



2º CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM PETRÓLEO & GÁS

DESENVOLVIMENTO DE UM BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS E SUA UTILIZAÇÃO NA ELABORAÇÃO DE MAPAS DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL AO DERRAMAMENTO DE ÓLEO NA ÁREA COSTEIRA ENTRE GALINHOS E SÃO BENTO DO NORTE – RN

Angélica Félix de Castro, Venerando Eustáquio Amaro, Helenice Vital e Dario José Aloise

Programa de Recursos Humanos da Agência Nacional do Petróleo
“Formação em Geologia, Geofísica e Informática no Setor Petróleo & Gás na UFRN”
PRH - 22
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Av. Salgado Filho, s/n. Lagoa Nova
Campus Universitário – CEP: 59078-970 – Caixa Postal: 1596

Resumo - As áreas costeiras localizadas na parte setentrional do Estado do Rio Grande do Norte, especificamente entre os municípios de Galinhos e São Bento 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, é importante ressaltar a proximidade ao Pólo Petrolífero de Guamaré, o maior produtor terrestre de petróleo do Brasil. A primeira parte desse trabalho consistiu em elaborar e desenvolver um Banco de Dados Geográficos (BDG), a fim de armazenar todos os dados existentes da área de estudo, tais como dados geológicos e geofísicos, dados hidrodinâmicos, produtos de sensoriamento remoto, mapas temáticos, entre outros. A segunda etapa deste trabalho objetivou desenvolver a partir dos dados previamente armazenados no BDG, Mapas de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo (Mapas SAO). Esses mapas avaliam a reação de uma determinada localidade caso ocorra um derramamento de óleo nela, fornecendo informações necessárias à tomada de decisão para limpeza e remoção do óleo derramado. Neste sentido, foram elaborados Mapas SAO da área de estudo em épocas distintas para avaliar se haveria mudança do comportamento do litoral diante da presença do óleo.

Palavras-chaves: Bancos de Dados Geográficos, Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo, Monitoramento Ambiental.

Abstract - The coastal areas located in the northern coast of the Rio Grande do Norte State, specifically between the districts of Galinhos e São Bento do Norte, characterized by constant processes of coastal and eolic transport, causing erosion, alterations in the sediments and modifications in the coast line. Beyond of those natural factors, there is the proximity to Pólo Petrolífero of Guamaré, the largest terrestrial producer of petroleum of Brazil. The first part of that work consisted of to elaborate and to develop a Geographical Database (BDG), to store all the existent data of the study area, such as geological and geophysical data, hydrodynamic data, products of remote sensing, thematic maps, among others. The second stage of this work aimed to develop starting from the data previously stored in BDG, Oil-Spill Environmental Sensitivity Maps (Maps SAO). Those maps evaluate the reaction of the certain place if to happen an oil spill in her, supplying necessary information to the decision in cleaning and removal of the spilled oil. In that way, Maps SAO of the study area were elaborated in different teams to evaluate if there would be change of the behavior of the coast in the presence of the oil.

Keywords: Geographical Databases, Oil-Spill Environmental Sensitivity Maps, Monitoring Environmental.

1. Introdução

A área costeira situada entre os municípios de Galinhos e São Bento do Norte, localizados na porção setentrional do estado do Rio Grande do Norte, é fortemente marcada por processos costeiros deposicionais e erosionais causados pela ação conjunta dos ventos, correntes, ondas e marés (Hustedt 2000); com uma presença marcante de *beachrocks* na área (Caldas 1996).

Além dessas características naturais, a área de estudo localiza-se a Este do Pólo Petrolífero de Guararé, o maior produtor terrestre de petróleo no Brasil, localizado no município de Guararé-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 Guararé 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 Guararé, seis oleodutos e gasodutos ligando as instalações em terras aos campos de Agulha e Ubarana e dois emissários (Guedes e Vital 2001). Devido a essa proximidade geográfica, a área estudada sofre forte influência do Pólo e é altamente suscetível à presença do óleo caso ocorra um derramamento em Guararé (Castro 2002). A Figura 1 exhibe a área de estudo e a localização do Pólo Petrolífero de Guararé.

