramenta nas seguintes situações principais (MMA 2002):

- **Plano de Contingência:** no planejamento de prioridades de proteção, estratégias de contenção e limpeza / remoção e quantificação dos recursos necessários ao combate de derramamentos;

- **Operações de combate a derramamentos de óleo:** possibilitando a avaliação geral de danos e facilitando a identificação dos locais sensíveis, rotas de acesso e quantificação / localização de equipamentos de resposta;
- **Planejamento Ambiental:** na avaliação de recursos que possam estar em perigo, podendo ser um componente valioso de um estudo de impacto ambiental, auxiliando na definição de locais de instalação de empreendimentos para a indústria do petróleo.

Essas cartas devem atender a todos os níveis de derramamentos de óleo, desde grandes derramamentos em áreas remotas (*offshore*), passando por derramamentos de porte médio a alguma distância das instalações da indústria (ao largo do litoral), até derrames localizados (em pontos específicos da costa).

Os mapas de sensibilidade, que são baseados nas cartas SAO, devem ser fáceis de entender e não devem exigir muito conhecimento especializado para serem compreendidos e interpretados. Devem apresentar informações suficientes, sem sobrecarga de dados. Também são importantes nos MSA's o uso de símbolos e escalas convenientes, legenda, orientação, autor ou fonte, data de produção, título além do mapa de localização da área para relacionar a subárea representada e a área como um todo.

Outro requisito cartográfico dos mapas de sensibilidade ambiental para o derramamento de óleo refere-se à padronização dos índices de sensibilidade, da simbologia, terminologia e demais procedimentos técnicos utilizados na confecção das cartas. A vantagem advinda da padronização e da utilização de uma mesma técnica de elaboração dos mapas nas diversas áreas da costa e da plataforma continental é a de permitir a comparação de cartas de áreas distintas e de facilitar o uso por equipes de respostas a derramamentos de óleo, de órgãos e nacionalidade diversos. Com o mesmo objetivo, as legendas dos mapas devem ser impressas em português.

De acordo com MMA (2002), as cartas de sensibilidade incluem três tipos de informações principais: **sensibilidade dos ecossistemas costeiros e marinhos; recursos biológicos; e usos humanos** dos espaços e recursos (**atividades socioeconômicas**):

1. Sensibilidade da Linha de Costa: Classifica as seções do litoral em habitats, de acordo com suas características geomorfológicas, sensibilidade a derramamentos de óleo, persistência natural de óleo e condições de limpeza / remoção.

O sistema de classificação de sensibilidade é baseado no conhecimento das características geomorfológicas das áreas do litoral, considerando fatores como: grau de exposição à energia de ondas e marés; declividade do litoral e tipo do substrato, afetando sua permeabilidade e mobilidade. Para a classificação da sensibilidade da costa é fundamental o entendimento das inter-relações entre os processos físicos, tipos de substrato e biota associada, que produzem ambientes geomorfológica e ecologicamente específicos, assim como padrões previsíveis de comportamento de óleo, padrões de transporte de sedimentos e impactos biológicos.

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

Cada ISL indica a sensibilidade de cada trecho da costa, que varia de 1 a 10, de acordo com as características físicas, ou seja, se é praia arenosa, costão rochoso, mangue, planície de maré entre outros. Os ISL aqui utilizados foram baseados nas Especificações e Normas Técnicas para Elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derrames de Óleo (Cartas SAO) em vias de elaboração pelo Ministério do Meio Ambiente em 2002, baseado na classificação de sensibilidade adotada pelo NOAA (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 – ÍNDICE DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL (“ENVIRONMENTAL SENSITIVITY INDEX – ESI”) AO PETRÓLEO E SEUS DERIVADOS E CARACTERÍSTICAS DO LITORAL – NOAA.

ÍNDICE DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL (ESI)	GRAU DE EXPOSIÇÃO A ONDAS	FAIXA INTERMARÉS		SUBSTRATO				BIOTA	TIPO DE LITORAL
		Inclinação	Largura	Tipo	Mobilidade	Penetração do óleo	Trafegabilidade		
1	Alto	> 30°	Estreita	Costão rochoso	Fixo	Impermeável	Não	Acimatada a altos impactos hidráulicos e pressão	Costões rochosos expostos, estruturas artificiais impermeáveis
2	Alto	< 30°	Larga	Leito rochoso	Fixo	Impermeável	Não	Acimatada a altos impactos hidráulicos e pressão	Plataformas erodidas pela ação das ondas
3	-	< 5°	Larga	Areia fina a média (0,06 a 1 mm)	Baixa	Semipermeável (< 10 cm)	Permite tráfego de veículos	Baixa densidade	Praias de areia fina ou média
4	-	5 – 15°	Larga	Areia grossa / grânulo (2 – 4 mm)	Alta	Permeável (≤ 25 cm)	Baixa trafegabilidade de veículos	Baixa densidade	Praias de areia e cascalho
5	-	8 – 15°	-	Areia e cascalho	Muito alta durante tempestades	≤ 50 cm	Baixa trafegabilidade de veículos	Muito baixa	Praias de areia e cascalho
6	-	10 – 20°	-	Cascalho	Baixa	Altamente permeável (≤ 100 cm)	Muito baixa trafegabilidade	Infauna e epifauna muito baixas	Praias de cascalho e enrocamentos
7	Variável de alto a médio	< 3°	Estreita a muito larga	Areia	-	Penetração limitada	Baixa	Muito baixa	Áreas intermarés planas expostas
8	Baixo	> 15°	Estreita	Leito rochoso (algum sedimento)	-	-	Baixa	Coberto de algas e outros organismos	Costões rochosos abrigados
9	Baixo	< 3°	Estreita a muito larga	Lamoso	-	Baixa permeabilidade	Muito baixa	Alta densidade de infauna	Áreas intermarés planas abrigadas
10	Médio a baixo	< 10°	Variável	Areia lamosa	Baixa	Baixa permeabilidade	Muito baixa	Vegetação associada com alta diversidade	Marismas, manguezais

Fonte: SILVA, 1996 *apud* MMA 2002.

Uma vez determinado o índice de sensibilidade do local, cada ISL desse é representado por uma cor. A tabela 4.2 exibe os ISL's com suas respectivas cores:

Tabela 4.2 – Esquema de cores para classificação do ISL (Fonte: MMA 2002)

ÍNDICE	COR	TIPOS DE COSTA
ISL 1		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Costões rochosos lisos ▪ Falésias em rochas sedimentares ▪ Estruturas artificiais lisas
ISL 2		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Terraço, plataforma de abrasão ou terraço arenítico exumado, de declividade média, exposto.
ISL 3		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Praias dissipativas, de areia fina a média, expostas. ▪ Praias de areia fina a média, abrigadas. ▪ Restingas – faixa contígua à praia, ainda sujeita à ação de ressacas
ISL 4		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Praias de areia grossa ▪ Praias intermediárias, de areia média a fina, expostas.
ISL 5		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Praias mistas de cascalho e areia, areia e conchas, ou areia e corais ▪ Terraço ou plataforma de abrasão de superfície irregular ou coberto de vegetação.
ISL 6		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Praias de cascalho (seixos e calhaus) ▪ Depósito de tálus ▪ Enrocamentos (“rip-rap”, quebra-mar) expostos ▪ Plataforma ou terraço recoberto por concreções lateríticas ou bioconstrucionais
ISL 7		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Planície de maré arenosa exposta ▪ Terraço de baixa-mar
ISL 8		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Escarpa / encosta de rocha lisa abrigada ▪ Escarpa / encosta de rocha não-lisa abrigada ▪ Enrocamentos abrigados
ISL 9		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Planícies de maré arenosa / lamosa abrigada ▪ Terraço de baixa-mar lamoso abrigado / recifes
ISL 10		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Terrenos alagadiços, banhados, brejos, margens de rios e lagoas. ▪ Marismas ▪ Mangues e pântanos costeiros

As cores serão aplicadas à linha de costa representando o limite entre terra e água. A maioria dos habitats costeiros será representado como uma linha, sem dimensão espacial. Cada MSA deverá conter uma legenda com o código de cores e o significado da simbologia utilizada para classificação da sensibilidade da costa nela representada.

2. Recursos Biológicos: Nos mapas de sensibilidade são incluídos plantas e animais sensíveis ao óleo, com informação ao nível da espécie. É devotada atenção especial, nas cartas, a áreas onde ocorrem concentrações de espécies sensíveis ao óleo, como áreas de alimentação, reprodução, berçários, habitats de nidificação e áreas de trânsito / rotas de migração. São as informações mais importantes dos mapas de sensibilidade para o derramamento de óleo, onde são identificadas as áreas de maiores concentrações das espécies, as fases ou atividades mais sensíveis do seu ciclo de vida e as

espécies protegidas, para subsidiar os responsáveis pelo planejamento e resposta aos acidentes com derrames de óleo, na determinação de prioridades de proteção.

As distribuições dos recursos biológicos são representadas usando ícones associados a um ponto, linha ou polígono, indicando a distribuição espacial de um espécie. Cada espécie é identificada por uma cor própria, onde essas cores são usadas nos ícones correspondentes e para preencher polígonos e áreas hachuradas referentes à distribuição espacial.

