

# UERJ

Dissertação de Mestrado em Engenharia de Computação

**METODOLOGIA DE SELEÇÃO DE ÁREAS MARÍTIMAS  
PORTUÁRIAS PARA ATUALIZAÇÃO  
DE DADOS DE LEVANTAMENTOS HIDROGRÁFICOS  
BASEADA EM LÓGICA NEBULOSA**

Autor: Sebastião Simões de Oliveira

Orientador: Flávio Joaquim de Souza, Dsc.

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Computação  
Área de Concentração: Geomática

Fevereiro - 2007



**Faculdade de Engenharia**

**METODOLOGIA DE SELEÇÃO DE ÁREAS MARÍTIMAS PORTUÁRIAS  
PARA ATUALIZAÇÃO DE DADOS DE LEVANTAMENTOS  
HIDROGRÁFICOS BASEADA EM LÓGICA NEBULOSA**

**Sebastião Simões de Oliveira**

Dissertação submetida ao corpo docente da Faculdade de Engenharia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Computação – Área de concentração Geomática.

Orientador: Flávio Joaquim de Souza

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Computação  
Área de Concentração: Geomática

Rio de Janeiro  
Fevereiro - 2007

OLIVEIRA, SEBASTIÃO SIMÕES DE

Metodologia de seleção de áreas marítimas portuárias para atualização de dados de Levantamentos Hidrográficos baseada em Lógica Nebulosa, [Rio de Janeiro] 2007.

xiii, 88 p. 29,7cm (FEN/UERJ, M.Sc., Engenharia de Computação – Área de Concentração Geomática, (2007)).

Dissertação – Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ.

1. Levantamento Hidrográfico 2. Sistemas de Suporte à Decisão 3. Cartografia Náutica 4. Lógica Nebulosa 5. SIG. 6. Geomática

I. FEN/UERJ. II. Título (série).

## Folha de Julgamento

Título: Metodologia de seleção de áreas marítimas portuárias para atualização de dados de Levantamentos Hidrográficos baseada em Lógica Nebulosa.

Candidato: Sebastião Simões de Oliveira

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Computação  
Área de Concentração: Geomática

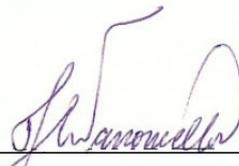
Data da defesa: 14 de fevereiro de 2007

Aprovada por:



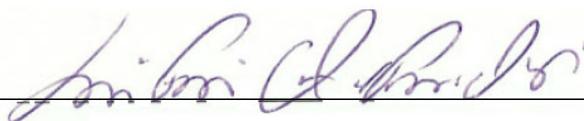
---

Orientador: Flávio Joaquim de Souza, DSc , UERJ



---

José Carlos Penna de Vasconcellos, DSc , UERJ



---

Luiz Felipe Coutinho Ferreira da Silva , DSc , IME

# DEDICATÓRIA

À minha esposa Danielle.

## AGRADECIMENTOS

À minha esposa Danielle pelo apoio, sugestões e revisões em todas as etapas deste trabalho. Seu amor, amizade, carinho, atenção e paciência estiveram sempre presentes, dando-me suporte e alento, ao longo da realização desta dissertação.

Aos meus pais Claudia e Francisco pelo seu incondicional amor e por todo o apoio que sempre dedicaram aos meus projetos e desafios.

Aos Comandantes Torres, Maurício Jorge e Magno pelos, conselhos, sugestões, ensinamentos e incentivos dados ao longo desta jornada.

À Capitão-Tenente Flavia Mandarino, pela amizade e incondicionais atenção e apoio ao longo de toda a realização desta dissertação. Sua presteza e dedicação na função de Oficial Orientadora são testemunhas de sua competência e seriedade profissional, e exemplos a serem seguidos.

Ao pessoal do Arquivo Técnico do Centro de Hidrografia da Marinha pelo suporte prestado nos 2 meses de pesquisa que ali realizei.

À todo pessoal do Divisão de Cartografia do Centro de Hidrografia da Marinha, em especial ao da Seção do Banco de Dados Cartográficos (CHM-32.3) por toda a atenção, ajuda e disponibilização de estações de trabalho, fundamentais para a realização desta dissertação.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Computação pela transmissão de suas experiências acadêmicas e profissionais.

Ao meu orientador Professor Flávio Joaquim de Souza pela atenção e pelos ensinamentos indispensáveis à realização deste trabalho.

Aos meus familiares, amigos e colegas que me apoiaram nessa conquista.