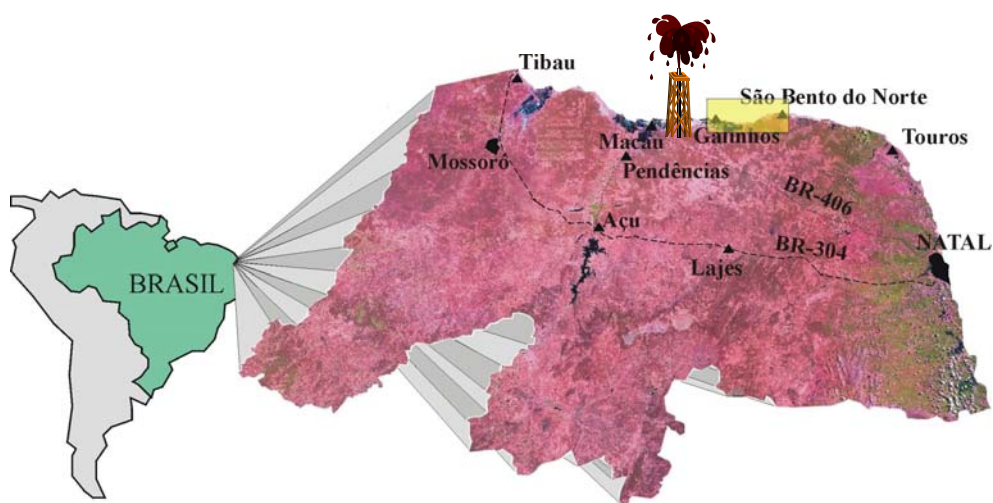


Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo e o Pólo Petrolífero de Guararé.

2. Objetivos

O presente trabalho apresenta dois objetivos principais:

1º) 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 de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

2º) Elaboração de Mapas de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo (Mapas SAO) para esta região, a partir dos dados geográficos armazenados no BDG, como suporte à 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.

3. Metodologia Aplicada

3.1. Desenvolvimento do Banco de Dados Geográficos

O primeiro passo no desenvolvimento de um Banco de Dados Geográficos (BDG) é a modelagem conceitual, que consiste em identificar *quais* elementos do mundo real serão armazenados no BDG. Nesta fase, não são considerados aspectos de implementação e quais sistemas de computação (*software/hardware*) que serão utilizados. O segundo passo é o modelo lógico, gerado a partir do modelo conceitual. 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. E, por fim, o modelo físico, onde 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 (Gomes 97, Filho 2000 e Heuser 2001).

A modelagem conceitual adotada nesse trabalho foi o modelo *Geoframe*, desenvolvido pelo grupo de pesquisa em banco de dados geográficos do Instituto de Informática da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

O GeoFrame é um *framework*¹ conceitual que fornece um diagrama de classes básicas para auxiliar o projetista na modelagem conceitual de dados geográficos (Filho 2000). Esse conceito de diagramas de classe baseia-se na notação UML (*Unified Modeling Language*); que é uma linguagem própria para modelagem de sistemas, usando conceitos orientados a objetos (Larman 2000).

O *Geoframe* é composto basicamente por 3 etapas: 1ª) Identificação da área geográfica e dos diversos temas (e subtemas) a serem projetados; 2ª) Definição de um subesquema de classes para cada tema identificado. Ainda nessa etapa, é feita a especificação das associações entre classes de diferentes temas. 3ª) São realizadas a análise e modelagem do tipo de representação espacial de cada fenômeno geográfico identificado. Dessa maneira, os dados da área entre Galinhos e São Bento do Norte, oriundos de várias fontes distintas, foram organizados em categorias. Devido a isso, procurou-se agrupa-los de acordo com suas características semelhantes (Castro2002):

- 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 (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*).

Nos níveis seguintes, cada categoria dessa foi detalhada descrevendo-se as classes pertencentes à cada categoria, seus inter-relacionamentos e seus atributos. Uma vez descrita a modelagem conceitual, foi possível implementar o BDG seguindo-se os modelos lógico e físico.

3.2. Elaboração de Mapas de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo


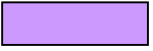




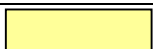



A sensibilidade da linha de costa classifica as seções do litoral em habitats, de acordo com suas características geomorfológicas, sensibilidade a derramamentos de óleo, persistência natural de óleo e condições de limpeza / remoção. O sistema de classificação de sensibilidade é baseado no conhecimento das características geomorfológicas das áreas do litoral, considerando fatores como: grau de exposição à energia de ondas e marés; declividade do litoral e tipo do substrato, afetando sua permeabilidade e mobilidade.

