



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E LIMNOLOGIA
MESTRADO EM SUSTENTABILIDADE DE ECOSSISTEMAS (PPGSE)

CRISTIANO JACKSON DA COSTA COELHO

**Lógica Fuzzy e Geoprocessamento na Determinação da Vulnerabilidade à
Ocupação Direta dos Mangues na Bacia Hidrográfica do Anil, na Ilha de
São Luís-MA.**

SÃO LUÍS

2008

COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR - **CAPES**
CRISTIANO JACKSON DA COSTA COELHO

**Lógica Fuzzy e Geoprocessamento na Determinação da Vulnerabilidade à
Ocupação Direta dos Mangues na Bacia Hidrográfica do Anil na Ilha de
São Luís-MA.**

DISSERTAÇÃO DE Mestrado apresentada à UNIVERSIDADE
FEDERAL DO MARANHÃO, COMO REQUISITO PARCIAL PARA A
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM SUSTENTABILIDADE DE
ECOSSISTEMAS.

ORIENTADOR: MÁRCIO COSTA FERNANDES VAZ DOS SANTOS

CO-ORIENTADOR: OMAR ANDRES CARMONA CORTES

SÃO LUÍS

2008

Coelho, Cristiano Jackson da Costa

Lógica Fuzzy e Geoprocessamento na Determinação da Vulnerabilidade à Ocupação Direta dos Mangues na Bacia Hidrográfica do Anil na Ilha de São Luís-MA / Cristiano Jackson da Costa Coelho. – São Luís, 2008

211 f.

Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade de Ecossistemas)-
Universidade Federal do Maranhão, 2008.

1. Lógica Fuzzy 2. Índice de Vulnerabilidade à Ocupação direta
de mangue 3. Geoprocessamento 4. Desenvolvimento
sustentável urbano e do Manguezal I. Título

CDU 004.891

CRISTIANO JACKSON DA COSTA COELHO

Uso de Lógica Fuzzy e Geoprocessamento na Determinação da Vulnerabilidade à Ocupação Direta dos Mangues na Bacia Hidrográfica do Anil na Ilha de São Luís-MA.

ORIENTADOR: MÁRCIO COSTA FERNANDES VAZ DOS SANTOS

CO-ORIENTADOR: OMAR ANDRES CARMONA CORTES

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Maranhão, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Sustentabilidade de Ecossistemas, 2008.

Aprovada em ___/___/___

Banca Examinadora

1º Prof. Dr. MÁRCIO COSTA FERNANDES VAZ DOS SANTOS (Orientador)-UFMA

2º Prof. Dr. OZELITO POSSIDÔNIO DE AMARANTE JUNIOR- CEFET-MA

3º Prof. Dr. EDISON DAUSACKER BIDONE – UFF

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela sua onipresença sempre;

Em seguida aos meus pais, Armando Sergio Coelho e Luziana Silvia pereira da Costa Coelho, pelo apoio incondicional a todo instante;

Aos meus irmãos, Glauber Augusto da Costa Coelho e Eric Frederico da Costa Coelho;

A Sâmia Clara Rodrigues de Oliveira por ter oferecido muito carinho durante esse período;

Ao meu co-orientador, Omar Andres Carmona Cortes pela atenção;

Ao meu Orientador, Marcio Costa Fernandes Vaz dos Santos pelas idéias geniais;

E a todos que direta e indiretamente contribuíram para este trabalho.

"Uma visão sem ação é somente um sonho, uma ação sem visão é um passatempo. Uma visão com ação pode transformar o mundo."

Autor desconhecido

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Conjuntos Clássicos X Conjuntos Fuzzy (BORBA et al, 2007).....	48
Quadro 2. Exemplo de base de regra do cruzamento de duas variáveis	58
Quadro 3. Variáveis Seleccionadas para compor o IVODM.....	71
Quadro 4. Resumo dos pressupostos por variável de entrada como base para a construção de regras fuzzy	82
Quadro 5. Métodos computacionais para cada etapa de um sistema fuzzy	84
Quadro 6. Bairros por Sub-bacias do Anil e nas margens em que se encontram (M.D), margem direita, (M.E), margem esquerda	91
Quadro 7. Parte das Regras do Bloco de Regras "CruzAUrb1	136

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Áreas de Manguezal estimadas por Regiões do mundo (FILHO, 2005).....	26
Tabela 2. Áreas de Manguezal estimadas para alguns países e o percentual em relação à área total de manguezal no mundo (FILHO, 2005)	27
Tabela 3. Áreas de manguezal estimadas por estado da costa do norte do Brasil e CMMA (FILHO, 2005)	31
Tabela 4. T-Normas e T-Conormas Duais (adaptação de (NOGUCHI, 2004) a (SHAW & SIMÕES, 1999)).....	57
Tabela 5. Superfícies em (m ²) por cotas altimétricas do IBGE e Sub-bacias do Anil.....	87
Tabela 6. Superfícies em (m ²) das Unidades de paisagem (Uso e Ocupação) que compõem as Sub-bacias do Anil	88
Tabela 7. Valor do (m ²) construído e do terreno por bairro e o total para para a sub-bacia 1 do Anil.....	92
Tabela 8. Valor do (m ²) construído e do terreno por bairro e o total para para a sub-bacia 2 do Anil.....	93
Tabela 9. Valor do (m ²) construído e do terreno por bairro e o total para para a sub-bacia 3 do Anil.....	94
Tabela 10. Valor do (m ²) construído e do terreno por bairro e o total para para a sub-bacia 4 do Anil.....	95
Tabela 11. Valor do (m ²) construído e do terreno por bairro e o total para para a sub-bacia 6 do Anil.....	96

LISTA DE TABELAS

- Tabela 12.** Valor do (m²) construído e do terreno por bairro e o total para para a sub-bacia 7 do Anil..... **97**
- Tabela 13.** Valor do (m²) construído e do terreno por bairro e o total para para a sub-bacia 8 do Anil..... **98**
- Tabela 14.** Valor do (m²) construído e do terreno por bairro e o total para para a sub-bacia 9 do Anil..... **99**
- Tabela 15.** Valor do metro quadrado construído e do terreno por cotas altimétricas acima e abaixo de 7,0 metros IBGE, por sub-bacia do anil e divididos por 1000 e destacando a ordem do maior para menor valor **100**
- Tabela 16.** Lagura média e declividade da faixa entre as cotas altimétricas 2,5 e 4,0 metros IBGE por sub-bacias do anil. destacando a ordem da maior para menor declividade..... **103**
- Tabela 17.** Superfície da área urbana por cota altimétrica do IBGE e por sub-bacia do anil. destacando a ordem da maior para menor área. **105**
- Tabela 18.** Relações entre a área urbana por cota altimétrica do IBGE e área total de cada cota **106**
- Tabela 19.** Superfície da área total disponível acima e abaixo da cota altimétrica 7,0 metros IBGE e respectivas relações entre as áreas disponíveis por cota e área total por cota, por sub-bacia do anil destacando a ordem da maior para menor área..... **108**
- Tabela 20.** Superfície de mangue de 1975 por cota altimétrica do IBGE e Sub-bacias do anil destacando a ordem da maior para menor área **112**
- Tabela 21.** Superfície de mangue de 2007 por cota altimétrica do IBGE e Sub-bacias do anil destacando a ordem da maior para menor área **112**

LISTA DE TABELAS

Tabela 22. Superfície de mangue perdida entre os anos de 1975-2007 por sub-bacia do anil destacando a ordem da maior para menor área	112
Tabela 23. Quantificação das variáveis de entrada por sub-bacia destacando a ordem (maior para o menor).....	113
Tabela 24. Estatísticas do Sistema Fuzzy	115
Tabela 25. Variáveis de entrada.....	117
Tabela 26. Graus de pertinência por variável de entrada quantificada da Sub-bacia 1	118
Tabela 27. Graus de pertinência por variável de entrada quantificada da Sub-bacia 2.....	121
Tabela 28. Graus de pertinência por variável de entrada quantificada da Sub-bacia 3	123
Tabela 29. Graus de pertinência por variável de entrada quantificada da Sub-bacia 4.....	125
Tabela 30. Graus de pertinência por variável de entrada quantificada da Sub-bacia 6.....	127
Tabela 31. Graus de pertinência por variável de entrada quantificada da Sub-bacia 7.....	129
Tabela 32. Graus de pertinência por variável de entrada quantificada da Sub-bacia 8.....	131
Tabela 33. Graus de pertinência por variável de entrada quantificada da Sub-bacia 9.....	133
Tabela 34. Variáveis do grupo de Saídas.....	135
Tabela 35. Resultados do IVODM por Sub-bacia do Anil.....	137

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribuição global dos mangues ao longo das seis regiões biogeográficas, sua distribuição esta associada com a isoterma de 20°C durante o inverno. No verão a duas isotermas migram no sentido dos pólos. Estas também influenciam as correntes marinhas (Adaptado de: Spalding et al. (1997) por (LABOMAR-UFC/ISME-BR, 2005)).....	26
Figura 2. Mapa de divisão das eco-regiões brasileiras. Sub-divisão baseada nas características climatológicas, geomorfológicas e geológicas (LACERDA (2005)).	28
Figura 3. Mapa da Localização da Costa de Manguezais de Macromaré da Amazônia (CMMA) (FILHO, 2005)	31
Figura 4. Tipos de Lógica BITTENCOURT & OSÓRIO (2002).	45
Figura 5. Conjuntos Clássicos X Conjuntos Fuzzy (BORBA et al, 2007)	49
Figura 6. Diagrama de H-E representando P no Universo U. JUNIOR (2005)	52
Figura 7. Tipos de representações de funções de pertinência (NOGUCHI, 2004)	52
Figura 8. Diagrama para conjuntos fuzzy P,M,G. JUNIOR (2005).....	53
Figura 9. Interseção entre os conjuntos fuzzy P e M. JUNIOR (2005).....	55
Figura 10. União dos conjuntos fuzzy M e G. JUNIOR (2005).....	56
Figura 11. Exemplo de conjunto fuzzy (Função de Pertinência)da variável “Altura do Som”	57
Figura 12. Processamento do antecedente no modelo Mamdani. JUNIOR (2005)	61
Figura 13. Processamento conseqüente no modelo Mamdani. JUNIOR (2005).....	62
Figura 14. Sistema Fuzzy (CORTES, 2004).	64
Figura 15. Sistema Fuzzy (MENDEL, 1995)	65
Figura 16. Localização Geográfica da Ilha de São Luís.....	66