Enfim, a todos aqueles que contribuíram de alguma maneira para a execução deste trabalho.

Resumo da Dissertação apresentada à FEN/UERJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

## **Metodologia de seleção de áreas marítimas portuárias para atualização de dados de levantamentos hidrográficos baseada em Lógica Nebulosa**

Sebastião Simões de Oliveira

Fevereiro/2007

Orientador: Flávio Joaquim de Souza, DSc., PUC

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Computação – Área de Concentração em Geomática.

As atuais exigências da segurança à navegação tornam essencial a exatidão das informações existentes nas cartas náuticas e, conseqüentemente, uma constante atualização das mesmas através de levantamentos hidrográficos. O estabelecimento da necessidade e de uma prioridade para realização desses levantamentos, devido ao tempo e custos envolvidos, torna-se, portanto, fundamental. É imprescindível, nesse caso, obter um critério técnico que exprima se determinada área tem potencial interesse para ser levantada dentro de uma porção do espaço geográfico. Informações como data do último levantamento, instabilidade do fundo oceânico, volume do tráfego marítimo; além de fatores econômicos, ecológicos e políticos, podem ser utilizadas como indicadores para o estabelecimento desse critério. Entretanto a classificação temática dos indicadores pelos métodos tradicionais tem suas fronteiras e limites rígidos, enquanto a realidade nos mostra que os dados temporais, geobiofísicos e econômicos não devem ser expressos por uma abordagem Booleana do tipo *pertence* e *não pertence*. Nesta dissertação uma abordagem deste problema para as áreas marítimas portuárias é apresentada utilizando um Sistema de Inferência Fuzzy em conjunto com um SIG, permitindo assim, uma melhor modelagem das fronteiras dos indicadores em zonas de transição no estabelecimento do critério de seleção.

Palavras-chave: levantamento hidrográfico, carta náutica, Lógica Nebulosa, SIG.

Abstract of Dissertation presented to FEN/UERJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.).

## **Port maritime areas selection methodology based on Fuzzy Logic for updating hydrographic survey data**

Sebastião Simões de Oliveira

February/2007

Advisor: Flávio Joaquim de Souza, DSc., PUC

Computing Engineering Pos Graduation Program – Field of Geomatics.

The actual navigation safety demands make the accuracy of the existent information at the nautical charts and consequently, their constant updating by hydrographic surveys, essential. The establishment of a priority for such surveys due to the costs and time involved is, therefore, fundamental. Finding technical criterion that reflects the importance of re-surveying a given area in a specific geographical zone is vital in this case. Information such as date of the last survey, sea bottom instability and merchant traffic volume; besides economic, ecologic and political factors, may be used as indicators in the establishment of this criterion. However, the thematic index classification, according to the traditional methods, has the borders and limits as crisps, when reality shows that temporal, geobipysics and socio-economics data can not be truly expressed in a Boolean way as pertaining or not pertaining. In this dissertation a view of this problem for port maritime areas is presented using a Fuzzy Inference System together with a GIS, thus allowing, a better modeling of the borders of the indicators in transition zones when establishing the criterion of selection.

Keywords: hydrographic survey, nautical chart, Fuzzy Logic, GIS.

# SUMÁRIO

ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
ÍNDICE DE TABELAS .....	xii
RELAÇÃO DE ANEXOS .....	xiii
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1 Caracterização do Problema .....	1
1.2 Justificativa e Motivação .....	2
1.3 Objetivo Geral .....	3
1.4 Objetivos Específicos .....	3
1.5 Área de Estudos .....	3
1.6 Materiais e Métodos .....	4
1.7 Apresentação do Trabalho .....	4
2. LEVANTAMENTOS HIDROGRÁFICOS E CARTOGRAFIA NÁUTICA .....	6
2.1 As Cartas Náuticas .....	6
2.2 Os Levantamentos Hidrográficos .....	6
2.3 Recobrimento e especificações dos LH .....	7
2.4 Cartas Náuticas e Levantamentos Hidrográficos no Brasil .....	9
3. INDICADORES DE DESATUALIZAÇÃO E PRIORIZAÇÃO .....	11
3.1 Indicadores utilizados por serviços hidrográficos estrangeiros .....	12
3.2 Estudo dos principais indicadores .....	13
3.2.1 O conhecimento prévio da realidade .....	13
3.2.2 O Indicador Temporal .....	15
3.2.3 Os Indicadores de Alteração Espacial .....	15
3.2.4 Os Indicadores Técnicos da Informação .....	16
3.2.5 Os Indicadores de Priorização .....	19
4. LÓGICA NEBULOSA .....	20
4.1 Teoria dos Conjuntos Nebulosos .....	20
4.2 Implicação Difusa .....	22
4.3 Sistema de Inferência Nebuloso .....	23
4.3.1 Modelos de SIF .....	25
5. METODOLOGIA .....	26
5.1 Preparação dos dados .....	26
5.1.1 Obtenção e digitalização dos dados .....	26
5.1.2 Espacialização dos dados .....	28
5.2 Seleção dos Indicadores .....	31
5.3 Determinação da Metodologia .....	33
5.4 Estabelecimento dos conjuntos nebulosos para classificação dos indicadores .....	35
5.5 As Regras Lógicas .....	38
5.6 Demais características dos SIF utilizados .....	40
6. RESULTADOS OBTIDOS .....	41
6.1 Análise dos Resultados .....	47
7. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS .....	49
7.1 Conclusões .....	49