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

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

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.

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

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

Para desenvolver os Mapas SAO, foi necessário o acesso ao BDG previamente construído para resgatar dados essenciais na construção desse tipo de mapa. Informações como morfologia da área, declividade do litoral, tipo do substrato e parâmetros hidrodinâmicos como altura de ondas e marés e direção da corrente litorânea foram imprescindíveis para o resultado final. O mapa de geomorfologia foi gerado a partir da imagem de satélite por meio de um sistema de informação geográfica e através de viagens de campo periódicas realizadas por Tabosa (2001) e Lima (2002). Os parâmetros coletados nessas viagens serviram como base para auxiliar na confecção dos mapas, visto que podem influenciar de maneira positiva ou negativa diante da presença do óleo (Castro 2002):

1. **Grau de exposição à energia de ondas e marés:** Quanto maior a exposição à energia de ondas e marés, menor é a sensibilidade ao óleo.
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.
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.

A partir da análise desses parâmetros essenciais, foi possível definir o ISL da área entre Galinhos e São Bento do Norte, verificando o nível de sensibilidade do local à presença do óleo. Quanto maior o valor, maior é a sensibilidade.

Além disso, são igualmente importantes nos Mapas SAO as atividades sócio-econômicas que caracterizam a ocupação dos espaços e os usos dos recursos costeiros e marinhos, como o turismo, a pesca, a aqüicultura e o extrativismo costeiro, freqüentemente sensíveis aos impactos por derramamentos de óleo; e 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 (MMA 2002).

Sendo assim, foram desenvolvidos mapas de sensibilidade em épocas diferentes (junho/2000 e dezembro/2000) da área de estudo para verificar se haveria mudança de comportamento do litoral diante da presença do óleo.

4. Resultados

Com relação ao Banco de Dados Geográficos desenvolvido, este foi de fundamental importância para trabalhar com dados espaciais e temporais, pois ele tem a capacidade de armazenar informações geográficas que variam ao longo do tempo, permitindo uma análise temporal dos dados armazenados. O modelo conceitual utilizado, o

Geoframe, atendeu às necessidades para se chegar ao objetivo do trabalho, pois, como se tratavam de vários tipos de dados, foi possível organizá-los em categorias e classes, de acordo com os parâmetros específicos do *Geoframe*.

Quanto aos Mapas SAO da área de estudo nos meses de Junho/2000 e Dezembro/2000, foi elaborada uma tabela de dados final, a partir dos dados específicos, exibindo todos os ISL's da área. (Tabela 2).

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

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

Após determinados os ISL's da região, estes puderam ser visualizados no mapa de geomorfologia (Figuras 2 e 3).