LISTA DE FIGURAS

Figura 17. Localização Geográfica da Bacia do rio Anil e seus limites.....	68
Figura 18. Exemplo para determinação do LC, no cálculo da declividade	76
Figura 19. Interface do software FuzzyTech 5.54.....	83
Figura 20. Cotas Altimétricas IBGE para a Bacia Hidrográfica do Rio Anil	85
Figura 21. Sub-Bacias do Anil	86
Figura 22. Uso e Ocupação do Solo na Bacia do Rio Anil 2007	88
Figura 23. Bairros e Limite das subBacias.....	90
Figura 24. Cotas Altimétricas por subBacia.....	102
Figura 25. Área Urbana por cota altimétrica do IBGE e por SubBacia	104
Figura 26. Área Verde por cota altimétrica do IBGE e por SubBacia	107
Figura 27. Área de Mangue de 1975 e 2007 por Sub Bacia (Ver tabela 22)	109
Figura 28. Área de Mangue de 2007 por cota altimétrica do IBGE e por sub-bacias do anil (Ver tabela 21).....	110
Figura 29. Área de Mangue de 1975 por cota altimétrica do IBGE e por Sub-bacia do Anil (Ver tabela 20).....	111
Figura 30. Estrutura do Sistema Fuzzy	116
Figura 32. Representação gráfica da variável de saída "IVODM"	136
Figura 33. Mapa da vulnerabilidade a ocupação direta de mangue na Bacia do Anil	137

LISTA DE FIGURAS

Figura 34. IVODM para a Sub-bacia 1 (83,33 %)	140
Figura 35. IVODM:para a Sub-bacia 2, 8 e 9 (50,00 %).....	141
Figura 36. IVODM:para a Sub-bacia 6 (42,79 %)	142
Figura 37. IVODM para a Sub-bacia 3 (36,30 %)	143
Figura 38. IVODM:para a Sub-bacia 4 e 7 (33,33 %).....	144

RESUMO

Manguezais são ecossistemas tropicais que desenvolvem-se em áreas entre-marés conhecidos pela sua importância ecológica. A perda da superfície de manguezais brasileiros em áreas urbanas que se localizam em regiões estuarinas é impulsionada por uma infinidade de causas econômicas e sociais. O estado do Maranhão, sozinho, tem mais de 500.000 hectares de mangue (30% de todo o manguezal brasileiro) e São Luís, sua capital, possui cerca de 18.000 há. Por estar situada em uma ilha rodeada por manguezais é um estudo de caso ideal para verificar a pressão da urbanização sobre o ecossistema manguezal. O presente trabalho selecionou o estuário da bacia do Anil como área de estudo, porque é a bacia da ilha mais densamente povoada e onde a expansão urbana em zonas entre-marés vem ocorrendo há décadas. O presente trabalho apresenta a hipótese de que existe uma lógica de custo versus benefício por trás da transformação da floresta manguezal em paisagem urbana. Dessa forma foi possível avaliar a dinâmica desta lógica econômica através da sua subdivisão em um modelo conceitual baseado em índices de disponibilidade de terrenos e valor da terra ao longo das bacias hidrográficas que compõem o sistema hidrográfico do Anil. As variáveis selecionadas foram utilizadas para construir um índice de vulnerabilidade baseado na lógica Fuzzy e geoprocessamento (bancos de dados GIS). Em outras palavras, um índice que identifica o risco do ecossistema manguezal ser convertido em áreas urbanas (IVODM-Índice de vulnerabilidade à ocupação direta de manguezal, o desenvolvimento urbano sustentável). Assim o mesmo fornece uma ferramenta útil para o governo e ONG's no que tange a qualidade de vida e desenvolvimento sustentável urbano e do manguezal.

PALAVRAS – CHAVE: Lógica Fuzzy, geoprocessamento, Índice de vulnerabilidade a ocupação direta de mangue, desenvolvimento sustentável urbano e do manguezal

ABSTRACT

Mangroves are tropical ecosystems developing on intertidal areas and also well-known for their ecological importance. The loss of mangrove acreage in Brazilian estuaries encircled by urban areas is growing steadily driven usually by a plethora of economic and social causes. Maranhao State, alone, has more than 500,000 hectares (30% of all Brazilian mangrove) and Sao Luis, its capital, has around 18,000 ha and because of being located in an island surrounded by mangroves is an ideal case study for the urbanization pressure on mangrove ecosystems. The present study has selected the Anil estuary as the study site because of its status as Sao Luis' most densely populated basin and where urban expansion into intertidal areas has been occurring for decades already. The present working hypothesis is that there is a cost vs benefit logic behind the conversion of mangrove forest into urban landscape. Also it is possible to evaluate the dynamics of this economical logic through its breakdown into a conceptual model based on indexes of land availability and land perceived value along the catchment basins that make up the Anil watershed system. The selected variables were used to build a vulnerability index based on Fuzzy logic and geoprocessing (GIS data banks). In a nutshell, the index identifies which mangrove patches are more at risk of being converted into urban areas (IVODM- Index of vulnerability to direct occupation of mangrove) , and thus provides an useful tool for government and NGOs concerned with urban life quality and sustainable development of urban and mangrove.

KEY – WORDS: Fuzzy Logic, geoprocessing, Index of vulnerability to direct occupation of mangrove, sustainable development of urban and mangrove

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
2. OBJETIVOS	22
2.1 OBJETIVO GERAL	22
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
3. HIPÓTESE.....	22
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
4.1 O CONCEITO DE MANGUEZAL	23
4.2 DISTRIBUIÇÃO DO MANGUEZAL	25
4.2.1 <i>Mundo</i>	25
4.2.2 <i>Brasil</i>	27
4.2.2.1 <i>Costa Norte Quaternária</i>	29
4.2.2.2 <i>Costa Nordeste Semi-árida</i>	29
4.2.2.3 <i>Costa Nordeste-Leste Úmida</i>	30
4.2.2.4 <i>Costa Granítica Sul</i>	30
4.2.3 <i>Maranhão</i>	31
4.3 COMPOSIÇÃO DOS MANGUEZAIS	33
4.3.1 <i>Flora</i>	33
4.3.2 <i>Fauna</i>	34
4.4 LEGISLAÇÃO SOBRE MANGUEZAIS	35
4.5 OCUPAÇÃO DO MANGUEZAL.....	41
4.6 MAPEAMENTO DE MANGUES	42
4.7 LÓGICA FUZZY	44
4.7.1 <i>Um breve histórico</i>	44
4.7.2 <i>Bivalência</i>	46
4.7.3 <i>Multivalência</i>	46
4.7.4 <i>Conjuntos Clássicos vs Conjuntos Fuzzy</i>	47
4.7.5 <i>Conjunto Fuzzy vs Probabilidade</i>	49
4.7.6 <i>Definições Básicas</i>	50
4.7.7 <i>Representação dos conjuntos fuzzy</i>	52
4.7.8 <i>Operações com conjuntos fuzzy</i>	53
4.7.9 <i>Variáveis Lingüísticas</i>	57

4.7.10 Regras de inferência fuzzy.....	58
4.7.11 Sistema Fuzzy	63
5 METODOLOGIA.....	66
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	66
5.1.1 Ilha de São Luís.....	66
5.1.2 Bacia do Rio Anil.....	68
5.2 ÍNDICE DE VULNERABILIDADE À OCUPAÇÃO DIRETA DE MANGUE (IVODM).....	69
5.2.1 Variáveis de entrada do IVODM.....	69
5.2.1.1 Definição das Variáveis de entrada e saída do sistema fuzzy	69
5.2.1.2 Quantificação das variáveis de entrada por Geoprocessamento.....	72
5.2.2 O sistema Fuzzy para determinação do IVODM	83
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	84
6.1 QUANTIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS DE ENTRADA.....	84
6.2 SISTEMA FUZZY	115
6.2.1 Variáveis de entrada.....	117
6.2.2 Variáveis de saída	135
6.2.3 Base de Regras do sistema Fuzzy.....	136
6.2.4 Resultados IVODM.....	137
7 CONCLUSÕES.....	145
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	147
SOFTWARES E ARQUIVOS DIGITAIS	161
LEGISLAÇÃO CONSULTADA	162
APÊNDICES	164

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o segundo país em extensão de áreas de manguezais ficando atrás apenas da Indonésia (SPALDING et al., 1997) e ainda possui a maior área contínua de manguezais do mundo, o litoral amazônico (Amapá, Pará e Maranhão) com 8.900 km² de área de manguezal. (CINTRÓN & SCHAEFER-NOVELLI, 1983). Segundo (HERZ, 1991), a abrangência de manguezais no Brasil é de 10.123,76 km² que se estende do Amapá a Santa Catarina, no qual o Maranhão é o estado com a maior extensão de manguezal.

Nos últimos tempos, os manguezais estão sendo estudados com mais interesse em todo o mundo, tornando evidente a sua importância para a manutenção dos ecossistemas costeiros e também para a pesca, estando, assim, inteiramente relacionados com o homem (CINTRÓN & SCHAEFER-NOVELLI, 1983). Os mesmos formam um ecossistema costeiro intertropical conhecido pelo seu importante papel ecológico e alta produtividade primária, sendo caracterizado pela ocorrência de espécies vegetais lenhosas, adaptadas aos ambientes salinos, periodicamente inundados pelas marés (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995). Exercem funções primordiais como berçário, meio nutritivo, centro de multiplicação de numerosas espécies animais e fonte de recursos naturais para as comunidades costeiras (PROST & LOUBRY, 2000). No entanto, mesmo o manguezal sendo tão importante e com grande amparo jurídico, segundo Cintrón & Schaeffer-Novelli (1983) o mesmo perde área de forma muito acelerada.

Com isso, as tentativas de conciliação do crescimento populacional, da expansão urbana, da expansão industrial e agro-pecuária, com a conservação e o uso sustentável desses ecossistemas, têm gerado inúmeros conflitos, pois, mesmo sendo amparado por instrumentos jurídicos de varias maneiras, no entanto, de fiscalização ineficiente, o manguezal torna-se um bem sem valor econômico tangível, comum a todos. Não possui plano algum de manejo sustentável. Isso provavelmente vem ocasionando ao longo do tempo uma superexploração desse ecossistema e um processo de ocupação em áreas de grande valor por metro quadrado.

Para Mohamed (1996) e Otto-Ribas et al. (2000), nas áreas costeiras o desafio da sustentabilidade está, sobretudo, em harmonizar o desenvolvimento urbano com a conservação e o uso sustentável dos ecossistemas. E para que isso aconteça, é necessário considerar o fator econômico como decisivo para que haja perda por retirada de madeira e

ocupação urbana nessas áreas e realizar trabalhos no sentido de tomar providências para a conservação dessas áreas em zonas urbanas costeiras.