3. Usos Humanos dos Recursos (atividades socio-econômicas): As atividades socioeconômicas que caracterizam a ocupação dos espaços e os usos dos recursos costeiros e marinhos, como o turismo, a pesca, a aquicultura e o extrativismo costeiro, são frequentemente sensíveis aos impactos por derramamentos de óleo. Assim, praias de alto uso recreacional, marinas, áreas de proteção ambiental, sítios de mineração, sítios arqueológicos, por exemplo, são representados no mapa de sensibilidade, sempre que localizados em áreas que possam ser afetadas por um derramamento de óleo. Os recursos socio-econômicos são agrupados em: áreas de alto uso recreacional e locais de acesso à linha de costa; áreas sob gerenciamento especial; locais de extração de recursos naturais; e localização de sítios arqueológicos, culturais e históricos. Os recursos de uso humano serão indicados por ícones em preto e branco.

Devem ser identificadas nos mapas as estradas secundárias, importantes para as operações de resposta, assim como locais de atracação, rampas para barcos, aeroportos, heliportos, depósitos e locais de concentração para equipamentos de contenção, limpeza e transporte.

Cada mapa de sensibilidade deve ser acompanhado por uma tábua de dados com informações complementares sobre os recursos biológicos, as atividades socio-econômicas e a resposta a derramamentos de óleo na área representada. A tábua de dados deve ser impressa no verso da carta de sensibilidade a que se refere. Podem ser incluídas, também no verso do mapa, informações adicionais, tais como: equipamentos e técnicas específicas de limpeza; áreas para o posicionamento de barreiras; pessoal necessário para implementar as atividades de proteção e limpeza; onde os dispersantes podem ser usados ou não; locais de baixa sensibilidade, que podem, se necessário, ser usados como “área de

sacrifício”, para receber um possível desvio de óleo derramado, poupando áreas de maior sensibilidade; prioridades de proteção; etc.

4.3. Mapas de sensibilidade das áreas de Galinhos e São Bento do Norte

As especificações e normas técnicas utilizadas nesse trabalho foram adotadas de acordo com metodologia descrita pelo NOAA, adaptado pelo Ministério do Meio Ambiente para a costa brasileira.

Antes do início do planejamento da elaboração das cartas de sensibilidade, é necessário ter em mente qual será a utilidade delas, para otimizar a sua elaboração e atender às necessidades do usuário. É essencial recordar que as Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derramamentos de Óleo constituem **documentos operacionais** para planejamento de contingência e uso em ações de resposta a incidentes de poluição por óleo; não são, portanto, cartas completas de recursos biológicos, de atividades socioeconômicas ou, muito menos, de geomorfologia costeira (MMA 2002).

A costa brasileira foi dividida em vários segmentos para mapeamento da sensibilidade ambiental para derramamento de óleo em áreas costeiras e marinhas das bacias marítimas prioritárias (Figura 4.1). Esses mapas serão exibidos em escala intermediária (1:150.000).

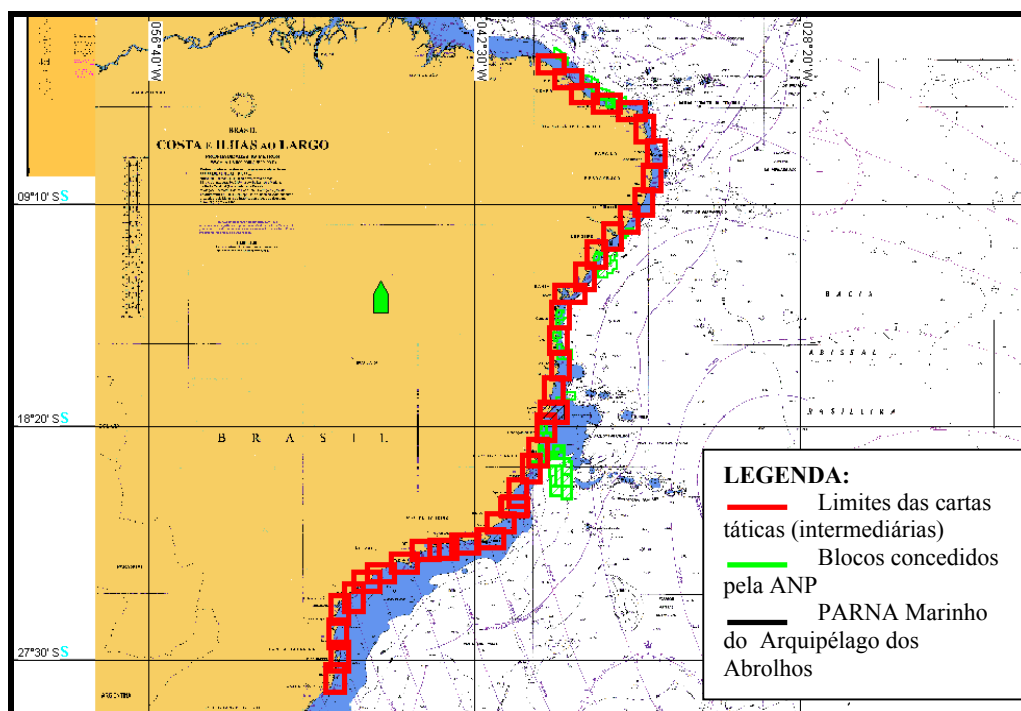


Figura 4.1 - Plano cartográfico para mapeamento de sensibilidade ambiental para

Os segmentos da Bacia Potiguar e do Ceará estão melhor visualizados na Figura 4.2.

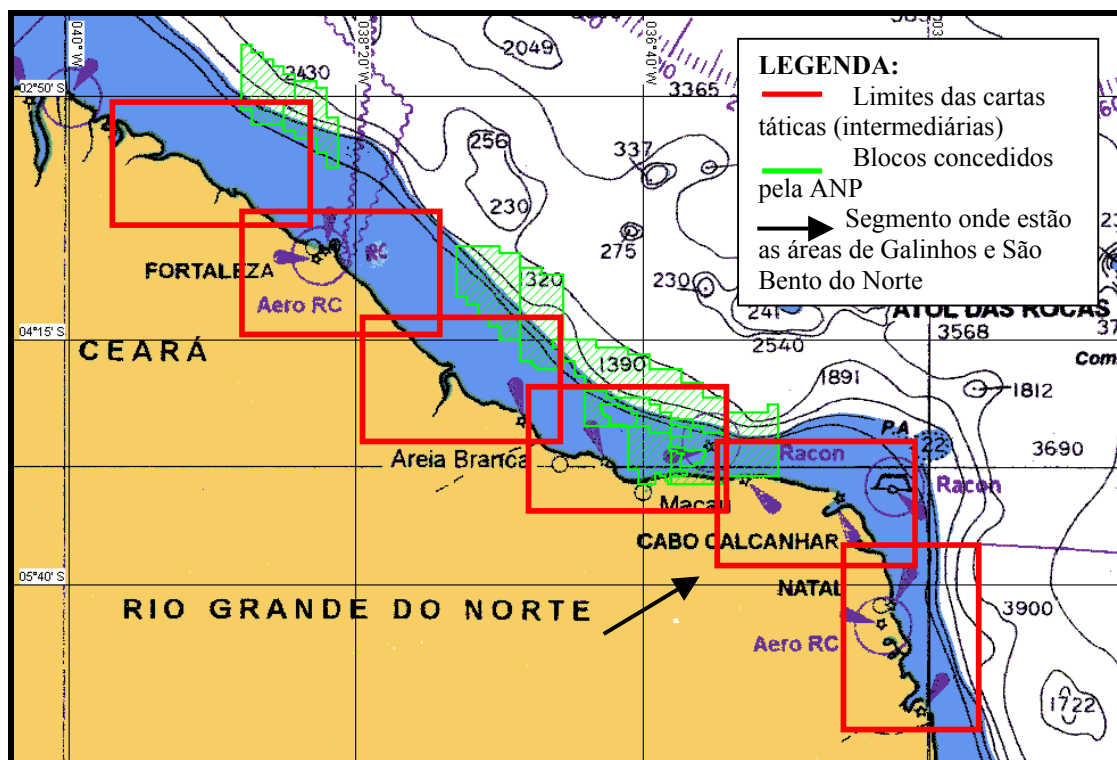


Figura 4.2 - Plano Cartográfico para as Bacias Marítimas do Ceará e Potiguar (6 cartas táticas). (Fonte: Ministério do Meio Ambiente).

A seta preta indica onde está inserida a área entre Galinhos e São Bento do Norte. Para gerar os mapas de sensibilidade, foi necessário acessar os dados que foram armazenados previamente no BDG. Dados essenciais na composição dos MSA's, tais como dados hidrodinâmicos e dados de amostragem, foram consultados e resgatados do BDG e possibilitaram a elaboração dos mapas.

As cartas SAO desenvolvidas pelo Ministério do Meio Ambiente não são cartas temporais, ou seja, esse órgão federal não desenvolve cartas periodicamente para verificar se houve mudança de sensibilidade de um determinado local. No presente trabalho, a proposta foi exatamente essa: gerar mapas de sensibilidade em épocas diferentes da área de estudo para verificar se haveria mudança de comportamento do litoral diante da presença do óleo. Sendo assim, foram escolhidas duas datas distintas (junho/2000 e dezembro/2000) para elaborar os MSA's da área nos respectivos meses.

Os dados importantes para a confecção dos MSA's desses meses, resgatados do BDG, foram inseridos em uma tabela semelhante à tabela do NOAA (Tabela 4.1), adaptando-se alguns parâmetros para melhor auxiliar na determinação do ISL (Tabelas 4.3 e 4.4).

