

UERJ

Dissertação de Mestrado em Engenharia de Computação

**MODELO DE SELEÇÃO DE ÁREAS PARA
ATUALIZAÇÃO DO MAPEAMENTO SISTEMÁTICO
BASEADO EM LÓGICA NEBULOSA**

Autor: Marcelo Rodrigues de Albuquerque Maranhão

Orientador: Flávio Joaquim de Souza, Dsc.

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

Março - 2005



Faculdade de Engenharia

MODELO DE SELEÇÃO DE ÁREAS PARA ATUALIZAÇÃO DO MAPEAMENTO SISTEMÁTICO BASEADO EM LÓGICA NEBULOSA

Marcelo Rodrigues de Albuquerque Maranhão

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, DSc.

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

Rio de Janeiro

Março - 2005

MARANHÃO, MARCELO RODRIGUES DE
ALBUQUERQUE

Modelo de seleção de áreas para
atualização do Mapeamento Sistemático
baseado em Lógica Nebulosa, [Rio de Janeiro]
2005.

XIII,102p.29,7cm (FEN/UERJ, M.Sc.,
Engenharia de Computação – Área de
Concentração Geomática, (2005)).

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

1. Lógica Nebulosa 2. Sistemas de Suporte
à Decisão 3. Geomática 4. Mapeamento
Sistemático 5. Cartografia 6. SIG.

I. FEN/UERJ. II. Título (série).

Folha de Julgamento

Título: Modelo de seleção de áreas para atualização do Mapeamento Sistemático baseado em Lógica Nebulosa.

Candidato: Marcelo Rodrigues de Albuquerque Maranhão

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

Data da defesa: 30 de março de 2005

Aprovada por:

Orientador: Flávio Joaquim de Souza, DSc , UERJ

Paulo Márcio Leal de Menezes, DSc , UFRJ

Orlando Bernardo Filho, DSc , UERJ

DEDICATÓRIA

Aos meus filhos Gabriela e Daniel.

AGRADECIMENTOS

Ao IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística pelo apoio à elaboração desta dissertação, através da liberação das informações e disponibilização das estações de trabalho.

À minha esposa Claudia Cristina pelo carinho e apoio nas etapas desse trabalho e também por tudo que representa para mim.

Aos meus pais Marcone e Luiza pelo incondicional apoio que sempre dedicaram aos meus projetos e desafios.

Aos meus colegas de mestrado Ismar, Fernando Bueno, Miriam Barbuda e Andréa, pela camaradagem e troca de experiências.

Aos colegas de trabalho do IBGE que com sua experiência nutriram com excelentes informações essa dissertação. Um especial agradecimento aos meus colegas Cartógrafos, Jaime Pitaluga, Isabel Teixeira e Leila Freitas que muito contribuíram com sugestões.

A Prof^a. Marilourdes Lopes Ferreira (Pesquisadora da ENCE/IBGE) com sua inestimável compreensão do problema de desatualização do mapeamento, contribuindo para a escolha dos indicadores.

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

Ao meu orientador Prof^o. Flávio pela paciência e desafio de fazer um Cartógrafo aprender Lógica Nebulosa.

Aos Profs. Paulo Eurico de Melo Tavares e Luiz Henrique Castiglione, pela confiança depositada, quando da emissão das cartas de recomendação para seleção do mestrado.

Meus agradecimentos aos Profs. Paulo Marcio Leal de Menezes e Orlando Bernardo Filho que responderam prontamente ao convite de participar da banca examinadora.

E para não cometer injustiças, um agradecimento a todos aqueles que contribuíram de alguma forma, e que eu tenha deixado de mencionar nestas folhas.

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

MODELO DE SELEÇÃO DE ÁREAS PARA ATUALIZAÇÃO DO MAPEAMENTO SISTEMÁTICO BASEADO EM LÓGICA NEBULOSA

Marcelo Rodrigues de Albuquerque Maranhão

Março/2005

Orientador: Flavio Joaquim de Souza

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

O mapeamento cartográfico sistemático de todo território nacional tem por fim a representação do espaço territorial brasileiro por meio de cartas, elaboradas seletiva e progressivamente, *consoante prioridades conjunturais*.

É imprescindível, nesse caso, obter um critério que exprima se determinada área tem potencial interesse para mapeamento dentro de uma porção do espaço geográfico.

A classificação temática dos indicadores, pelos métodos tradicionais, considera os limites ou fronteiras como rígidos, quando na verdade dados geobiofísicos e socioeconômicos não devem ser expressados de forma booleana, ou seja, falso ou verdadeiro e pertence e não pertence.

Nesta dissertação é apresentada uma abordagem desse problema utilizando um Sistema de Inferência Fuzzy, permitindo assim, uma modelagem das fronteiras dos indicadores em zonas de transição e concluindo com a aplicação de um modelo de suporte à decisão baseado em conhecimento.

Palavras-chave: Lógica nebulosa, Mapeamento Sistemático e SIG.