De acordo com **Rosot et al (2000)**, para o manguezal que é considerado uma zona de conflito de interesses de uso, é fundamental que se priorize a valorização dos seus recursos através de um planejamento integral, que considere a capacidade de resistência desse frágil ecossistema para absorver impactos de atividades humanas e, ainda, que partes desse manguezal estão mais propensas à ocupação.

Como muitos dos impactos humanos podem ter conseqüências irreversíveis sobre este ecossistema, como é o caso das ocupações em áreas de mangues, é importante que sejam conhecidos os tensores, suas formas de ação, sua extensão e sua distribuição no espaço, para permitir a geração de resultados confiáveis e mais realistas, com o propósito de tomada de decisão para a conservação dessas áreas.

Dessa maneira fazem-se necessárias, no contexto político, social e econômico atual, ferramentas e indicadores de ocupação urbana em manguezais que facilitem a tomada de decisão por parte das autoridades e auxiliem o possível manejo das áreas de manguezal, fornecendo informações ambientais consistentes para apoiar o desenvolvimento sustentável.

No caso da ilha de São Luís - MA, temos um cenário mais complexo com relação às outras áreas de mangue do Maranhão, porque se trata de uma ilha oceânica e qualquer solução sustentável para conciliar desenvolvimento e conservação, deve ser feita dentro de seus limites. De acordo com estimativas do **IBGE/CIDADES@ (2005)** a ilha de São Luís-MA, concentra a maior parcela da população do Estado com 1.227.659 habitantes. Segundo **UFMA/LABOHIDRO (1996)** a mesma possuía em 1996 cerca de 190 km² de manguezais, tendo diminuído, em 20 anos, cerca de 70 km². E segundo **Coelho (2006)**, a ilha de São Luís em condições de crescimento exponencial poderá ultrapassar os 2.000.000 de habitantes em 2014. Isso aumentará a demanda por espaço territorial, além de serviços e produtos do mangue.

O mangue da bacia do Anil, na ilha de São Luís, foi escolhido para este trabalho, pois é uma bacia que possui uma área considerável de mangue, concentra a maior parte da população da ilha (Considerada a bacia hidrográfica mais ocupada), com parte dos bairros

mais ricos nela inseridos, sendo ainda, semelhante a outras áreas de manguezal de outras bacias da ilha. Nesse contexto, temos como premissa deste trabalho a redução das áreas de mangue como sendo fruto de uma lógica de custo e benefício que estabelece os padrões de demanda e disponibilidade de terras edificáveis na ilha, ou seja, a demanda por espaço para as edificações tem sido responsável pela maior parte da diminuição da área de manguezal da ilha de São Luís.

No entanto, pensamos a maioria dos fenômenos de forma Aristotélica (Booleana), ou seja, precisamos de um verdadeiro ou falso. E o ambiente na maioria das situações não pode ser visto com essa simplicidade. Aristóteles de fato revolucionou a lógica e o modo de pensar humano. O que se reflete até os dias atuais nas nossas leis, na nossa ética, na nossa ciência como um todo. Só que existem questões que não podem ser resolvidas pela lógica tradicional, pois elas envolvem graus de incerteza. Assim esse trabalho propõe pensar com graus de incerteza, e essa forma de pensamento é baseada na lógica fuzzy, que permite através de um sistema fuzzy, a entrada de diversas variáveis, o cruzamento das mesmas e a geração de uma variável de saída, que pode ser um indicador, com diferentes graus de verdade.

Baseados no exposto acima, surgiu a proposta de aplicação da lógica fuzzy e geoprocessamento para determinação de um índice de vulnerabilidade a ocupações diretas em áreas de mangue (**IVODM**) na bacia hidrográfica do anil na ilha de São Luís -MA. Ocupação direta neste trabalho, é o mesmo que ocupações que necessitam aterrar o mangue para construir residências, não foram consideradas palafitas como ocupações diretas. Este índice considerou variáveis oriundas da evolução espaço-temporal das áreas de mangue e da crescente ocupação urbana, além de algumas variáveis naturais características da região, e outras componentes do fator econômico.

Esse índice de vulnerabilidade a ocupação direta de mangues (IVODM) poderá ser importante para conservar esse ecossistema, uma vez que o mesmo tem como principal tarefa hierarquizar e priorizar aplicações de recursos auxiliando dessa maneira a tomada de decisão pelos setores públicos e privados quanto ao processo de ocupação nessas áreas. Fornecendo dessa maneira subsídios ao planejamento de uso e ocupação do solo e ao manejo sustentável das áreas de mangue na ilha de São Luís.

Este trabalho apresenta na **seção 2** a descrição dos objetivos gerais e específicos e na **seção 3** a hipótese que norteia este trabalho. A **seção 4** apresenta uma revisão bibliográfica de mangue e lógica fuzzy, na seguinte ordem: na **seção 4.1** o conceito de manguezal; na **seção 4.2** a distribuição do manguezal no mundo, no Brasil e no Maranhão; na **seção 4.3** temos a composição do mangue destacando fauna e flora; na **seção 4.4** apresentamos um recorte da legislação de manguezal existente; na **seção 4.5** comentamos um pouco sobre a ocupação em manguezais; na **seção 4.6** destacamos um histórico do mapeamento de manguezais. Na **seção 4.7** apresentamos um geral sobre lógica fuzzy, destacando o histórico, os conceitos de bivalência e multivalência, a diferença entre conjuntos clássicos e Fuzzy; a diferença entre os conjuntos fuzzy e Probabilidade; algumas definições básicas, representação dos conjuntos fuzzy, as principais operações com conjuntos fuzzy, variáveis lingüísticas, conceito de regras fuzzy e sistema fuzzy.

Na **seção 5** apresentamos a metodologia, na qual trazemos a caracterização da área de estudo e descrevemos as etapas para a determinação do Índice de vulnerabilidade à ocupação direta de mangue (IVODM) e da construção do sistema fuzzy. E na **seção 6** temos os resultados e discussão e na **Seção 7** as conclusões.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Determinar um índice de vulnerabilidade de mangues a ocupação direta nas sub-bacias hidrográficas do rio Anil na Ilha de São Luís-MA, através de lógica fuzzy e geoprocessamento, com o propósito de fornecer subsídios a políticas públicas sustentáveis e ao refinamento do método de determinação deste índice.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mapear a evolução dos padrões de ocupação direta dos mangues da bacia hidrográfica do anil na ilha de São Luís - MA;
- Fornecer subsídios ao planejamento e manejo sustentável das áreas de mangue em São Luís;
- Desenvolver um sistema fuzzy para determinação de um índice de vulnerabilidade a ocupação direta de mangues (**IVODM**), na bacia do Anil;
- Verificar o comportamento do índice proposto (IVODM) sem considerar os pesos diferenciados por variáveis e por sub-bacias. Ou seja considerando o mesmo peso para todas as variáveis de entrada presentes no trabalho;
- Discutir as limitações metodológicas da lógica fuzzy na discussão dos processos dinâmicos de uso e ocupação do solo;

3. HIPÓTESE

A redução das áreas de mangue na bacia do rio Anil é resultado de uma lógica de custo versus benefício que estabelece os padrões de demanda e disponibilidade de terras edificáveis na ilha.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 O CONCEITO DE MANGUEZAL

A resolução do **CONAMA nº 004, de 18 de setembro de 1985** define manguezal como:

“Ecosistema litorâneo que ocorre em terrenos de baixos sujeitos à ação das marés localizadas em áreas relativamente abrigadas e formado por vasas lodosas recentes às quais se associam comunidades vegetais características”

Considera ainda como área de proteção permanente nos seus incisos VIII e IX. A resolução **CONAMA nº 303 de 20 de março de 2002**, que dispõem especificamente sobre as áreas de preservação permanente, retrabalha a definição do ecossistema manguezal e ratifica o manguezal e toda a sua extensão como área de preservação permanente:

“ecossistema litorâneo que ocorre em terrenos baixos, sujeitos à ação das marés, formado por vasas lodosas recentes ou arenosas, às quais se associa, predominantemente, a vegetação natural conhecida como mangue, com influência fluvio-marinha, típica de solos limosos de regiões estuarinas e com dispersão descontínua ao longo da costa brasileira, entre os estados do Amapá e Santa Catarina.”

Para **Schaeffer-Novelli (1999)**, o ecossistema manguezal, geralmente esta associado às margens de baías, enseadas, barras, desembocaduras de rios, lagunas e reentrâncias costeiras, onde haja o encontro da água de rios com a do mar, ou diretamente expostos à linha da costa e submetidos diariamente à ação das marés de água salgada ou pelo menos, salobra. São sistemas funcionalmente complexos, altamente resilientes e resistentes e, portanto, estáveis.

Para **LABOMAR-UFC/ISME-BR (2005)**, os mangues correspondem a um tipo de vegetação arbóreo-arbustiva, que se desenvolve principalmente nos solos lamosos dos rios tropicais e subtropicais ao longo da zona de influência das marés, onde essas variações de

marés impulsionam as águas salgadas do mar para dentro do continente através do canal fluvial, como para as laterais dos rios em zonas sujeitas a inundações ao longo dos estuários. Os manguezais são caracterizados por uma baixa diversidade de espécies arbóreas resistentes às condições halófilas das águas estuarinas ou regiões costeiras com influências de águas marinhas. É um ambiente propício à produção de matéria orgânica, o que garante alimento e proteção natural para a reprodução de diversas espécies marinhas e estuarinas. Desenvolvem-se em regiões essencialmente tropicais e subtropicais de clima quente e úmido, atingindo seu maior desenvolvimento em latitudes próximas do equador.

Este ecossistema desempenha papel fundamental na estabilidade da geomorfologia costeira, na conservação da biodiversidade e na manutenção de amplos recursos pesqueiros, geralmente utilizados pela população local. Particularmente ao longo do litoral nordeste, devido ao clima semi-árido (**MARINS et al, 2003**), às condições oligotróficas das águas costeiras e à importância da pesca artesanal para a população litorânea (**LACERDA & MARINS, 2002**), essas propriedades dos manguezais são ressaltadas, tornando-os ecossistemas de imenso valor ecológico e ambiental. Baseado nessas propriedades, a legislação brasileira considera as áreas de manguezal como áreas de preservação permanente. Entretanto, apesar dos esforços para sua conservação, os manguezais encontram-se permanentemente ameaçados por diversas atividades humanas desenvolvidas tanto no litoral, quanto no interior. Os principais vetores potenciais geradores de impactos sobre os manguezais incluem a barragem de rios, a agro-pecuária, incluindo a aquicultura, e a urbanização, que resultam em pressões sobre o balanço de sedimentos e águas em estuários, fluxo de nutrientes e poluentes, além do desmatamento direto das florestas. Os efeitos sobre o ambiente costeiro se dão através da erosão e sedimentação, eutrofização e mudanças nas cadeias alimentares e na estrutura de comunidades (**LACERDA, 2002**). Entretanto, a avaliação do impacto dessas atividades sobre os manguezais depende de levantamentos detalhados e confiáveis sobre a evolução da área de manguezal ao longo do litoral e da interpretação de sua variação em relação ao desenvolvimento das diferentes atividades antrópicas na região.