A coluna *Perfil* que aparece na tabela refere-se aos perfis de praia medidos por alunos em suas pesquisas para realizar o monitoramento costeiro da área de estudo. Foram medidos 6 perfis em São Bento do Norte e Caiçara do Norte e 3 perfis em Galinhos e Galos. Dessa maneira, os perfis foram plotados no SIG através de suas coordenadas geográficas e na faixa intermediária entre eles foram desenvolvidos os mapas de sensibilidade. Os perfis de Galinhos encontram-se em um extremo e os de São Bento em outro.

4.3.1. Parâmetros necessários para elaboração dos mapas de sensibilidade

O principal fator na determinação da sensibilidade da costa é a geomorfologia (tipo de litoral), baseado em outros parâmetros como:

1. ***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 menor do que em ambientes abrigados. Portanto, quanto maior a exposição à energia de ondas e marés, menor é a sensibilidade ao óleo. Para determinar esse parâmetro, que pode ser ALTO, MÉDIO ou BAIXO, deve-se observar os seguintes aspectos:

1.1. Altura de Ondas: Quanto maior a onda, melhor para a limpeza.

Onda Baixa → < 25 cm

Onda Média → 25 cm a 1 m

Onda Alta → > 1 m

1.2. Direção da Corrente: A direção da corrente determinará a direção que o fluxo de óleo seguirá.

1.3. Velocidade da corrente de maré: As correntes criadas junto à costa podem migrar o óleo para a parte costeira e assim atingir a praia. Logo, quanto mais veloz a corrente, mais rápido esse óleo pode chegar à linha de costa.

2. ***Declividade do Litoral:*** A inclinação do litoral determina a extensão da zona intermaré. Leva-se em consideração a inclinação e a largura do estirâncio.

2.1. Inclinação: A importância principal do tipo de inclinação é o seu efeito na reflexão e quebra das ondas. Litorais muito inclinados caracterizam-se pelo tempo mínimo de permanência do óleo. Logo, quanto mais inclinado, melhor.

Inclinação Baixa → $< 5^\circ$

Inclinação Moderada → 5° a 30°

Inclinação Alta → $> 30^\circ$

2.2. Largura: Pode ser LARGA ou ESTREITA.

3. Tipo de Substrato: O tipo de substrato vai determinar ou afetar alguns parâmetros, como permeabilidade, mobilidade do sedimento e permanência do óleo, além da trafegabilidade de veículos.

3.1. Mobilidade do Sedimento: Pode ser BAIXA, ALTA ou FIXA de acordo com o tipo de substrato.

3.2. Penetração do óleo: Pode ser PERMEÁVEL, SEMI-PERMEÁVEL ou IMPERMEÁVEL.

3.3. Trafegabilidade: MUITO BAIXA, BAIXA, ALTA ou INTRAFEGÁVEL.

Após gerar as tabelas dos meses de junho e dezembro / 2000, foi possível perceber que existe uma variação no índice de sensibilidade da costa em função da variação sazonal. As diferenças percebidas em cada mês estão descritas abaixo:

MÊS DE JUNHO / 2000

1. SÃO BENTO DO NORTE – CAIÇARA DO NORTE

Perfil 1: ISL 2

- Principalmente pela existência de *beachrocks*, uma estrutura natural, que funciona como uma barreira ao óleo;
- Praia de areia média, com mobilidade do sedimento baixa e semi-permeável ao óleo;

- Inclinação do estirâncio moderada (16°) e largura considerada larga (17,6 m), valores considerados bons para o tempo mínimo de permanência do óleo;
- Grau médio de exposição à energia de ondas, pois estas são consideradas médias (45,2 cm) e correntes de maré com baixa velocidade (31 cm/s)

Perfil 2: ISL 3

- Praia de areia fina, com mobilidade do sedimento baixa e semi-permeável ao óleo;
- A faixa intermaré é bem larga (99,6 m), com uma inclinação inexistente do estirâncio (0°). A ausência de inclinação é favorável à fixação do óleo;

Perfil 3: ISL 3

- Praia de areia fina a média;
- Inclinação do estirâncio baixa (4°) e largura considerada larga (24,5 m);

Perfil 4: ISL 3

- Praia de areia fina a média;
- Inclinação do estirâncio baixa (3°) e largura considerada larga (28,5 m);

Perfil 5: ISL 3

- Praia de areia média, com mobilidade do sedimento baixa e semi-permeável ao óleo;
- Inclinação do estirâncio baixa (3°), favorecendo a fixação do óleo;

Perfil 6: ISL 3

- Praia de areia fina, mobilidade do sedimento baixa e semi-permeável ao óleo;
- Inclinação do estirâncio baixa (0°) e largura larga (18 m);
- Grau de exposição médio às ondas e energia de maré, com ondas médias de altura 40,1 cm e correntes de maré com baixa velocidade (7 cm/s)

2. GALOS - GALINHOS

Perfil AB: ISL 2

- Presença de beachrocks, paralelos à linha de costa, erodidos pela ação de ondas;
- Praia de areia média, com mobilidade do sedimento baixa e semi-permeável ao óleo;
- Inclinação do estirâncio moderada (15°) e largura considerada larga (60 m);
- Grau médio de exposição à energia de ondas, pois estas são consideradas médias (43,7 cm) e correntes de maré com baixa velocidade (24 cm/s)

Perfil BC: ISL 3

- Praia de areia fina, mobilidade baixa e semi-permeável ao óleo;
- Inclinação do estirâncio moderada (9°) e largura considerada larga (120 m);
- Grau médio de exposição à energia de ondas, pois estas são consideradas médias (44 cm) e correntes de maré com baixa velocidade (22 cm/s)

Área de Mangue: ISL 10

- Vegetação associada com alta diversidade biológica;
- Tipo de substrato propício à fixação do óleo;
- Não ocorre limpeza natural, é necessário limpeza manual.

MÊS DE DEZEMBRO / 2000

1. SÃO BENTO DO NORTE – CAIÇARA DO NORTE

Perfil 1: ISL 4

- Plataformas (beachrocks) erodidas pela ação de ondas;
- Correntes mais velozes (63 cm/s), com a altura de ondas considerada baixa (10,7 cm). Com uma direção de 270°, as correntes transportam o óleo paralelamente à linha de costa e as ondas baixas não tem energia suficiente para limpar a área;
- Estirâncio com declividade moderada (9°) e largura considerada larga (35 m);

Perfil 2: ISL 4

- Estirâncio com declividade moderada (8°) e largura larga (70 m);
- Praia de areia fina, com baixa mobilidade do sedimento e semi-permeável ao óleo;
- Nessa época, as correntes são velozes com altura de ondas pequenas. Isso leva ao aumento da sensibilidade.

Perfil 3: ISL 4

- Estirâncio com declividade moderada (8°) e largura larga (80 m);
- Correntes velozes com altura de ondas pequenas.

Perfil 4: ISL 4

- Estirâncio com declividade moderada (5°) e largura larga (20 m);
- Correntes velozes com altura de ondas pequenas.

Perfil 5: ISL 4

- Praia de areia média, mobilidade de sedimento baixa e semi-permeável;
- Declividade moderada (5°);
- Trafegabilidade Baixa;
- Correntes velozes com altura de ondas baixa.

Perfil 6: ISL 4

- Praia de areia média, mobilidade de sedimento baixa e semi-permeável;
- Declividade moderada (12°) e estirâncio largo (30 m);
- Trafegabilidade Baixa;
- Correntes velozes (50 cm/s) e ondas pequenas (14 cm). Grau de exposição baixo.

2. GALOS - GALINHOS

Perfil AB: ISL 3

- Presença de beachrocks, paralelos à linha de costa, erodidos pela ação de ondas;
- Grau de exposição baixo à energia de ondas, pois estas são pequenas (17,2 cm);

- Correntes velozes (68 cm/s) com direção paralela à linha de costa;
- Declividade do estirâncio moderada (5°) e largura considerada larga (40 m);
- Praia de areia fina a média, mobilidade baixa e semi-permeável.

Perfil BC: ISL 3

- Grau de exposição baixo à energia de ondas, pois estas são pequenas (16 cm);
- Correntes velozes (68 cm/s) com direção paralela à linha de costa;
- Declividade do estirâncio moderada (8°) e largura considerada larga (130 m);
- Praia de areia fina a média, mobilidade baixa e semi-permeável.

Área de Mangue: ISL 10

- Vegetação associada com alta diversidade biológica;
- Tipo de substrato propício à fixação do óleo;
- Não ocorre limpeza natural, é necessário limpeza manual.

DIFERENÇAS DO ÍNDICE DE SENSIBILIDADE ENTRE OS MESES DE JUNHO E DEZEMBRO/2000

1. SÃO BENTO DO NORTE – CAIÇARA DO NORTE

Perfil 1: Foi registrado ISL 2 em junho e em dezembro esse ISL aumentou para 4

O aumento do índice pode ser explicado por alguns parâmetros importantes:

- A altura de ondas diminuiu de 45,2 cm para 10,7 cm, diminuindo o grau de exposição à energia de ondas, sendo propício ao óleo permanecer mais tempo na área;
- A direção da corrente no mês de dezembro (270°), deixa o óleo muito mais próximo à costa do que o mês de junho (300°), que leva o óleo para a área offshore.
- Quanto mais veloz a corrente, mais rápido o fluxo do óleo. Em junho foi registrado uma intensidade de 31 cm/s e em dezembro 63 cm/s; logo, em dezembro, o óleo chegaria mais rápido à costa.