7.2	Trabalhos futuros .....	50
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Gráfico do conjunto de pessoas de meia idade apresentado através da abordagem convencional da teoria dos conjuntos e da abordagem <i>fuzzy</i> .....	20
Figura 2: Conjuntos de classificação de pessoas quanto à idade .....	23
Figura 3: Esquema básico de um SIF .....	24
Figura 4: Combinação dos dados das FB e da classificação das áreas quanto a relevância na Baía de Todos os Santos .....	29
Figura 5 : Combinação dos dados das FB e da classificação das áreas quanto a relevância na Baía da Guanabara .....	30
Figura 6: Combinação dos dados das FB e da classificação das áreas quanto a relevância na Baía de Paranaguá .....	31
Figura 7: Esquema com a metodologia adotada para seleção e priorização das áreas marítimas portuárias para realização de LH .....	33
Figura 8: Conjuntos de Entrada do SIF 1 que determina o índice de cobertura .....	35
Figura 9: Conjuntos de Entrada do SIF 2 que determina o índice de desatualização .....	36
Figura 10: Conjuntos do índice de desatualização .....	36
Figura 11: Conjuntos de Entrada do SIF 3 que determina o índice de priorização .....	36
Figura 12: Conjuntos do índice de priorização (prioridade) .....	37
Figura 13: Situação das informações existentes na Baía de Todos os Santos (Índice de Desatualização) .....	42
Figura 14: Prioridade para realização de novos LH na Baía de Todos os Santos (Índice de Priorização) .....	43
Figura 15: Situação das informações existentes na Baía da Guanabara (Índice de Desatualização) .....	44
Figura 16: Prioridade para realização de novos LH na Baía da Guanabara (Índice de Priorização) .....	45
Figura 17: Situação das informações existentes na Baía de Paranaguá (Índice de Desatualização) .....	46
Figura 18: Prioridade para realização de novos LH na Baía de Paranaguá (Índice de Priorização) .....	46

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Padrões Mínimos para Levantamentos Hidrográficos .....	9
Tabela 2: Ordem de Levantamentos onde os Métodos de Posicionamento podem ser empregados .....	18
Tabela 3: Regras lógicas para estabelecimento do índice de cobertura (SIF 1).....	38
Tabela 4: Regras lógicas para estabelecimento do índice de desatualização (SIF 2) .....	39
Tabela 5: Regras lógicas para estabelecimento do índice de priorização (SIF 3) .....	40
Tabela 6: Desatualização das Informações Batimétricas Existentes .....	41
Tabela 7: Prioridade para Realização de Novos LH .....	41

## RELAÇÃO DE ANEXOS

Anexo A: Tabela contendo a lista com as 510 FB das Baías de Todos os Santos, Paranaguá e Guanabara utilizadas para estudo na presente dissertação .....	55
Anexo B: Tabela contendo as áreas de estudo classificadas quanto a relevância .....	76
Anexo C: Arquivos <i>cobertura__do__fundo__oceanico.fis</i> , <i>indice__desatualizacao.fis</i> e <i>indice__priorizacao.fis</i> gerados pelo Editor FIS do MATLAB, referentes aos sistemas de inferência do índice de cobertura, índice de desatualização e índice de priorização .....	81
Anexo D: Tabela contendo as áreas classificadas como de prioridade muito alta para novos LH .....	87
Anexo E: Tabela contendo os LH multifeixe em áreas portuárias, ou de baixa profundidade, executados entre os anos de 2002 e 2005 .....	88