4.2 DISTRIBUIÇÃO DO MANGUEZAL

4.2.1 Mundo

A presença de manguezais ao nível global restringe-se a zona intertropical entre as latitudes 30° N e 30° S. São limitados pela isoterma de 20°C de temperatura da água do mar, que por sua vez é controlada pelas correntes marinhas e que pode oscilar entre o inverno e o verão (**Figura 01**). Há exceções expressivas da ocorrência de mangues fora dos limites subtropicais; nas Bermudas (32°20'N) e Japão (31°22'N), ao sul da Austrália (38°45'S), Nova Zelândia (38°03'S) e ao leste da costa do Sul da África (38°45'S). Dentro dos limites de descritos, os manguezais apresentam distribuição mais restrita na costa oeste das Américas e da África quando comparadas com a costa leste destes continentes. No Oceano Pacífico as áreas de ocorrência dos mangues são limitadas à oeste e estão ausentes em várias ilhas oceânicas (**SPALDING et al., 1997**).

A distribuição das diversas espécies de mangue está baseada na presença e ausência de cada espécie dentro das seis eco-regiões globais, propostas por **Spalding et al. (1997)**: (1) Oeste da América; (2) Leste da América; (3) Oeste da África; (4) Leste da África e Madagascar; (5) Indo-Malásia; e (6) Australiana e leste do Pacífico. Além desta divisão, existe ainda outra que divide os dois hemisférios globais, o Atlântico Leste Pacífico (ALP) e o Indo-Oeste Pacífico (IOP). Neste último, a diversidade de espécies é bem maior que a do primeiro hemisfério. Com 58 e 13 espécies naturais de mangues, respectivamente, o IOP tem cerca de quatro vezes mais espécies que o ALP. Em escala global, os mangues são limitados, de maneira geral, pela temperatura, mas na escala regional, a área e a biomassa das florestas de mangue podem variar com relação às condições hidrológicas e oceanográficas, ou seja, em função das diversas condições climáticas e outras variáveis oceanográficas os mangues podem assumir características específicas aos diversos compartimentos geoambientais encontrados pelo mundo. (**Figura 1**)

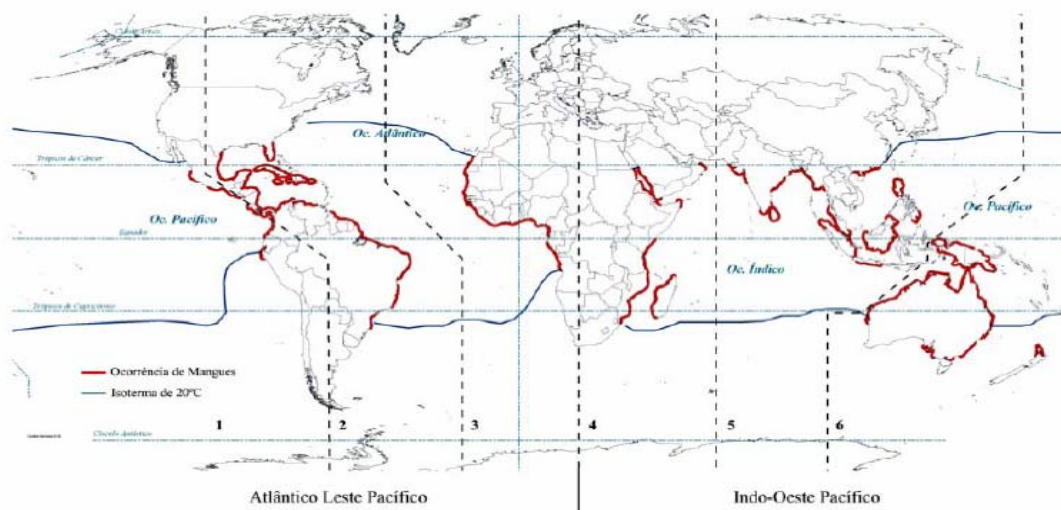


Figura 1. Distribuição global dos mangues ao longo das seis regiões biogeográficas, sua distribuição esta associada com a isoterma de 20°C durante o inverno. No verão a duas isoterma migram no sentido dos pólos. Estas também influenciam as correntes marinhas (Adaptado de: Spalding et al. (1997) por (LABOMAR-UFC/ISME-BR, 2005))

No trabalho de Filho (2005) é apresentada a área de manguezal por continente e as percentagens de manguezal por país com relação ao total. (Tabela 1 e 2)

Tabela 1. Áreas de Manguezal estimadas por Regiões do mundo (FILHO, 2005)

Regiões	Área de Manguezal (km ²) (SPALDING et al, 1997)	Área de manguezal (km ²) (IUCN, 1983)	Área de manguezal (km ²) (FISHER & SPALDING, 1993)
Sul e Sudeste da Ásia	75.173 (41,5%)	51.766 (30,7%)	76.226 (38,3%)
Australásia	18.789 (10,4%)	16.980 (10%)	15.145 (7,6%)
Américas	49.096 (27,1%)	67.446 (40%)	51.286 (25,8%)
África Oriental	27.995 (15,5%)	27.110 (16%)	49.500 (24,9%)
África Ocidental e Oriente Médio	10.024 (5,5%)	5.508 (3,3%)	6.661 (3,4%)
Área Total	181.077 (100%)	168.810 (100%)	198.818 (100%)

Tabela 2. Áreas de Manguezal estimadas para alguns países e o percentual em relação à área total de manguezal no mundo (FILHO, 2005)

Países	Área de manguezal – km ² (SPALDING et al, 1997)
Indonésia	42.550 (23,5%)
Brasil	13.400 (7,4%)
Austrália	11.500 (6,4%)
Nigéria	10.515 (5,8%)
Cuba	7.848 (4,33%)
Papua Nova Guiné	5.399 (2,94%)
México	5.315 (2,93%)
Total (em relação ao mundo)	96.527 (53,3%)

4.2.2 Brasil

Os manguezais ocupam uma fração significativa do litoral brasileiro, cerca de 92% da linha de costa (± 6.800 km), estendendo-se do extremo norte no Oiapoque, Estado do Amapá ($4^{\circ}30'N$), até seu limite sul na Praia do Sonho em Santa Catarina ($28^{\circ}53'S$). (LABOMAR-UFC/ISME-BR, 2005).

As estimativas de área total ocupada por manguezais no litoral nordeste brasileiro foram realizadas pioneiramente por Herz (1991), que publicou o primeiro mapa consolidado das áreas de manguezal do Brasil, baseado em imagens de sensoriamento remoto disponíveis para o ano de 1978. Trata-se do estudo mais detalhado publicado até então e que serviu como base para diversos programas de conservação e gerenciamento de recursos pesqueiros. Desde então, vários autores atualizaram aqueles resultados a partir de levantamentos locais e regionais sumarizados por Kjerfve & Lacerda (1993).

As florestas de manguezais do Brasil cobrem aproximadamente 1,38 milhões de hectares (13.800 Km²) e representa a segunda maior área de manguezal do mundo. A Indonésia está em primeiro lugar com 42.550 km² (SPALDING et al., 1997). Devido à expressão continental do Brasil, sua extensa linha de costa e larga diversidade de comunidades naturais, incluindo manguezais, o litoral brasileiro pode ser subdividido aproximadamente em quatro setores (Figura 1), com base na climatologia e nos critérios

geológicos e geomorfológicos da zona costeira. Esses setores são chamados de eco-regiões dentro de uma escala para a costa brasileira, as quais são definidas como um grupo de comunidades naturais que estão geograficamente delimitadas com particularidades na sua dinâmica ecológica na qual as interações ecológicas são processos fundamentais para a manutenção de sua própria sustentabilidade em longo prazo (LACERDA, 2005). (Figura 2)



Figura 2. Mapa de divisão das eco-regiões brasileiras. Sub-divisão baseada nas características climatológicas, geomorfológicas e geológicas (LACERDA (2005)).

4.2.2.1 Costa Norte Quaternária

Estende-se do Oiapoque no estado do Amapá até o Rio Parnaíba no Piauí, incluindo o estuário do Rio Amazonas. O clima é tropical-úmido com variação de precipitação anual de 1,200 a 2,800 mm. Apresenta típica distribuição sazonal, com invernos secos e verões chuvosos. Anualmente a temperatura média varia de 24° a 27°C. A costa é caracterizada por extensa planície quaternária dominada por mais de 800.000 ha de florestas de mangue (**HERZ, 1991**) e extensos brejos sob um regime de macromaré (4 a 8 metros). A plataforma continental é também ampla, com aproximadamente 320 km de largura, compreendendo uma área superior a 300.000 km² e é dominada pela Corrente Norte do Brasil (CNB) e pelos fluxos estuarinos dos Rios Amazonas e Orinoco com fortes correntes paralelas à costa, resultando assim numa redistribuição lateral dos sedimentos ao longo da costa. As entradas de água doce são expressivas e marcadas por um típico padrão de fluxo sazonal unimodal incluindo os Rios Orinoco (vazão aproximada 35,000 m³.s-1), Amazonas e Tocantins (vazão aproximada 135.000 m³.s-1) como os principais contribuintes. A média anual de descarga de água doce é de aproximadamente 190,000 m³.s-1. (**LABOMAR-UFC/ISME-BR, 2005**)

4.2.2.2 Costa Nordeste Semi-árida

Estende-se de Camocim, estado do Ceará (3°65'S) até a Ilha de Itamaracá, Pernambuco (7°30'S). O clima é predominantemente semi-árido, com média anual de precipitação de 800 mm. As entradas de água doce apresentam baixos valores, a média anual da descarga total dos rios é inferior a 1.000 m³.s-1, e apresenta grande sazonalidade. A maior descarga de água doce para o mar ocorre na estação chuvosa, em geral no final do ano em dezembro e vai até o mês de maio, ocorrendo o oposto durante a estação seca, de junho a novembro. As feições costeiras são dominadas por praias arenosas, campos de deflação eólica e dunas recentes e antigas, linhas de recifes próximas aos estuários, lagunas e lagoas costeiras. Nesse setor, os mangues ocorrem em pequenas extensões principalmente em estuários onde são afetados por regime de mesomaré (2 a 4 metros). A plataforma continental é bordejada por praias arenosas, com largura estreita variando de 20 a 50 km. Atualmente esta eco-região comporta cerca de 60% da área das fazendas de camarão do país. (**LABOMAR-UFC/ISME-BR, 2005**)