- Notou-se uma diminuição na declividade do estirâncio (de 16° para 9°). Fator esse favorável ao óleo.
- Aumento na largura do estirâncio (de 17,6 m para 35 m).

Perfis 2, 3, 4 e 5: Aumento do ISL 3 para ISL 4

Ao verificar esses 4 perfis nos meses de junho e dezembro, foi possível observar que a inclinação do estirâncio aumentou, enquanto que a largura diminuiu, o que poderia significar diminuição da sensibilidade. Em contrapartida, a velocidade das correntes aumentou e o tamanho de ondas diminuiu, o que sugere que o óleo pode chegar muito mais rápido à linha de costa, devido a forte corrente, e a permanência dele na área durar mais tempo, pois as ondas não teriam energia suficiente para limpar naturalmente o óleo.

Perfil 6: Aumento do ISL 3 para ISL 4.

- A altura de ondas diminuiu de 40,1 cm para 14 cm, diminuindo o grau de exposição à energia de ondas;
- A direção da corrente no mês de dezembro (290°), deixa o óleo muito mais próximo à costa do que o mês de junho (275°), que leva o óleo para a área offshore.
- Quanto mais veloz a corrente, mais rápido o fluxo do óleo. Em junho foi registrado uma intensidade de 7 cm/s e em dezembro 50 cm/s; logo, em dezembro, o óleo chegaria mais rápido à costa.
- Aumento na largura do estirâncio (de 18 m para 30 m).

2. GALINHOS - GALOS

Perfil AB: Aumento do ISL 2 para ISL 3

- A presença de beachrocks como barreira ao óleo continua válida no mês de dezembro, mas a altura de ondas diminuiu de 47,7 cm para 17,2 cm, fazendo com que o grau de exposição à energia de ondas diminua;
- Aumento da velocidade da corrente de 24 cm/s em junho para 68 cm/s em dezembro.

Perfil BC: Aumento do ISL 3 para ISL 4

- Diminuição da altura de ondas de 44 cm em junho para 16 cm em dezembro.
- Aumento da velocidade da corrente: 24 cm/s em junho para 68 cm/s em dezembro;
- Aumento na largura do estirâncio (de 120 m para 130 m).

Após determinar os índices de sensibilidade e avaliar as diferenças, foi possível gerar os mapas de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo dos meses de junho/2000 e dezembro/2000 (Figuras 4.3 e 4.4.). Na Figura 4.5 é dado um *zoom* nas áreas de São Bento do Norte e Caiçara do Norte para verificar a diferença de sensibilidade nos meses estudados. Na Figura 4.6 foi feita a mesma coisa para analisar as áreas de Galinhos e Galos. Toda essa etapa foi desenvolvida dentro do SIG utilizado (*ArcView 3.2*), a partir dos dados coletados e previamente armazenados.

Figura 4.3 - Mapa de Sensibilidade Ambiental a Derramamentos de Óleo - Baía Potiguar Proximidades do Pólo Petrolífero de Guamaré, RN (Junho / 2000)

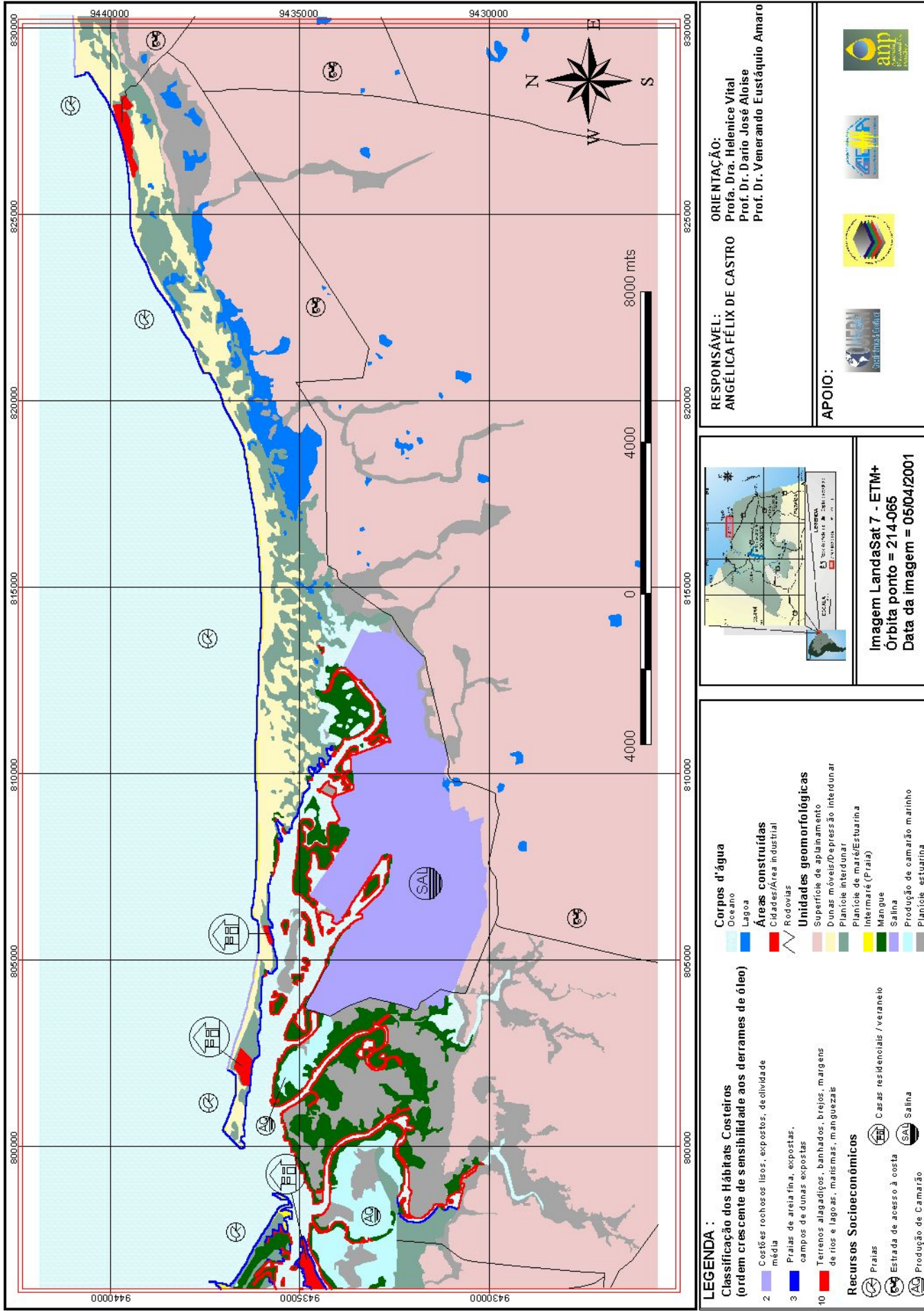
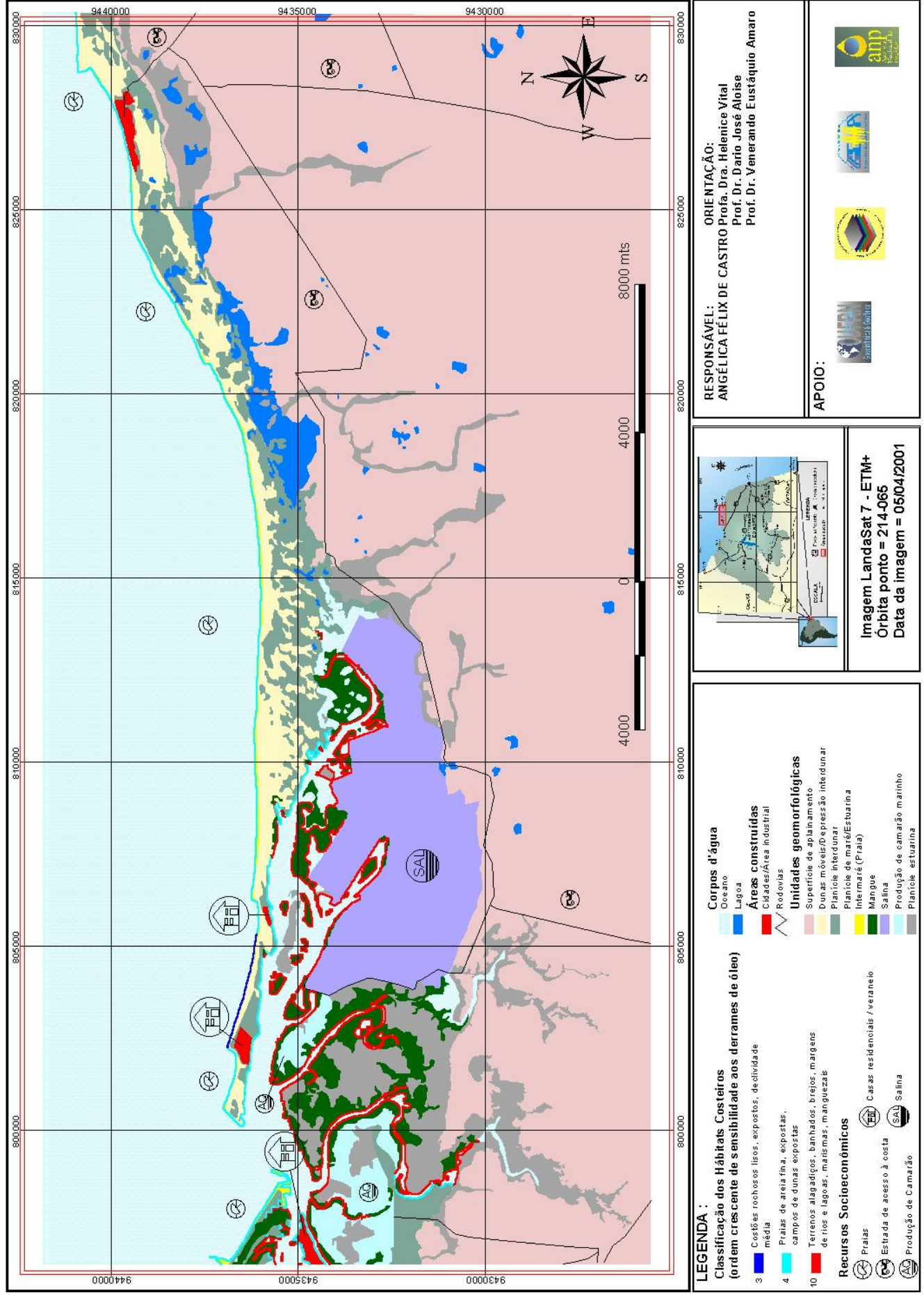
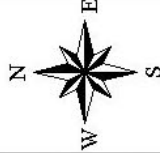
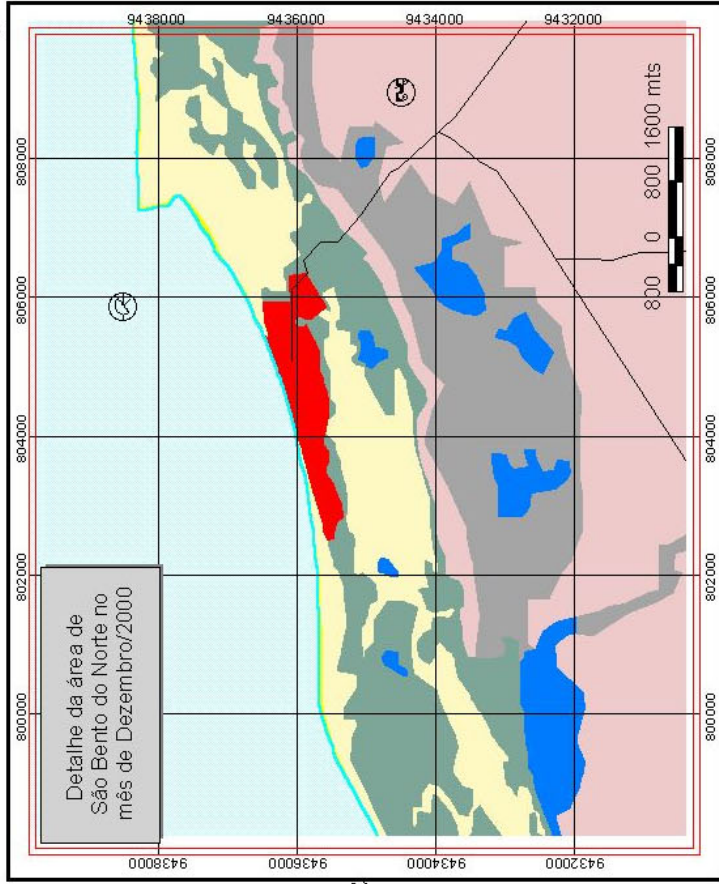
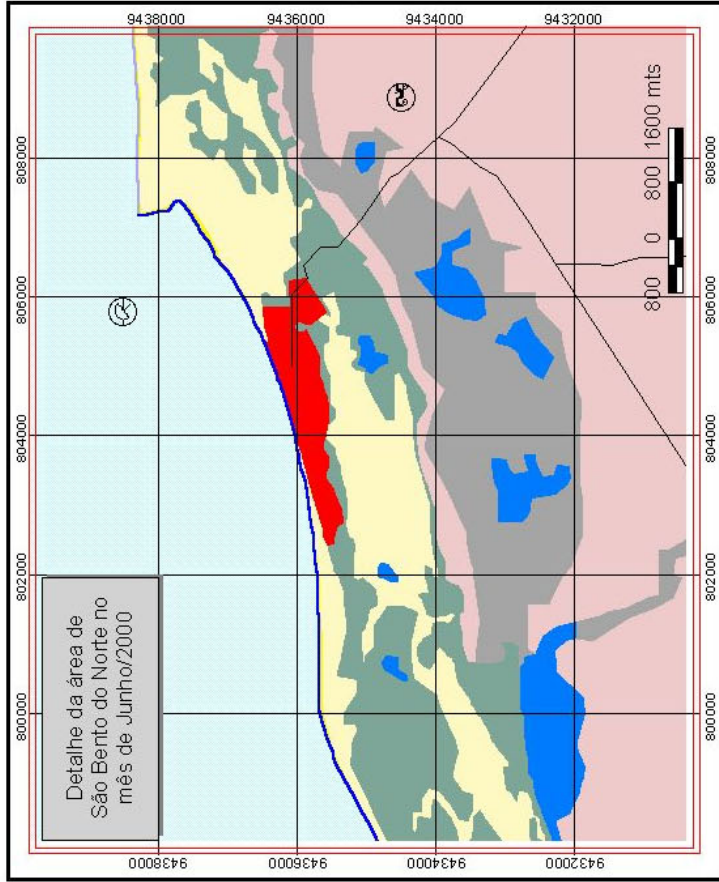