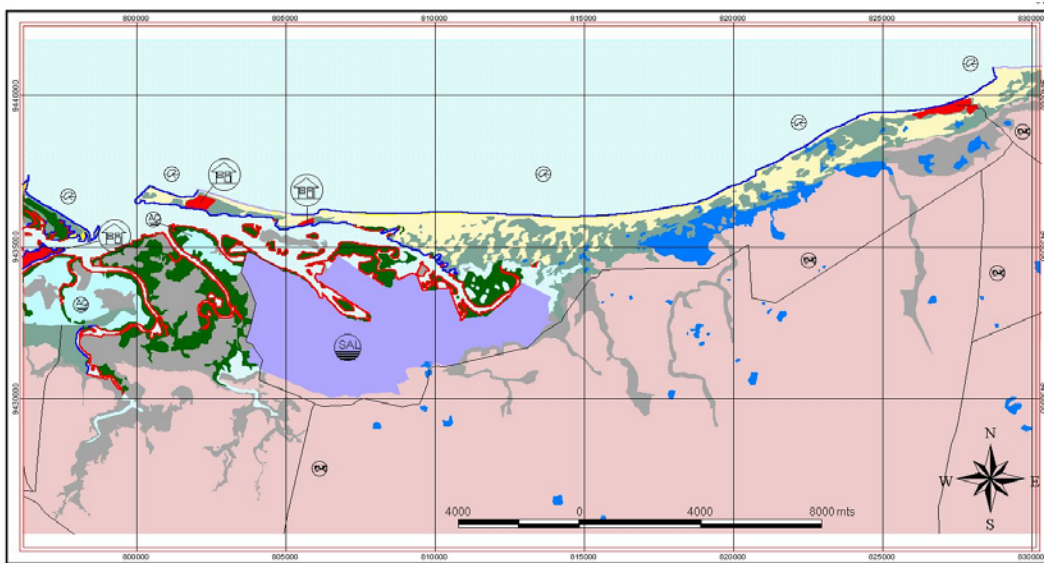


Figura 2 – Mapa Geomorfologia da área com os ISL's do mês de Junho/2000 (ISL 2 (■), 3 (■) e 10 (■)).

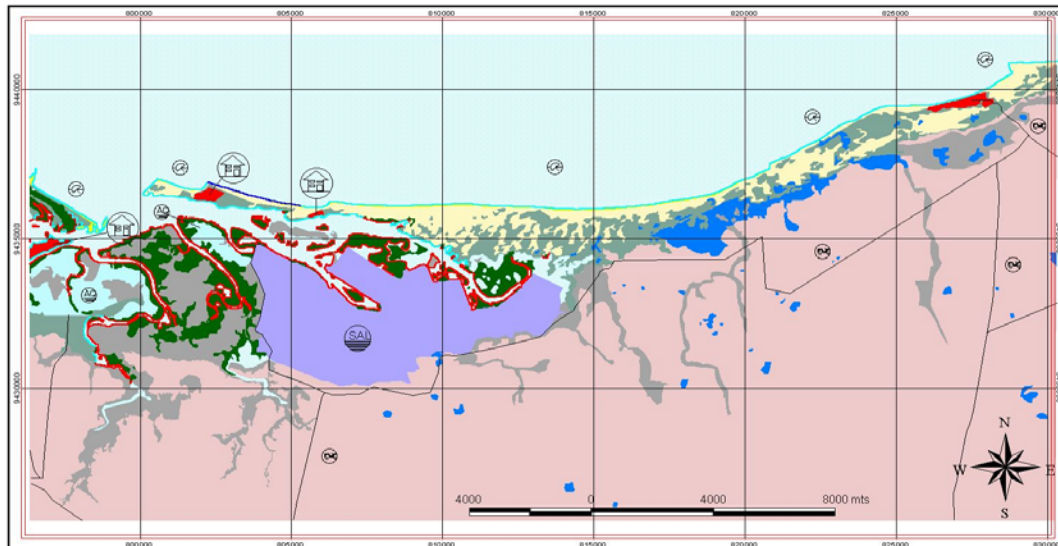


Figura 3 – Mapa de geomorfologia da área com os índices de sensibilidade do mês de Dezembro/2000 (ISL 3 (■), 4 (■) e 10 (■)).

É percebida uma diferença no nível de sensibilidade da área de estudo nas duas épocas verificadas. Em linhas gerais, ocorreu um aumento do ISL de dezembro em relação a junho. 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. Dessa maneira, pode-se concluir que um derramamento de óleo na área de estudo no mês de dezembro seria muito mais prejudicial à área do que se o derramamento acontecesse no 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. Agradecimentos

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

6. Referências Bibliográficas

- CALDAS, L.H. de O. *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. 1996.
- CASTRO, A. F. *Modelagem e Desenvolvimento de um Banco de Dados Geográficos: Aplicação à elaboração de Mapas de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo na área costeira entre Galinhos e São Bento do Norte – RN*. Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Dissertação de Mestrado, 80 p. 2002.
- FILHO, J.L. *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. 2000.
- GOMES, M.K.N.F. *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. 1997.
- GUEDES, I.M.G., VITAL, H. *Mapeamento da área de influência dos dutos de gás e óleo no Pólo de Guamaré (RN)*. In: 1º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás. Natal. Anais...Resumos. Natal / RN, v.1, p. 232. 2000
- HEUSER, C.A. *Projeto de Banco de Dados*. 4 ed. Porto Alegre, Editora Sagra Luzzato, 204 p. 2001
- HUSTEDT, S. *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. 2000.
- LARMAN, C. *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. 2000.
- LIMA, Z.M.C. *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. 2002.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. *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. 2002
- TABOSA, W.F. *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. 2001.