4.2.2.3 Costa Nordeste-Leste Úmida

Corresponde à região costeira entre a Ilha de Itamaracá (7°30'S) até a Baía de Guanabara, Rio de Janeiro (22°S). O clima é tropical úmido com média anual da precipitação de 1,000 a 1,500 mm. Porém, a porção sul deste setor registra precipitações inferiores a 700 mm, causadas pela ocorrência de ressurgências costeiras. **(LABOMAR-UFC/ISME-BR, 2005)**

Nas proximidades do Estado da Bahia as precipitações são da ordem de 1,800 a 2,400 mm. A zona costeira é caracterizada por extensos planos arenosos quaternários. Mais de 60 lagoas costeiras ocorrem nessa eco-região. Apresenta mudança de regime de mesomaré para micromaré aproximadamente na metade do setor. Os mangues aparecem de forma expressiva nas desembocaduras dos rios e nas costas protegidas. A plataforma continental é bordejada por praias arenosas, com largura estreita variando de 15 a 90 km estendendo-se até o Banco de Abrolhos (20°S). As descargas dos rios são na ordem de 7,400 m³.s⁻¹, tendo o Rio São Francisco como principal contribuinte. **(LABOMAR-UFC/ISME-BR, 2005)**

4.2.2.4 Costa Granítica Sul

Estende-se da Baía de Guanabara no Rio de Janeiro (22°S) até a praia do sonho em Santa Catarina (28°S). O clima é tropical úmido com médias anuais que variam de 1,000 a 1,500 mm. A costa é caracterizada pela ocorrência de afloramentos de rochas graníticas que seguem da Serra do Mar até o oceano, formando um litoral independente com várias baías protegidas e com cobertura total de florestas de mangues de cerca de 50,000 ha. A plataforma é estreita com largura de 20 a 50 Km. Extensões dos corpos graníticos para o mar resultam em mais de 2,000 pequenas ilhas próxima à costa. A entrada de água doce é da ordem de 1,100 m³.s⁻¹. Para o sul dessa região, estende-se a costa quaternária sul cerca de 600 Km até o limite com o Uruguai. Com clima temperado, essa região não suporta a existência manguezais. Todos os dados apresentados acima, referentes às condições dos setores ambientais do Brasil, foram compilados por **Lacerda (2005)**.

4.2.3 Maranhão.

Em estudos realizados por **Filho (2005)**, em mapeamento da Costa de Manguezais de Macromaré da Amazônia (CMMA), que se estende da Baía de Marajó (PA) até a Ponta de Tubarão localizada na Baía de São José (MA), que perfaz cerca de 650 km de litoral em linha reta (**Figura 3**). Mapeou também em seu trabalho a área completa de manguezais no Maranhão chegando ao resultado de 5.414,31 km², conforme mostra a (**Tabela 3**). Segundo **Rebello-Mochel (2002)** os estados do Maranhão, Pará e Amapá, inseridos na Amazônia Legal Brasileira, detêm cerca de 50% da área de manguezais do país.

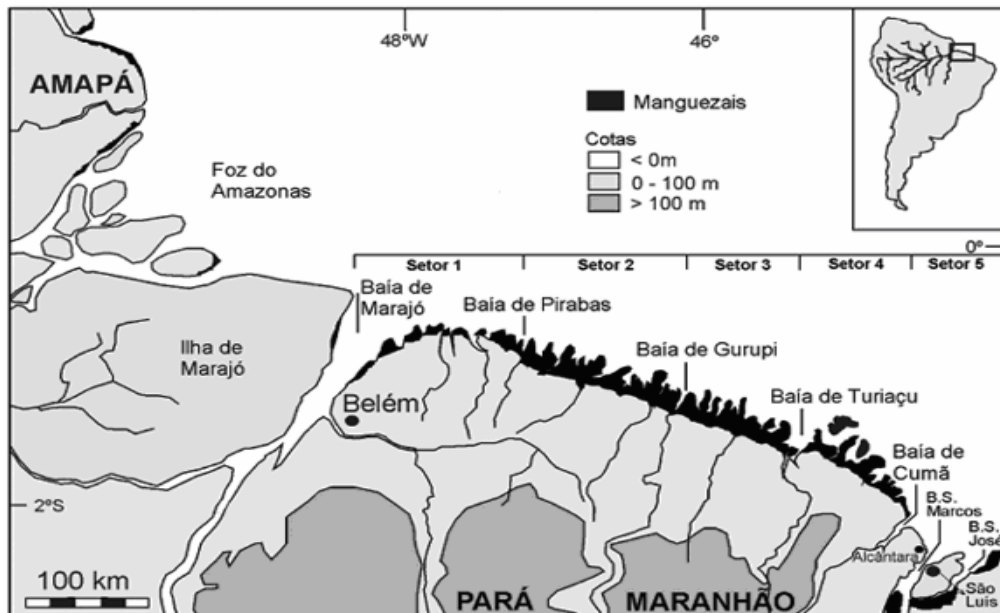


Figura 3. Mapa da Localização da Costa de Manguezais de Macromaré da Amazônia (CMMA) (**FILHO, 2005**)

Tabela 3. Áreas de manguezal estimadas por estado da costa do norte do Brasil e CMMA (**FILHO, 2005**)

Estados e CMMA	Área de Manguezal – km ² (FILHO,2005)	Área de Manguezal – km ² (HERZ, 1991)	Área de Manguezal – km ² (KJERFVE & LACERDA, 1993)
Amapá	-	1.623	1.823
Pará	2.176,78	1.820	3.894
Maranhão	5.414,31	4.923	5.000
CMMA	7.591,09	6.743	8.894

Segundo **Filho (2005)** a grande discrepância observada nas quantificações obtidas para o Estado do Pará apresentados na **Tabela 3** deve-se ao fato de que, no trabalho dele apenas os manguezais da costa nordeste do Pará que constituem a CMMA foram considerados, enquanto que os resultados de Kjerfve & Lacerda (1993), incluem os manguezais pertencentes ao Estado como um todo, em especial os da Ilha de Marajó.

E dentre esses estados que compõem a CMMA, o Maranhão é o que possui a maior área de manguezal do país, inclusa nesta área temos os manguezais da ilha de São Luís, que engloba quatro municípios, dentre eles: São Luís, Raposa, São José de Ribamar e Paço do Lumiar.

Rebello-Mochel et al (2001), apresentou dados de perda da área de manguezais em São Luís entre os períodos de 1972 a 1993, obtendo em 1972 uma área de 25.800 ha (Utilizando imagem base GMS 1000) , em 1979 uma área de 23.200 ha ou 232 km² (Utilizando imagem base Landsat MSS), em 1991 área de 20.730 ha ou 207,3 km² (Utilizando imagem base SPOT) e por ultimo em 1993 uma área de 18.900 ha ou 189 km² (Utilizando Imagem base Landsat TM). Com base nestes dados podemos verificar que mesmo sendo tão amparado juridicamente, como área de preservação permanente, o manguezal da ilha de São Luís diminuiu em 20 anos cerca de 6.900 ha ou 69 km².

O manguezal da ilha de São Luís em 1993 representava 3,5% da área total de manguezal do Maranhão, com relação à área de manguezal determinada por **Filho (2005) (Tabela 3)**.

Consulte **Costa (2004)**, que fez um levantamento bibliográfico sobre os estudos de manguezal no estado do Maranhão, em sua dissertação de mestrado que trabalhava com a avaliação da sustentabilidade das áreas de manguezal frente a implantação do pólo ecoturístico da floresta dos Guarás –Área de proteção ambiental das Reentrâncias Maranhenses, Cururupu-MA.

4.3 COMPOSIÇÃO DOS MANGUEZAIS

4.3.1 Flora

A flora dos manguezais possui características específicas que tornam esses ecossistemas funcional e estruturalmente únicos. Características morfológicas e adaptações das árvores incluem raízes aéreas, dispersão de propágulos pelas correntes controladas pelas marés, rápido crescimento de copa, ausência de anéis de crescimento, eficiente mecanismo de retenção de nutrientes, resistência à ambientes salinos, retentor de água e importante contribuinte no balanço de carbono (ALONGI, 2002).

Em todo o mundo existem apenas 28 gêneros e cerca de 70 espécies de mangues, sendo 17 exclusivamente presentes nesse habitat. Isso reflete uma baixa diversidade genética devido às difíceis condições encontradas nos ambientes que sofrem com as oscilações de marés, onde aparentemente existem menos oportunidades para diversificação e seleção de material genético. No entanto, é impressionante a dominância em todo o mundo do gênero *Rhizophora*. (DUKE et al, 1998).

No Brasil, o ecossistema manguezal pode ser representado por uma associação de espécies do gênero *Rhizophora*, *Avicennia*, *Lagunculária* e *Conocarpus*. Com certa frequência, também aparecem espécies do gênero *Hibiscus*, *Acrostichum* e *Spartina* (HERZ, 1991).

Na maioria das ocorrências, as florestas de manguezal do litoral nordeste do Brasil ocorrem como formações de franjas ribeirinhas e, em menor escala, ocupando bacias salinas na planície costeira. Florestas anãs de mangues são comuns em áreas de elevada salinidade. Entretanto, dependendo da região uma ou outra espécie pode ser pouco expressiva ou até mesmo ausente. Isso ocorre em função do tamanho da região estuarina e de suas características ambientais. Por exemplo, o barramento artificial ao longo das bacias hidrográficas é apontado como um dos principais causadores de mudança nos padrões de circulação estuarina devido à retenção do aporte de água doce e sedimentos, resultando em alterações na distribuição dos mangues (LACERDA & MARINS, 2002). Outro grande modificador das condições ambientais é a dinâmica sedimentar costeira, particularmente

afetada por mudanças globais e regionais, que também resultam na alteração da distribuição e na composição dos mangues (MARINS et al, 2002).