Figura 4.4 - Mapa de Sensibilidade Ambiental a Derramamentos de Óleo - Bacia Potiguar - Proximidades do Pólo Petrolífero de Guamaré, RN (Dezembro/ 2000)





LEGENDA :

Classificação dos Hábitats Costeiros (ordem crescente de sensibilidade aos derrames de óleo)

2. Costões rochosos lisos, expostos, declividade média

3. Praias de areia fina, expostas, campos de dunas expostas

4. Praias de areia grossa, praias inter mediárias, de areia fina a média, expostas

10. Terrenos alagadiços, banhados, brejos, margens de rios e lagos, marismas, manguezais

Recursos Socioeconômicos

Praias (P) Casas residenciais /veraneio (CR)

Estrada de acesso à costa (EAC) Salina (SA)

Produção de Camarão (C)

Corpos d'água

Oceano (O)

Lagoa (L)

Áreas construídas

Cidades/Área Industrial (AI)

Rodovias (R)

Unidades geomorfológicas

Superfície de aplainamento (SA)

Dunas móveis/de pressão interdunar (DM)

Planície interdunar (PI)

Planície de maré/Estuarina (PE)

Intermaré (Praia) (IP)

Mangue (M)

Salina (SA)

Produção de camarão marinho (CM)

Planície estuarina (PE)

RESPONSÁVEL:
ANGÉLICA FÉLIX DE CASTRO

ORIENTAÇÃO:
Prof. Dra. Heleneia Vital
Prof. Dr. Dario José Aiolás
Prof. Dr. Venerando Eustáquio Amaro

APOIO:

Imagem Landsat 7 - ETM+
Orbita ponto = 214-065
Data da imagem = 05/04/2001

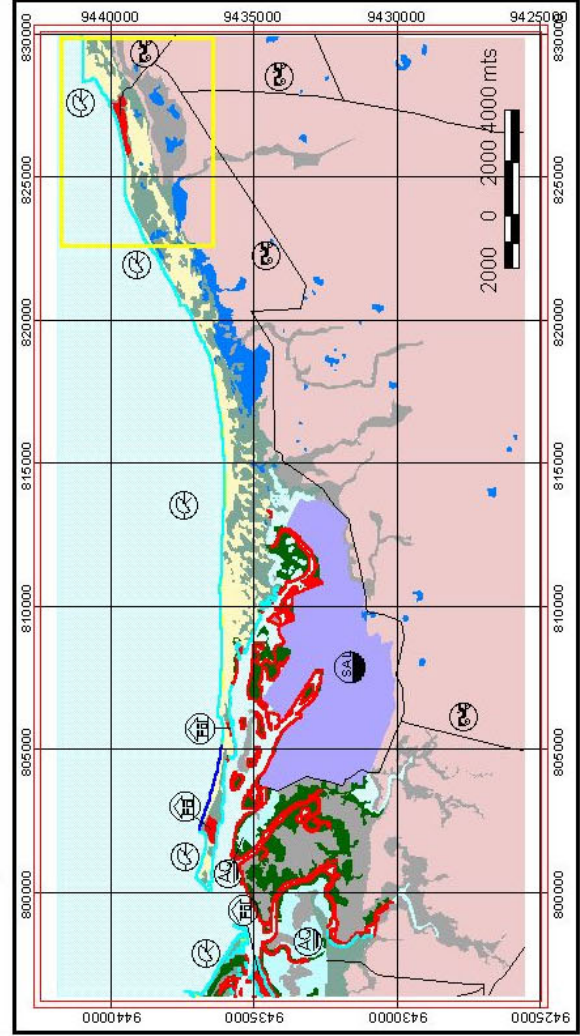
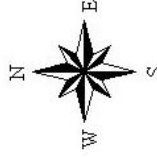
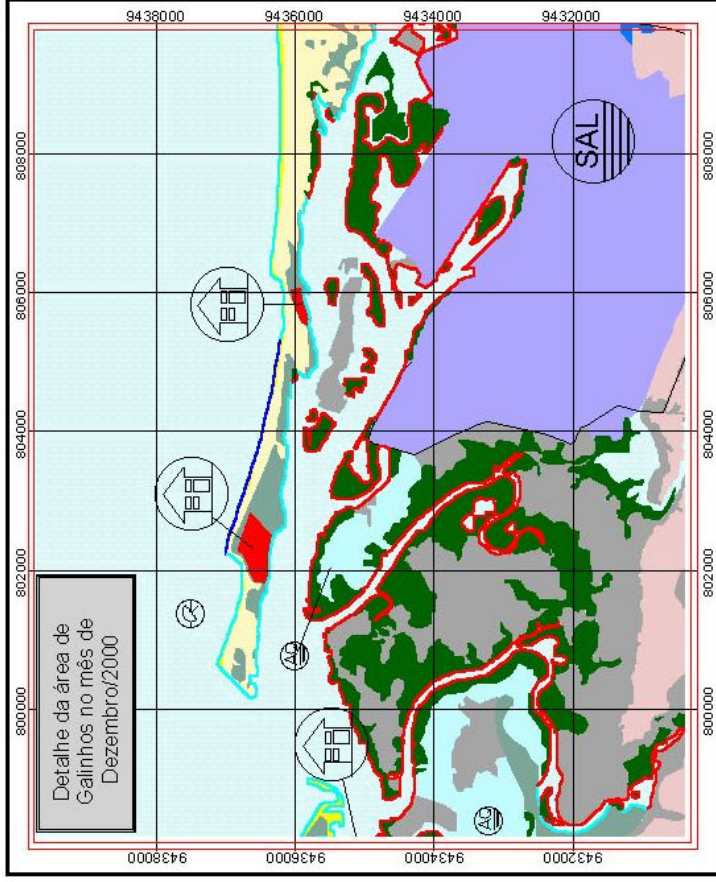
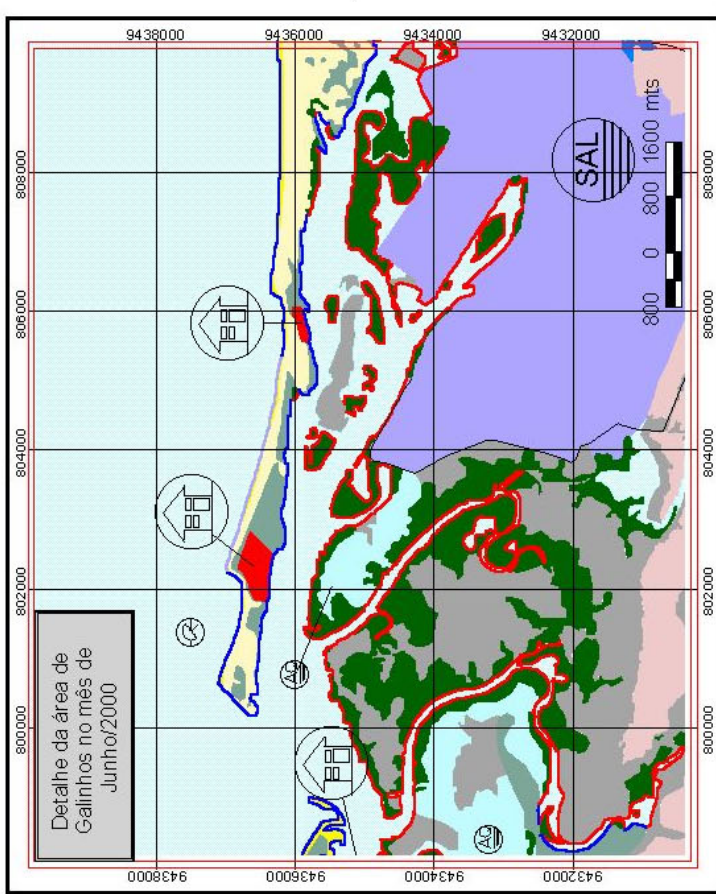


Figura 4.5 - Comparação entre os mapas de sensibilidade da área de São Bento do Norte e Caiçara do Norte nos meses de Junho/2000 e Dezembro/2000



LEGENDA :

Classificação dos Habitats Costeiros (ordem cres ciente de sensibilidade aos derrames de óleo)

- 2 Costões rochosos lisos, expostos, declividade média
- 3 Praias de areia fina, expostas, campos de dunas expostas
- 4 Praias de areia grossa, praias inter mediárias, de areia fina a média, expostas
- 10 Terrenos alagadiços, banhados, braços, margens de rios e lagoas, marismas, manguezais

Recursos Socioeconômicos

- Praias
- Casas residenciais /veraneio
- Estrada de acesso à costa
- Salina
- Produção de Camarão

Corpos d'água

- Oceano
- Lagoa

Áreas construídas

- Cidades/Área industrial
- Rodovias

Unidades geomorfológicas

- Superfície de aplainamento
- Dunas móveis/D depressão interdunar
- Planície interdunar
- Planície de maré/Estuária
- Intermaré (Prala)
- Mangue
- Salina
- Produção de camarão marinho
- Planície estuarina

RESPONSÁVEL:
ANGÉLICA FÉLIX DE CASTRO

ORIENTAÇÃO:
Prof. Dra. Helénice Vital
Prof. Dr. Dario José Aloise
Prof. Dr. Venerando Eustáquio Amaro

APOIO:

Imagem Landsat 7 - ETM+
Órbita ponto = 214.065
Data da imagem = 05/04/2001

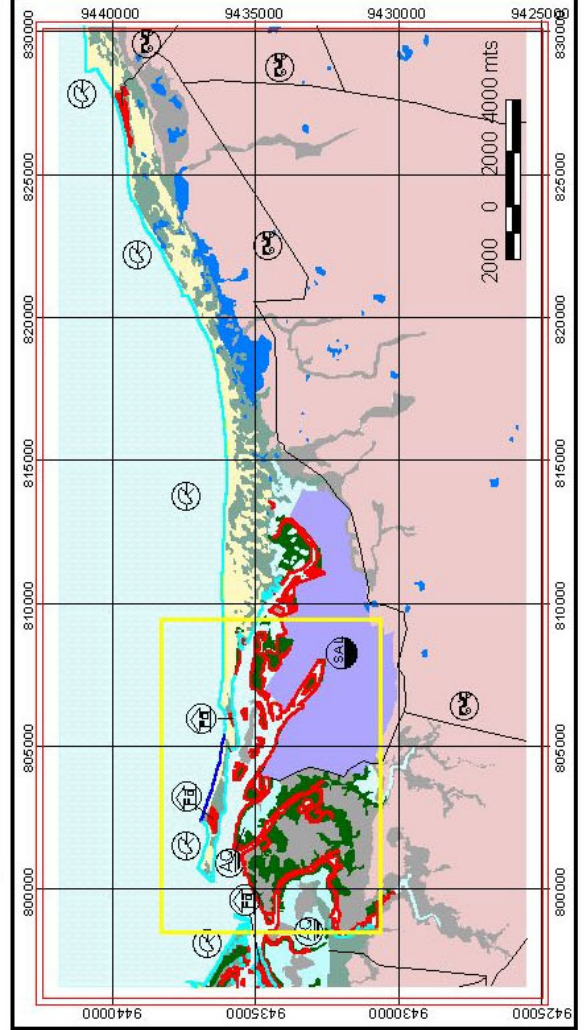


Figura 4.6 -Comparação entre os mapas de sensibilidade da área de Galinhos e Galos nos meses de Junho/2000 e Dezembro/2000

Capítulo 5.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

5. Considerações Finais

5.1. Conclusões

Ao longo do desenvolvimento desse trabalho, foi possível chegar a algumas conclusões importantes:

SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS E BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS

➤ O uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) é de vital importância no sentido de trabalhar com dados georreferenciados, dessa forma, é possível lidar com as informações espaciais e visualizar suas localizações geográficas na superfície terrestre;

➤ A implementação e o uso do SIG em qualquer instância não é considerada uma tarefa simples: é necessário uma precisão muito boa quando se trata de dados geográficos;

➤ O projeto e a implementação do SIG é uma atividade de longa duração; isso porque engloba diferentes aspectos, tais como sistema computacional (*hardware* e *software*), pessoal envolvido, tipos de dados e padrões de performance. Um SIG fornece meios através dos quais as informações geográficas pode ser usada para uma grande variedade de aplicações e por usuários de diversas habilidades

➤ A utilização de SIG em estudos ambientais costeiros mostrou-se satisfatório, pois foi possível visualizar os dados armazenados nas mais diversas formas: tabelas, gráficos, imagens, mapas, fotografias dentre outros.