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

FUZZY LOGIC MODEL FOR SELECTION OF AREAS TO UPDATING TOPOGRAPHIC MAPPING

Marcelo Rodrigues de Albuquerque Maranhão

March/2005

Advisor: Flavio Joaquim de Souza

Program of Computing Engineering – Geomatic.

The topographic mapping of the whole national territory aims to represent in maps the Brazilian territorial area. These maps are selectively and gradually made, observing priorities.

Finding a criteria that expresses if a given area, in a specific geographical zone, is potentially interesting to be mapped becomes essential, in this case.

The thematic index classification, according to the traditional methods, has the limits and borders as crisps. However, the reality shows that geobiophysics and socio-economics data can not be truly expressed in a crisp or boolean way.

In this dissertation a boarding of this problem is presented using a Fuzzy Inference System, thus allowing, a modeling of the borders of the pointers in transition zones and concluding with the application of a model of support to the decision based on knowledge.

Keywords: Fuzzy Logic, Topographic Mapping and GIS.

Índice de figuras

- Figura 1: Distribuição do Mapeamento Sistemático na escala de 1/50.000
- Figura 2: Distribuição do Mapeamento Sistemático na escala de 1/100.000
- Figura 3: Mapeamento 1/50.000 acrescentado do 1/100.000
- Figura 4: Produção de folhas de mapeamento a atualização no USGS
- Figura 5: Função de pertinência – Homens de meia-idade
- Figura 6: Interseção de conjuntos nebulosos
- Figura 7: União de conjuntos nebulosos
- Figura 8: Representação modular de um SIF
- Figura 9: Função de pertinência para data de voo
- Figura 10: Função de pertinência para data de restituição
- Figura 11: Função de pertinência para priorização de atualização de mapeamento
- Figura 12: Função de pertinência para tamanho de população
- Figura 13: Função de pertinência para variação de população
- Figura 14: Função de pertinência para priorização municipal
- Figura 15: SSD para mapeamento sistemático
- Figura 16: Fluxograma Metodológico
- Figura 17: Mapa da Função de pertinência – Data de voo aerofotogramétrico
- Figura 18: Mapa da Função de pertinência – Data de restituição aerofotogramétrica
- Figura 19: Mapa da Função de pertinência – SIF relativo a prioridade de atualização
- Figura 20: Mapa da Função de pertinência – Tamanho da população
- Figura 21: Mapa da Função de pertinência – Variação (%) da população entre os censos 1991 e 2000
- Figura 22: Mapa da Função de pertinência – SIF relativo a prioridade municipal
- Figura 23: Mapa relativo a prioridade mais alta de atualização do mapeamento
- Figura 24: Mapa relativo a prioridade mais alta de mapeamento dentro do vazio cartográfico

Índice de tabelas

Tabela 1: Situação do Mapeamento Sistemático

Tabela 2 - Classes de tamanho de população relativos ao censo 2000

Tabela 3 - Classes para Variação da população entre os censos de 1991 e 2000

Tabela 4: Base de regras para priorização de atualização do mapeamento

Tabela 5: Base de regras para priorização municipal

ÍNDICE

Índice de figuras.....	vi
Índice de tabelas.....	vii
1. INTRODUÇÃO	
1.1 Visão Geral.....	1
1.2 Motivação.....	2
1.3 Justificativa.....	2
1.4 Objetivo Geral.....	2
1.5 Objetivos Específicos.....	2
1.6 Apresentação do trabalho.....	3
2. MAPEAMENTO SISTEMÁTICO BRASILEIRO	
2.1 Introdução.....	4
2.2 Situação atual.....	6
2.3 Definição do grau de desatualização.....	9
2.4 O USGS e a desatualização do mapeamento do EUA.....	11
3. LÓGICA NEBULOSA	
3.1 Introdução.....	13
3.2 Conjuntos nebulosos e funções de pertinência.....	14
3.3 Operações com conjuntos nebulosos.....	15
3.3.1 Operadores.....	16
3.3.2 Propriedades Algébricas.....	18
3.3.3 Variáveis Lingüísticas.....	19
3.3.4 Funções de Implicação ou processo difuso.....	20
3.3.5 Processo de agregação.....	21
3.3.6 Defuzzificação.....	21
3.4 Sistema de Inferência Fuzzy – SIF.....	22
4. SELEÇÃO DOS INDICADORES	
4.1 Conceito de indicador.....	25
4.2 Escolha dos indicadores.....	25
4.2.1 Indicadores cartográficos.....	25
4.2.2 Indicadores municipais.....	26
5. SISTEMA DE SUPORTE À DECISÃO DO MAPEAMENTO SISTEMÁTICO	
5.1 Conceito de SSD.....	30
5.2 SSD para suporte à decisão do mapeamento sistemático.....	30
5.3 Elaboração das funções de pertinência e base de regras.....	31
6. ESTUDO DE CASO	
6.1 Considerações Iniciais.....	37
6.2 Fluxograma Metodológico.....	37
6.3 Implementação.....	39
7. CONCLUSÕES.....	48
7.1 Trabalhos futuros.....	49
7.2 Contribuições.....	49

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
RELAÇÃO DE ANEXOS.....	54