As florestas de Manguezal no Maranhão constituem-se pelas espécies *Rhizophora mangle*, *R. racemosa*, *R. harrisonii* (mangue Vermelho) da família Rhizophoraceae; *Avicennia germinans*, *A. shaueriana* (mangue siriba) da família Avicenniaceae e *Laguncularia racemosa* (mangue tinteira) e *Conocarpus erectus* (mangue de botão) da família Combretaceae. (REBELO-MOCHEL, 2002)

4.3.2 Fauna

A fauna dos manguezais é derivada dos ambientes marinhos e terrestres adjacentes. A distribuição é composta principalmente de elementos de origem terrestre como os insetos, aves e mamíferos que ocorrem nas copas das árvores acima da linha d'água e em áreas que não sofrem influências das marés. De maneira geral, estas espécies não apresentam adaptações específicas a este ecossistema, porém, muitas vezes, usufruem-no para alimentação e às vezes para reprodução. Em troca, essa fauna contribui com o insumo de nutrientes através de suas fezes e com a polinização. (LABOMAR-UFC/ISME-BR, 2005)

Nas áreas que sofrem com a ação das marés se distribuem elementos da fauna tolerante à salinidade, como *moluscos*, *crustáceos* e *peixes*. Os caranguejos como o *chamamaré*, *guaiamum*, *uçá* e *aratú*, entre outros, vivem nos substratos protegidos pelas raízes dos mangues, alimentando-se de organismos presentes nos sedimentos e folhas. Em períodos de maré alta, os caranguejos se enterram em tocas, o que permite uma circulação de água melhorando as condições anóxicas dos sedimentos lamosos estuarinos. (LABOMAR-UFC/ISME-BR, 2005)

De forma geral, a fauna dos ambientes de manguezais pode ser dividida em cinco comunidades principais: 1) *Canais de maré*: zona sempre inundada com porções mais profundas e com gradiente de salinidade que diminui da desembocadura do rio em direção ao interior (SAMPAIO, 2002). Apresenta como principais grupos: Peixes: tainha (*Mugil* spp.), carapeba (*Diapterus*, sp. *Eugerres* sp.); Crustáceos: Siris (*Callinectes* spp.), camarões de água doce e salgada (*Macrobrachium* sp., *Penaeus* spp.); e plancton de origem eminentemente marinha. 2) *Margem de canais de maré*: zona descoberta durante o período de maré baixa.

Apresenta como principais grupos: Crustáceos Decápodos: Siris (*Callinectes* spp.), camarões de água doce (*Macrobrachium* sp.) e salgada (*Penaeus* spp.), e particularmente caranguejos do gênero *Uca* spp. (Figura 6); moluscos bivalvos: (*Venus* spp., *Anomalocardia brasiliana*, *Crassostrea* spp., *Arca* sp.; *Tagelus plebeius*, *Iphigenia brasiliana*); e conta ainda com a presença de diversas aves, principalmente garças, gaivotas, gaviões e socós que buscam alimentos nos bancos expostos na maré baixa. **3) Base dos bosques:** áreas sob as copas das árvores e raízes de mangues, onde o substrato é mais duro. Apresenta como principais grupos: Crustáceos decapodes, particularmente *Goniopsis cruentata*, *Ucides cordatus*, *Cardisoma* spp.; moluscos gastópodos, *Neritina* spp., *Bulla* spp., e bivalvos *Mytella* spp.; e nas áreas mais bem preservadas e extensas répteis (jacarés) e mamíferos (guaxinim). **4) Troncos e raízes aéreas:** Superfícies ocupadas por cracas e ostras (*Crassostrea* spp.), gastropodos (*Littorina angulifera*) e com uma flora de algas associadas e líquens crescendo nos troncos, ramos e raízes aéreas. (LABOMAR-UFC/ISME-BR, 2005) **5) Copa das árvores:** As copas representam uma interface entre o ambiente marinho e o terrestre (KJERFVE & LACERDA, 1993; LACERDA, 2002), insetos, cupins, formigas, grilos, e outros insetos são abundantes. Aves como garças e socós fazem ninhos enquanto que mergulhões, gaivotas, gaviões entre outras aves usam as copas durante a caça. Diversas espécies de cobras e alguns anfíbios também ocorrem neste ambiente. Plantas epífitas, como orquídeas e bromélias, além de musgos e líquens de origem na Mata Atlântica também ocorrem nas copas das árvores de mangue.

4.4 LEGISLAÇÃO SOBRE MANGUEZAIS

Segundo a **Convenção Internacional de Ramsar de 2 de Fevereiro de 1971**, as áreas de manguezais, foram inclusos na lista de zonas úmidas de importância internacional. O manguezal ainda está amparado por vários dispositivos legais federais e estaduais no Brasil, conforme apresentado abaixo.

O art. 225º, § 4º da **Constituição Federal brasileira** considera a Zona Costeira como "patrimônio nacional", devendo ser utilizada observando a preservação do meio ambiente e o art.196º da **Constituição do Estado de São Paulo** também a protege, bem como o Complexo Estuário Lagunar entre Iguape e Cananéia como espaços territoriais especialmente protegidos, podendo ser utilizado apenas com autorização, mas sempre observando a preservação do meio

ambiente, bem como no art.197, inciso I da **Constituição do Estado de São Paulo** considera expressamente os manguezais áreas de proteção permanente.

A resolução do **CONAMA nº 004, de 18 de setembro de 1985** define manguezal como:

“Ecosistema litorâneo que ocorre em terrenos de baixos sujeitos à ação das marés localizadas em áreas relativamente abrigadas e formado por vasas lodosas recentes às quais se associam comunidades vegetais características”

Considera ainda como área de proteção permanente nos seus incisos VIII e IX.

A resolução **CONAMA nº 303 de 20 de março de 2002**, que dispõem especificamente sobre as áreas de preservação permanente, retrabalha a definição do ecossistema manguezal e ratifica o manguezal e toda a sua extensão como área de preservação permanente:

“ecossistema litorâneo que ocorre em terrenos baixos, sujeitos à ação das marés, formado por vasas lodosas recentes ou arenosas, às quais se associa, predominantemente, a vegetação natural conhecida como mangue, com influência fluvio-marinha, típica de solos limosos de regiões estuarinas e com dispersão descontínua ao longo da costa brasileira, entre os estados do Amapá e Santa Catarina.”

Por sua vez a **Lei nº 7.661, de 16 de maio de 1988, que instituiu o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC)** definiu em seu art.2º, parágrafo único, a Zona Costeira como "o espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos renováveis ou não, abrangendo uma faixa marítima e outra terrestre, que serão definidas pelo Plano", e em seu art.3º, inciso I, dá prioridade a conservação e proteção, em caso de zoneamento, entre outros, aos manguezais, prevendo, inclusive, sanções como interdição, embargos e demolição (art.6º), além das penalidades do art.14º da **Lei 6.938/81, que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente.**

Este **Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro** foi aprovado pela **Resolução nº 01 de 21 de Novembro de 1990 da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM)** e pelo **CONAMA-Conselho Nacional do Meio Ambiente** e define a Zona Costeira como " a área de abrangência dos efeitos naturais resultantes das interações terra-mar-ar, leva em conta a paisagem físico-ambiental, em função dos acidentes topográficos situados ao longo do litoral, como ilhas, estuários e baías, comporta em sua integridade os processos e interações características das unidades ecossistêmicas litorâneas e inclui as atividades sócio-econômicas que aí se estabelecem (**MACHADO, 1992**).

Nos demais Estados marítimos brasileiros podemos constatar que na Constituição de alguns há expressa referência a preservação dos mangues, como na da: **Constituição da Bahia**, art.215º, inciso I que inclui os manguezais nas áreas de preservação permanente; **Constituição do Ceará**, art.267º, inciso V que proíbe à indústria, comércio, hospitais e residências de despejarem nos mangues resíduos químicos e orgânicos não tratados; **Constituição do Maranhão**, art.241º, inciso IV, " a" que inclui os manguezais nas áreas de preservação permanente; **Constituição da Paraíba**, 227º, inciso IX, que determina a designação dos mangues como áreas de preservação permanente; **Constituição do Piauí**, art.237º, § 7º, inciso I , que também inclui os manguezais nas áreas de preservação permanente; e **Constituição do Rio de Janeiro**, art.265º, inciso I, também considera os manguezais de preservação permanente.

No restante dos Estados marítimos os manguezais existentes em suas áreas estão de certa forma protegidos, porque em suas constituições há dispositivos legais que protegem regiões que tem flora e fauna rica ou de importância, estando por conseguinte incluídos aí os mangues, de forma que os manguezais brasileiros estão bem definidos e incluídos na Zona Costeira do Brasil, e conseqüentemente protegidos por lei, quer expressamente ou indiretamente.

Lembramos, ainda, que a **Lei de Parcelamento do Solo (Lei 6766/79)**, não permite o parcelamento do solo em áreas de preservação ecológica, entre outras (art. 3º, parágrafo único, inciso V), incluindo nestas os manguezais. Por força do art.2º, alínea f da **Lei 4.771 de 15 de setembro de 1965, o Código Florestal**, considera também floresta de preservação permanente, as que servem de estabilizadoras de mangues.

A Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981 instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente com a finalidade de preservar, melhorar e recuperar a qualidade ambiental para propiciar a vida, assegurando assim o desenvolvimento socioeconômico (art.2º), com o atendimento dos seguintes princípios, entre outros:

- Planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais (inciso. III);
- Proteção dos ecossistemas, com preservação de áreas representativas (IV);
- Controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras (V);
- Recuperação de áreas degradadas (VIII); e,
- Proteção de áreas ameaçadas de degradação.

Nesta lei estão importantes conceitos como, por exemplo, recursos ambientais que são: a atmosfera, as águas interiores, superficiais e subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo, os elementos da biosfera, a fauna e a flora (art.3º, inciso V). Instituiu ainda em seu art.14º as sanções administrativas de multa, perda ou restrição de incentivos e benefícios fiscais, perda ou suspensão de participação em linhas de financiamento em estabelecimentos oficiais de crédito, e suspensão de atividade; e prevê ainda em seu art.15º, alterado pela **Lei 7.804 de 18 de Julho de 1989, pena de reclusão e multa ao poluidor que expuser a perigo a incolumidade humana, animal ou vegetal, ou venha a agravar esta situação.**

Para isso, quanto uma efetiva e concreta proteção processual destes ecossistemas encontramos a **Lei 7.347/85, a Lei da Ação Civil Pública**, que permite ao Ministério Público, à União, aos Estados, aos Municípios, Autarquias, empresas públicas, fundações, sociedades de economia mista e associações civis com mais de um ano ajuizar ação civil pública de responsabilidade por danos ao meio ambiente, conforme seu art.5º, impondo: condenação em dinheiro ou cumprimento de obrigação de fazer ou não fazer (art.3º); multa e pena de prisão-reclusão aos agressores (art.10º).