➤ O Banco de Dados Geográficos (BDG), componente do SIG que armazena e recupera dados, é de fundamental importância quando se pretende trabalhar com dados espaciais e temporais, pois ele é capaz de armazenar informações geográficas que variam ao longo do tempo, permitindo uma análise temporal dos dados armazenados;

➤ O desempenho do SIG depende muito do BDG criado;

- A modelagem conceitual de um banco de dados geográficos é de extrema importância, visto que é nessa fase que são definidos todos os dados a serem inseridos no BDG, bem como todos os relacionamentos existente entre eles;
- O modelo conceitual utilizado, o *Geoframe*, atendeu às necessidades para se chegar ao objetivo do trabalho. Como se tratavam de vários tipos de dados, foi possível organizá-los em categorias e classes, de acordo com os parâmetros específicos do *Geoframe*;
- A modelagem conceitual foi bastante útil no desenvolvimento do BDG, pois facilitou a organização dos multidados e auxiliou na futura inserção deles no banco de dados;
- O software *ArcView GIS 3.2* adotado foi satisfatório ao armazenamento de dados e é uma ferramenta de fácil manipulação e visualização das informações espaciais;

MAPAS DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL AO DERRAMAMENTO DE ÓLEO

- A geração de mapas de sensibilidade ambiental para derramamento de óleo (MSA's) são ferramentas importantes para a identificação da sensibilidade da linha de costa diante da presença do óleo, bem como as atividades sócio-econômicas existentes e as medidas de proteção possíveis;
- Utilizando-se os dados espaciais armazenados e as vantagens que o SIG apresenta, foi possível gerar dois mapas de sensibilidade ambiental das áreas situadas entre Galinhos e São Bento do Norte, a fim de verificar se haveria alguma mudança no índice de sensibilidade em épocas diferentes (Junho/2000 e Dezembro/2000);
- Alguns dados foram primordiais na elaboração desses MSA's, tais como: geomorfologia da área, grau de exposição à energia de ondas e marés, parâmetro esse definido através da altura de ondas e energia de maré; declividade do litoral, ressaltando principalmente a largura e inclinação do estirâncio e o tipo do substrato existente no local, enfatizando principalmente a mobilidade do sedimento, a penetração do óleo e a trafegabilidade do local;
- Em junho / 2000 a sensibilidade variou de 2 a 3, tendo como valor máximo o índice 10 em zonas de manguezais e planícies estuarinas e em dezembro / 2000 o índice

de sensibilidade foi 4, também tendo como valor 10 as áreas de mangues e planícies estuarinas;

➤ Em linhas gerais, a linha de costa entre Galinhos e São Bento do Norte mostrou-se bem mais sensível durante o mês de dezembro do que durante o mês de junho. Isso pode ser explicado porque em junho os dados hidrodinâmicos (altura de ondas e direção de correntes), apresentaram-se mais propícios para uma limpeza natural e afastamento do óleo da costa;

5.2. Recomendações

De acordo com os resultados obtidos, algumas recomendações são sugeridas a fim de melhorar o trabalho e obter novos resultados:

➤ Continuidade ao monitoramento ambiental de áreas costeiras, em particular as áreas entre Galinhos e São Bento do Norte, com o objetivo de avaliar as modificações ocorridas no meio ambiente decorrente da atuação dos elementos do meio físico e antrópico;

➤ Continuidade no armazenamento de dados coletados no Banco de Dados Geográficos, de forma que essa ferramenta computacional seja a base para futuras consultas, atualizações, inserções e análises dos dados armazenados;

➤ Elaboração de “fichas de campo” para os pesquisadores levarem em seus trabalhos de campo e a padronização de dados de forma que isso facilite a inserção de dados distintos no BDG;

➤ Elaboração de mapas de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo da área de estudo em outras épocas do ano para avaliação do local e para tomadas de decisão relacionadas ao plano de contingência de limpeza do óleo;

➤ Relacionamento entre os mapas de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo desenvolvidos com os mapas elaborados pelo Ministério do Meio Ambiente e pela Petrobrás;

➤ Disponibilidade do banco de dados e dos mapas de sensibilidade ambiental via Web;

➤ Desenvolvimento de um modelo matemático que determine os ISL's e gere Mapas de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo de maneira automática, sendo possível realizar a simulação de um derramamento de óleo na área.

REFERÊNCIAS

BIBLIOGRÁFICAS

Referências Bibliográficas

- ANCAP - Administracion Nacional de Combustibles Alcohol y Portland. 2001. *Mapas de Sensibilidade Ambiental*. Disponível em: <<http://www.ancap.com.uy/portugues/mapadese.htm>>. Acesso em: 09 nov. 2001.
- Bahr H.P., Karlsruhe. 1999. GIS Introduction. In: Bahr H.P. e Vogtle T. (eds.) *GIS for Environmental Monitoring*. Alemanha, 1-9.
- Barcelos I.O. 1999. *Geoprocessamento*. Revista Bate Byte. Ed. 92. Novembro/1999. Disponível em: <<http://www.pr.gov.br/celepar/celepar/batebyte/edicoes/1999/bb92/geop.htm>>. Acesso em: 20 mai. 2002.
- BDT – Base de Dados Tropical. 2002. *Entendendo o Meio Ambiente*. Disponível em: <<http://www.bdt.fat.org.br/sma/entendendo/intern1>>. Acesso em: 15 jun. 2002.
- Caldas L.H. de O. 1996. *Geologia Costeira da Região de São Bento do Norte e Caiçara, Litoral Potiguar*. Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Relatório de Graduação, 83 p.
- Caldas L.H. de O. 1998. *Estudo Geológico e Geofísico da Falha de Carnaubais, Bacia Potiguar – RN e Implicações Neotectônicas*. Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Dissertação de Mestrado, 89 p.
- Câmara G., Casanova M., Hemerly A., Magalhães G., Medeiros C. 1996. *Anatomia de Sistemas de Informações Geográficas*. In: Escola de Computação, IX. Campinas, SP. **Livro On Line**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/anatomia.pdf>>. Acesso em: 26 set. 2001.
- Câmara G., Medeiros J.S. 1998. Princípios Básicos em Geoprocessamento. In: Assad E.D. e Sano E.E. (eds.) *Sistemas de Informações Geográficas: Aplicações na Agricultura*. Brasília, DF, 3-11.
- Caron C., Bédard Y. 1993. Extending the individual formalism for a more complete modeling of urban spatially referenced data. In: *Computers, Environment and Urban Systems*, v.17, 337-346.
- Costa N.M.C. 1999. *O Geoprocessamento nos Estudos de Impactos Ambientais: Uma Análise Crítica*. Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Exame de Qualificação, 11p.
- Cunha J. de A. da. 2001. *A Gestão Municipal através de tecnologias de*

- Geoprocessamento e Cadastro Urbano – Gerenciamento de Dados Físicos e Sócio-Econômicos do Município de Serra Negra do Norte – RN*. Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Dissertação de Mestrado, 107 p.
- Dantas E.P. 1998. *Gravimetria e Sensoriamento Remoto: Uma Aplicação ao Estudo da Tectônica Recente entre Macau e São Bento do Norte (RN)*. Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Dissertação de Mestrado, 97 p.
- Davis Junior. C. A. 2000. *Múltiplas Representações em Sistemas de Informação Geográficos*. Pós-Graduação em Ciências da Computação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Tese de Doutorado, 106 p.
- ECOPLAM - Empresa de Consultoria e Planejamento Ambiental. 1990. *Diagnóstico das condições ambientais do sistema estuarino-lagunar de Galinhos/RN*. Natal, RN.
- Einig C. 2000. *Sediment Dynamics of the Galinhos Spit (NE – Brazil)*. Institute of Geosciences, Christian Albrechts University, Kiel, Alemanha, Dissertação de Mestrado, 106 p.
- ESRI - Environmental Systems Research Institute. 1996. *ArcView GIS – The Geographic Information System for Everyone*. Tutorial do Usuário. 340 p.
- Fator GIS On Line. 2001. *O Que É Geoprocessamento?... E o Que Isto Tem a Ver Com Você?* Disponível em <<http://www.fatorgis.com.br/geoproc/ajuda.htm>>. Acesso em: 24 set. 2001.
- Felipe J.L.A., Carvalho E.A. de. 1999. *Atlas Escolar do Rio Grande do Norte*. 1 ed. João Pessoa, Editora GRAFSET, 96 p.
- Filho J.L. 1997. *Modelos Conceituais de Dados para Sistemas de Informações Geográficas*. Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Exame de Qualificação, 121 p.
- Filho J.L., Iochpe C., Hasenack H., Weber E. J. 1999. *Modelagem Conceitual de Banco de Dados Geográficos: o estudo de caso do Projeto PADCT / CIAMB*. In: Banco de Artigos, Centro de Recursos Idrisi, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <<http://www.ecologia.ufrgs.br/idrisi/artigos/>>. Acesso em: 24 set. 2001.
- Filho J.L. 2000. *Projeto Conceitual de Banco de Dados Geográficos através da reutilização de Esquemas, utilizando Padrões de Análises e um Framework Conceitual*. Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Tese de Doutorado, 212 p.