Também podem ser propostas:

- Ação popular constitucional para o fim de anular ato lesivo ao patrimônio público art.5º, LXXIII da Constituição Federal;
- Mandado de segurança coletivo às entidades associativas, aos partidos políticos e aos sindicatos para defender interesses transindividuais (art.5º, LXX da CF) e

- Mandado de injunção em faltando norma regulamentadora a agasalhar um direito reconhecido (art.5º, LXXI da C.F),

Todas estas medidas judiciais podem ser aplicadas em havendo potencial dano aos manguezais.

O art. 26º do **Código Florestal (Lei 4.771/65)** enumera os casos de contravenções penais que implicam em prisão simples ou multa, vários atos de depredação à flora, destacando, entre outros, a proibição de destruição da floresta considerada de preservação permanente; o corte de suas árvores sem permissão da autoridade competente e a proibição de extração das florestas de preservação permanente, sem prévia autorização, de pedra, areia, cal ou qualquer espécie de minerais.

A Lei de Proteção da Fauna (Lei 5.197/67), em art.27º, § 2º, prevê pena de reclusão quando o agente causar o perecimento de espécies da fauna ictiológica existente em rios, lagos, açudes, lagoas, baías ou mar territorial brasileiro, incluindo nesses últimos, os manguezais.

A Lei 9.605/98, conhecida como Lei dos Crimes Ambientais, também penaliza aquele que produz poluição de qualquer forma (art.54), incluindo aí a poluição dos mangues. Ainda o art.38º e seguintes que disciplina os danos à flora.

Estas são em suma as sanções administrativas e a legislação principal penal existentes que podem ser aplicadas em caso de degradação dos manguezais, observando que em caso da autoridade competente retardar ou deixar de praticar indevidamente ato de ofício ou praticá-lo contra disposição expressa de lei, para satisfazer o interesse pessoal, estará praticando crime de prevaricação, nos termos do art.319º do **Código Penal**.

Lembramos ainda que o art.225, caput, de nossa Carta Magna garante a todos, o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, impondo ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo.

Assim, pelo fato de estarem dentro das Zonas Costeiras, somado as suas características especiais em termos biológicos, o ecossistema manguezal está protegido legalmente contra a degradação, observando que em muitos Estados marítimos brasileiros é expressamente considerado área de proteção permanente em suas Constituições.

Neste caso de acordo com os arts.1º e 4º do **Código Florestal (lei nº 4.771/65)** os quais dispõem que as áreas de preservação permanente, diz que só poderão ser suprimidas em hipóteses de utilidade pública e interesse social, definidas pelo próprio Código Florestal, *verbis*:

Art.1.....

§ 2º-Para os efeitos deste Código, entende-se por:

IV - utilidade pública:

- a) as atividades de segurança nacional e proteção sanitária;
- b) as obras essenciais de infra-estrutura destinadas aos serviços públicos de transporte, saneamento e energia; e
- c) demais obras, planos, atividades ou projetos previstos em resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA;

V – interesse social:

- a) as atividades imprescindíveis à proteção da integridade da vegetação nativa, tais como: prevenção, combate e controle do fogo, controle da erosão, erradicação de invasoras e proteção de plantios com espécies nativas, conforme resolução do CONAMA;
- b) as atividades de manejo agroflorestal sustentável praticadas na pequena propriedade ou posse rural familiar, que não descaracterizem a cobertura vegetal e não prejudiquem a função ambiental da área; e
- c) demais obras, planos, atividades ou projetos definidos em resolução do CONAMA;

Art. 4º A supressão de vegetação em área de preservação permanente somente poderá ser autorizada em caso de utilidade pública ou de interesse social, devidamente caracterizados e motivados em procedimento administrativo próprio, quando inexistir alternativa técnica e locacional ao empreendimento proposto.

Este artigo foi alterado pela **medida provisória nº 2.166-66, de 26 de julho de 2001 que restringe a supressão de vegetação nativa protetora de nascentes, ou de dunas e mangues, apenas no caso de utilidade pública.**

Além do arcabouço legal acima descrito, os manguezais também são áreas protegidas no âmbito do **SNUC- Sistema Nacional de Unidades de Conservação (Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000)** no Maranhão através de unidades de conservação de uso sustentável: **Área de proteção ambiental das reentrâncias maranhenses (Decreto Estadual nº 11.901, de 11 de julho de 1991, reeditando em 09 de junho de 1991)** e mais recentemente com a **criação da reserva extrativista marinha de Cururupu e Serrando do Maranhão (Decreto presidencial nº 000, de 2 de junho de 2004).**

Como podemos observar, o manguezal é um ecossistema extremamente protegido, no entanto apesar de todo esse aparato jurídico, o mesmo vem diminuindo rapidamente, seja pela ineficiência na fiscalização e dos dispositivos existentes, ou por interesses sócio-econômicos ou pelas varias interpretações possíveis da lei.

4.5 OCUPAÇÃO DO MANGUEZAL

Observamos que o processo de urbanização e industrialização no Brasil é conseqüente da implantação de um modelo produtivo, o capitalismo, que impulsiona o crescimento econômico em um ritmo acelerado e promove a concentração das populações nos grandes centros urbanos. O que vem causando vários desequilíbrios sócio-ambientais.

Dito isto, o processo de ocupação de manguezais é o que de fato mais diminui estas áreas nos grandes centros urbanos que possuem manguezal e na maioria das vezes a ocupação se dá pela criação de demandas específicas em regiões com poucas áreas edificáveis, e principalmente pelas demandas de custo e benefício impulsionadas pela força do capital. Ou seja, as áreas de mangue que se encontram em regiões de m² (metro quadrado) muito valorizadas para urbanização terão maior probabilidade de serem perdidas. Isso se considerarmos a força econômica insustentável como a principal impulsionadora dos danos ambientais.

Assim na Bacia do rio Anil em São Luís-MA, a tendência de urbanização em área de manguezal, não é muito diferente de outras áreas do mundo, quanto mais valorizada em

termos de R\$ (reais) por m² (metro quadrado) construído ou do terreno. E quando for viável financeiramente o aterro dessas áreas, principalmente em áreas com menor declividade, teremos uma tendência quase que inevitável de ocupações nessas áreas em pouco tempo. Isso ocorrerá caso a legislação continue ineficaz em aplicar as sanções cabíveis para os diferentes casos que afetam esse ecossistema e continuar sem o conhecimento das possíveis áreas que deverão ser ocupadas em um futuro próximo devido à pressão do capital.

Dentre alguns trabalhos correlacionados, podemos citar: **Caneparo (2001)**, que fez uma análise da dinâmica espacial e dos impactos ambientais causados pela ocupação antrópica em áreas de manguezais de Paranaguá-PR, usando geoprocessamento; **Rost et al (2000)** que apresentou uma metodologia para a elaboração de um mapa de vulnerabilidade do Manguezal do Itacorubi (SC) a ações antrópicas, em função dos fatores: proximidade de ruas, de áreas adjacentes com ocupação urbana, de aterro sanitário e de áreas de aquíicultura com o uso do geoprocessamento; **Martins et al. (2006)** fez uma abordagem acerca do processo de adensamento populacional da Ilha de Deus, situada no interior de uma área estuarina na cidade de Recife, conhecida como parque dos manguezais, utilizando geoprocessamento e sensoriamento remoto.

4.6 MAPEAMENTO DE MANGUES

Os primeiros mapas, no sentido moderno do termo, foram usados, particularmente na Europa, por volta dos séculos XV e XVI. Vários desses mapas retratavam as florestas e outras vegetações (e.g. a *Cosmographia* de Ptolomeu de 1447). Entretanto, os primeiros mapas verdadeiros de vegetação não apareceram antes de meados do século XV, nestes está incluído o *Florenreiche von Brazilien* de 1858, produzido por von Martius que incluiu uma notação sobre mangues. (**SPALDING et al., 1997**).

Vários países cartografaram, em seus levantamentos gerais, os mangues como feições lineares ou pontuais apenas indicando a presença ou início e fim de suas ocorrências. A finalidade deste tipo de indicação cartográfica é servir de auxílio à navegação, ou o simples posicionamento deste ecossistema. Porém, isso foi evoluindo para a identificação de áreas de acordo com a acessibilidade de tecnologias de mapeamento. O surgimento de técnicas de registro foto-aéreo e de sensoriamento remoto possibilitou a delimitação em polígonos das áreas de mangues. Representou um grande avanço para os estudos de mudanças

climatológicas globais, haja vista a grande vulnerabilidade dos ecossistemas manguezais a estas mudanças. O aumento ou decréscimo das áreas de mangues pode ser usado como indicador de mudanças climáticas ou de processos antrópicos associados ao uso dos recursos do solo e hídricos. O conhecimento dessas áreas em vários países e/ou regiões é de extrema importância para o planejamento e manejo desses recursos. Outro aspecto importante é uso de séries históricas de mapas para estimativas de taxas de diminuição ou aumento das áreas dos bosques de mangues. **(LABOMAR-UFC/ISME-BR,2005)**

Nos últimos anos, o mapeamento dos manguezais tem sido realizado amplamente em todo o mundo, retratando não somente a hidrografia, topografia, vegetação e geomorfologia, mas também inventários de recursos naturais, planos de gerenciamento da zona costeira, mapas das zonas úmidas e mapas de sensibilidade costeira produzidos em escalas nacionais, regionais e locais. Alguns projetos de mapeamento de manguezais já foram desenvolvidos em todo o mundo **(CLOUGH, 1993; DIOP, 1993; LACERDA, 1993; PROST, 1997)**.

No Brasil, estudos sobre o mapeamento, distribuição e variabilidade das áreas de manguezal vêm sendo realizados desde a década de 80, com destaque para os trabalhos de **Schaeffer-Novelli (1989), Schaeffer-Novelli et al. (1990), Herz (1991), Franzinelli (1992), Kjerfve & Lacerda (1993), Rebelo-Mochel (1997), Schaeffer-Novelli & Cintrón-Molero (1999) e Kjerfve et al. (2002)**.

Diversos trabalhos foram realizados com a finalidade de mapear e quantificar a área total do planeta ocupada por manguezais. As **Tabelas 1, 2**, mostradas na **seção 4.3.1** que sintetizam a estimativa de áreas de manguezal ao longo de todo o globo, com o percentual de áreas por continente e pelos sete países com maior extensão de área de manguezais. Os valores obtidos, apesar de relativamente diferentes, nos fornecem uma razoável estimativa da área total de manguezais no mundo **(SPALDING et al., 1997)**. Este problema no cálculo das áreas está associado às diferentes metodologias empregadas, que incluem fontes de dados com resoluções espaciais diversificadas, bem como porções dos diferentes ecossistemas costeiros adjacentes (*e.g.* pântanos, planícies de marés, planícies de inundação fluvial). E ainda temos a **Tabela 3** apresentada no trabalho de **Filho (2005)** que apresenta as áreas de manguezal estimadas por estado da costa norte do Brasil e da CMMA (Costa de Manguezais de Macromaré da Amazônia)

4.7 LÓGICA FUZZY

Conforme **ALMEIDA E EVSUKOFF (2003)**, o termo fuzzy pode ser entendido como algo vago, indistinto, incerto. No entanto a tradução para o português mais utilizada é nebuloso e difuso.