- Freire L.B. 2001. *Modelagem UML de sites de Leilão Virtual*. Departamento de Informática e Matemática Aplicada, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Relatório de Graduação, 72 p.
- GEOPRO – Laboratório de Geoprocessamento – Programa de Pós Graduação em Geodinâmica e Geofísica. 2002. *2ª Etapa: Diagnóstico e vulnerabilidade ambiental dos estuários do litoral norte e seus entornos*. Relatório Parcial do Zoneamento Ecológico-Econômico dos Estuários do Estado do Rio Grande do Norte e seus Entornos. Natal, RN.
- Gomes M.K.N.F. 1997. *Sistemas de Informações Geográficas como Base da Interface do Sistema SAGRI - Sistema Inteligente de Apoio à Atividade Agrícola*. Departamento de Informática e Matemática Aplicada, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Relatório de Graduação, 52 p.
- Gomes A. N., Gomes M.N., Marques Júnior S, Ramos R.E. 2001. *Sistema de Gestão Integrada: Uma estratégia competitiva para o setor do petróleo*. In: Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, 1º. Natal. **Anais...** Resumos. Natal / RN, v. 1, p. 254.
- Grigio A.M., Castro A.F, Souto M.V.S., Amaro V.E., Vital H. 2001. *Análise e integração de imagens óticas na caracterização multitemporal do uso do solo como apoio para confecção do mapa de susceptibilidade ambiental do município de Guamaré-RN*. In: Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, 1º. Natal. **Anais...** Resumos. Natal / RN, v. 1, p. 241.
- Guedes I.M.G. 2002. *Mapeamento da área de influência dos dutos de gás e óleo do Pólo de Guamaré (RN)*. Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Relatório de Graduação, 78 p.
- Gundlach, E.R., Hayes M. 1978. Classification of coastal environments in terms of potential vulnerability to oil spill damage. *Marine Technology Society Journal.*, **12(4)**:18-27.
- Henriques A.P.M. 2000. *Teoria dos Grafos e Sistemas de Informações Geográficas: Uma Alternativa de Integração*. Mestrado em Sistemas e Computação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Dissertação de Mestrado, 146 p.
- Heuser C.A. 2001. *Projeto de Banco de Dados*. 4 ed. Porto Alegre, Editora Sagra Luzzato, 204 p.
- Houaiss A. (Ed.). *Melhoramentos – Dicionário da Língua Portuguesa*. Colaboração Brasilino Feliciano da Silva Junior. São Paulo: 1988.
- Hustedt S. 2000. *Aeolian morphodynamics in the region of São Bento do Norte on the NE-coast of Brazil*. Institute of Geosciences, Christian Albrechts University, Kiel, Germany, M.Sc. Thesis, 69 p.

- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2002. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 jun. 2002.
- IDEMA - Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do RN. 1999a. *Informativo Municipal – Galinhos*. Natal, RN. v. 05. p. 1-14.
- IDEMA - Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do RN. 1999b. *Informativo Municipal – São Bento do Norte*. Natal, RN. v. 05. p. 1-14.
- INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2002. *Tutorial on line do software SPRING 3.6*. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/usuario/indice.htm>>. Acesso em: 14 jun. 2002.
- Junior C.A.D. 1999. *Múltiplas Representações em Bancos de Dados Geográficos*. In: Banco de Artigos, Fator Gis On line, Curitiba. Disponível em: <<http://www.fatorgis.com.br/artigos/coleta/multiplas/multiplas.htm>>. Acesso em: 28 mai. 2001.
- Kosters G., Pagel B., Six H. 1997. GIS – Application Development with GeOOA. *International Journal of Geographical Information Science*. Londres. v.11, nº 4.
- Larman C. 2000. *Utilizando UML e Padrões – Uma introdução à análise e ao projeto orientados a objetos*. Trad.Luiz A. Meirelles Salgado. 1 ed. Porto Alegre, Bookman, 491p.
- Lisboa Filho J. 2002. *Estruturação e Modelagem de Bancos de Dados para GIS*. Curso ministrado no GIS Brasil 2002 – Curitiba / PR.
- Lima Z.M.C. 1993. *Estudo Comparativo e Caracterização Ambiental da Península de Galinhos – RN*. Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Monografia de Graduação, 91 p.
- Lima Z.M.C., Amaro V.E., Vital H. 2000. *Dinâmica Ambiental da Península de Galinhos – RN (NE Brasil)*. In: Simpósio Brasileiro sobre Praias Arenosas: morfodinâmica, ecologia, usos, riscos e gestão. Itajaí. **Anais...** Resumos. Itajaí / SC, v. 1, p. 137-138.
- Lima Z.M.C., Amaro V.E., Vital H. 2001. *Monitoramento da Variação da linha de costa de Galinhos / RN utilizando fotografias aéreas e imagens Landsat5 TM e Landsat 7 ETM +*. In: Congresso da Abequa, VIII. Imbé. **Anais...** Resumos. Imbé / RS, v. 1, p. 551-552.
- Lima Z.M.C. 2002. *Caracterização da dinâmica ambiental da região costeira do município de Galinhos, litoral norte do RN*. Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Exame de Qualificação, 30 p.

- Lisboa Filho J., Iochpe C., Garaffa I.M. 1997. Modelos conceituais de dados para aplicações geográficas: uma experiência com um SIG interinstitucional. In: Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento, 4, São Paulo, *Anais...* Disponível em: <<http://www.dpi.ufv.br/~jugurta/papers/ivsbg97.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2001.
- Mafra L.C.de A.M. 2002. *Caracterização Geológica e Geomorfológica do Município de Porto do Mangue/RN com vistas à elaboração do Mapa de Sensibilidade do Litoral ao Derramamento de Óleo*. Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Relatório de Graduação, 65 p.
- Matta E.N. da, Concilio R. 1999. *Automação no Ensino*. Disponível em <<http://www.dca.fee.unicamp.br/~paulo/grad/eduardo/automa~1.htm>>. Acesso em: 06 nov. 2001.
- MPEG – Museu Paraense Emílio Goeldi. 2001. *Manguezais paraenses: Recursos naturais, usos sociais, e indicadores para a sustentabilidade*. Relatório Final. Coordenação: Dra. Maria Thereza Prost. Pará.
- Medeiros C.B., Pires F. 1998. Bancos de Dados e Sistemas de Informações Geográficas. In: Assad E.D. e Sano E.E. (eds.) *Sistemas de Informações Geográficas: Aplicações na Agricultura*. Brasília, DF, 31-45.
- Meneguette A. 2000. Geoprocessamento: O Contexto. In: *Courseware em Ciências Cartográficas*. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Campus de Presidente Prudente, São Paulo. Disponível em: <http://www.prudente.unesp.br/dcartog/arlete/hp_arlete/courseware/intgeo_2.htm> Acesso em: 05 nov. 2001.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. 2002. *Especificações e Normas Técnicas para Elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derramamentos de Óleo*. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Qualidade Ambiental nos Assentamentos Humanos, Programa de Proteção e Melhoria da Qualidade Ambiental, Projeto de Gestão Integrada dos Ambientes Costeiro e Marinho.
- NOAA - *National Oceanic and Atmospheric Administration*. 2002. Disponível em <<http://www.noaa.gov>>. Acesso em: 12 jun. 2002.
- Oliveira J. L., Pires F., Medeiros, C.B. 1997. *UAPÉ – An environment for integrated modelling and analysis of geographic information*. Geoinformática, 1(1):1-32.
- Preto A.G., Tanaka A.K., Campos M.L.M. 1999. *MetaSIG: Ambiente de Metadados para Aplicações de Sistemas de Informações Geográficas*. In: Moura A.M.C. e Peixoto M.V. (eds.). Relatório Técnico N° 048/DE9/99. Departamento de Engenharia de Sistemas, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 22 p. Disponível em: <<http://ipanema.ime.eb.br/~de9/RelTec/1999/Rt048-99.PDF>>. Acesso em: 25 mai. 2001.

- Ramalho R. 2000(a). *Que futuro esperar para o ouro negro?*. Revista Ciência Hoje. Dezembro. Disponível em: <<http://www.uol.com.br/cienciahoje/especial/naturais/petro1.htm>>. Acesso em: 20 mai. 2002.
- Ramalho R. 2000(b). *Petróleo e Meio Ambiente*. Revista Ciência Hoje. Dezembro. Disponível em: <<http://www.uol.com.br/cienciahoje/especial/naturais/petro4.htm>>. Acesso em: 20 mai. 2002.
- Secretaria de Recursos Hídricos. 2001. *Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Norte*. Disponível em: <<http://www.serhid.rn.gov.br/detalhe.asp?IdPublicacao=151>>. Acesso em: 07 nov. 2001.
- Sendra J.B. 1992. Evaluacion del Impacto Ambiental. In: *Sistemas de Información Geográfica*. Cap. XVIII. Editora Rialp, S.A. Madri, Espanha, 366-370.
- Silveira I.M. 2002. *Estudo evolutivo das condições ambientais da região costeira do município de Guamaré – RN*. Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Dissertação de Mestrado, 172p.
- Tabosa W.F. 2000. *Dinâmica costeira da região de São Bento do Norte e Caiçara do Norte – RN*. Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Monografia de Graduação, 76 p.
- Tabosa W.F. 2001. *Monitoramento Costeiro das Praias de São Bento do Norte e Caiçara do Norte (RN)*. Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Exame de Qualificação, 13 p.
- Thomas J.E. 2001. *Fundamentos de Engenharia de Petróleo* 1 ed. Rio de Janeiro, Editora Interciência, 271 p.
- Times V.C., Salgado A.C. 1994. Uma Modelagem Orientada a Objetos para Aplicações Geográficas. In: Simpósio Brasileiro de Banco de Dados, IX. São Carlos. **Anais...** São Paulo / SP, v.1, 1992.
- Thome R. 1998. *Interoperabilidade em Geoprocessamento: Conversão entre Modelos Conceituais de Sistemas de Informação Geográfica e Comparação com o padrão Open Gis*. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, Dissertação de Mestrado, 200 p.
- TRIBUNA DO NORTE 2002. Produção Mundial: Brasil é o 15º produtor de petróleo. *Jornal Tribuna do Norte*, Natal, 04 ago. 2002. Caderno de Economia. p. 06

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)