4.7.1 Um breve histórico

No trabalho de **JUNIOR (2005)**, é apresentado um breve histórico da lógica fuzzy, conforme segue abaixo:

Aristóteles (384-322 a.C), foi o filósofo grego fundador da ciência da lógica que estabeleceu um conjunto de regras para que as conclusões possam ser aceitas ou não, a sua teoria, preconizou que todo raciocínio lógico é baseado em premissas e conclusões, e atribui valores “verdade” às afirmações, classificando-as como verdadeiras ou falsas.

No século XIV, Willian de Ockhem procurava modos de simplificar um modelo criado a partir da natureza. Para simplificar o modelo, cortava partes do mesmo, fazendo analogia a uma navalha, o que deu origem à expressão “Navalha de Ockham”. Utilizou em sua obra uma lógica baseada em informações que não eram “totalmente verdadeiras, nem totalmente falsas”.

Boole, em 1847 (no livro: “*The Mathematical Analysis of Logic*”), atribuiu valores numéricos para as afirmações verdadeiras e falsas:

- 1(um) para premissas verdadeiras;
- 0(zero) para premissas falsas.

Com operações baseadas nesses valores, Boole criou a álgebra booleana. E praticamente, toda a lógica tradicional de controle e/ou computação é baseada na sua álgebra.

Autor de importantes trabalhos sobre lógica matemática e filosofia analítica, Bertrand Russell, em 1903, publicou um problema que ficou famoso como o “paradoxo de Russell”, que recebeu este nome, pois o problema não poderia ser solucionado pela lógica aristotélica

tradicional, mas sim, pela lógica nebulosa. Em seu livro sobre filosofia, “*A Free Man s Worship*”, de 1923, Russel afirma: “*Habitualmente, toda a lógica tradicional supõe que se empreguem símbolos precisos. Entretanto, isso não se aplica á vida terrestre, mas somente a uma existência celestial imaginada*”.

Na década de 1930, Jan Lukasiewicz desenvolveu uma lógica multinível, argumentando sobre a lei da contradição. Para Lukasiewicz, uma afirmação do tipo “X é Y pode não ser, ao mesmo tempo”. É plausível em termos matemáticos, desde que os graus de verdade não sejam bivalentes (apenas dois níveis: verdadeiro e falso), como o que acontece com a Lógica booleana.

Com o objetivo de fornecer uma ferramenta matemática que contemplasse, ainda, situações ambíguas, não solucionáveis através da lógica computacional fundamentada na lógica booleana, o engenheiro eletrônico L.A.Zadeh, professor de Teoria dos Sistemas na Universidade da Califórnia, Berkeley, desenvolveu, na década de 1960, a teoria dos conjuntos fuzzy **ZADEH (1965)**. E tem merecido lugar de destaque junto a pesquisa de Inteligência artificial. A lógica fuzzy possibilita que seja abordada de forma mais adequada um problema referente à representação e manipulação de conhecimentos em I.A (Inteligência Artificial): a representação da imprecisão e da incerteza em informações **BITTENCOURT & OSÓRIO (2002)**. (**Figura 4**)

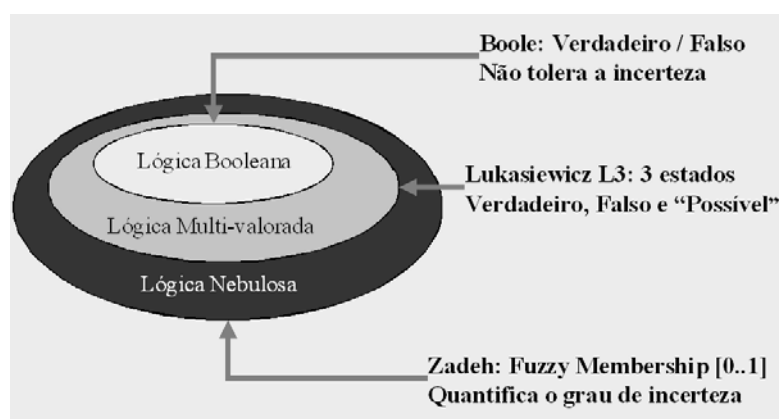


Figura 4. Tipos de Lógica **BITTENCOURT & OSÓRIO (2002)**.

A expressão fuzzy foi mencionada pela primeira vez em 1965. Esta primeira publicação foi feita por Zadeh. De lá para cá, a história da lógica fuzzy segue o exemplo de

outras tecnologias recentes: inventada nos Estados Unidos, desenvolvida na Europa e massificada no Japão.

A lógica fuzzy foi inicialmente construída a partir dos conceitos da lógica aristotélica, com seus operadores definidos aos moldes dos tradicionalmente utilizados. Todavia, motivado na maioria das vezes por necessidades de caráter puramente prático, novos operadores foram definidos ao longo do tempo. A lógica fuzzy, que Zadeh desenvolveu, viola o conceito de que uma premissa é totalmente verdadeira ou totalmente falsa.

4.7.2 Bivalência

A característica da bivalência é a utilização de dois valores: uma afirmação verdadeira ou falsa. Então Aristóteles contribuiu para que grande parte do mundo pensasse através de sua lógica. Na qual sempre se espera que uma determinada afirmação seja verdadeira ou falsa. Excluindo tudo que existe entre essas duas afirmações.

O modo de pensar, as tradições, a ética, a computação, dentre uma série de outras áreas. Possuem de forma enraizada a bivalência, como uma lei de raciocínio. Ou é falso ou é verdadeiro, ou é certo ou é errado. Isso exclui do processo de raciocínio a meia verdade, o meio acerto. O que existe entre as afirmações bivalentes é desconsiderado.

4.7.3 Multivalência

No entanto no mundo real não conseguimos explicar tudo unicamente através da nossa lógica bivalente. Pois o mundo real contém um número infinito de graus de verdade. Um exemplo disso é no caso do sensoriamento remoto. Se tudo fosse representado unicamente pelas cores preto e branco, deixaríamos de enxergar muitas feições da terra. Então para enxergarmos as mesmas, temos os níveis de cinza. Esse é um caso de multivalência claro que considera o meio termo entre o preto e o branco.

Assim o objetivo da lógica fuzzy é de capturar esses tons de cinza e graus de verdade. A lógica fuzzy trabalha, com a incerteza e a verdade parcial entre os fenômenos naturais.

No processo de comunicação dos humanos, nos deparamos com inúmeras incertezas em expressões verbais, que são imprecisas. Para os seres humanos existem palavras que representam um conjunto de idéias, por exemplo: Carro.

Para o nosso julgamento o fusca é um carro com um grau de verdade de 10%, já uma Ferrari é um carro com um grau de verdade 100%. Note que a palavra carro é carregada de outros sentidos. Que podem variar de pessoa para pessoa. Dessa forma o conjunto Carro é um conjunto fuzzy, e que os seres humanos também conseguem raciocinar com eles.

Lembrando que os computadores raciocinam segundo uma lógica bivalente: 0 e 1. Dessa forma podemos dizer que a lógica fuzzy pode fazer os computadores raciocinarem como os seres humanos.

4.7.4 Conjuntos Clássicos vs Conjuntos Fuzzy

Os conjuntos fuzzy com a facilidade de modelar os dados incertos encontrados frequentemente no mundo real, são uma extensão dos conjuntos clássicos.

A diferença básica entre a proposição clássica e a fuzzy reside na faixa de seus valores-verdade. Enquanto que na teoria tradicional dos conjuntos da lógica clássica, um elemento pertence ou não pertence a um conjunto, na teoria dos conjuntos fuzzy um elemento do universo de discurso pode ser definido matematicamente por um valor que represente o seu grau de pertinência ao conjunto. Este valor de pertinência pertence a uma faixa de 0 (elemento não pertencente ao conjunto) até 1 (elemento totalmente pertencente ao conjunto). Ou seja, a lógica fuzzy é uma forma de gerenciamento de incertezas, através da expressão de termos com grau de certeza, num intervalo numérico $[0,1]$, onde a certeza absoluta, é representada pelo valor 1.

Apesar das vantagens de sua exatidão, a lógica clássica apresenta um inconveniente, que é o de não poder reproduzir algumas particularidades do pensamento humano. Já a lógica fuzzy é uma lógica contínua, modelada com base no raciocínio aproximado de seres humanos, raciocínio este que possui expressões verbais e imprecisas, com vários graus de incerteza. Os quais são facilmente manipulados pela lógica fuzzy. Dessa forma a lógica fuzzy não se restringe a 0 (falso) ou 1 (verdadeiro). Permite verdades parciais e múltiplos valores.

A teoria clássica de conjuntos permite o tratamento de classes de objetos e suas inter-relações em um universo definido, universo este que pode ser discreto ou contínuo, conforme a natureza dos elementos que o compõem.

Assim como na teoria probabilística e teoria da informação, a teoria dos conjuntos fuzzy lida diretamente com a incerteza. Essa incerteza, embora possa ser tratada de diferentes maneiras, destaca-se segundo duas formas básicas: incerteza estocástica e incerteza léxica.

A incerteza estocástica lida com a incerteza devida a ocorrência de um evento. Um evento, por exemplo, que considere acertar um alvo tem incerteza quando se apresentam duas situações possíveis, acertar um alvo ou não. A incerteza léxica se apresenta devido a linguagem humana, para a qual não existem definições exatas. Por exemplo, uma criança tem um conceito diferente do que aquele apresentado por um adulto com relação à altura de uma pessoa.

Assim, verifica-se que a incerteza estocástica diferencia-se da incerteza léxica pelo uso da expressão probabilidade. Para a primeira, a incerteza estocástica, a probabilidade é expressa em termos matemáticos e para a segunda, incerteza léxica, a probabilidade não é quantificada, mas sim apresentada segundo uma categoria subjetiva, explicando por isso sua maior flexibilidade. **(Quadro 1 e Figura 5)**

Quadro 1. Conjuntos Clássicos X Conjuntos Fuzzy (BORBA et al, 2007)

Conjuntos Clássicos – Lógica Booleana	Conjuntos Fuzzy – Lógica Fuzzy
Limites precisos	Limites imprecisos
Transição brusca entre pertencer e não pertencer	Transição gradual entre pertencer e não pertencer
Representam conceitos bem definidos	Representam conceitos vagos e imprecisos

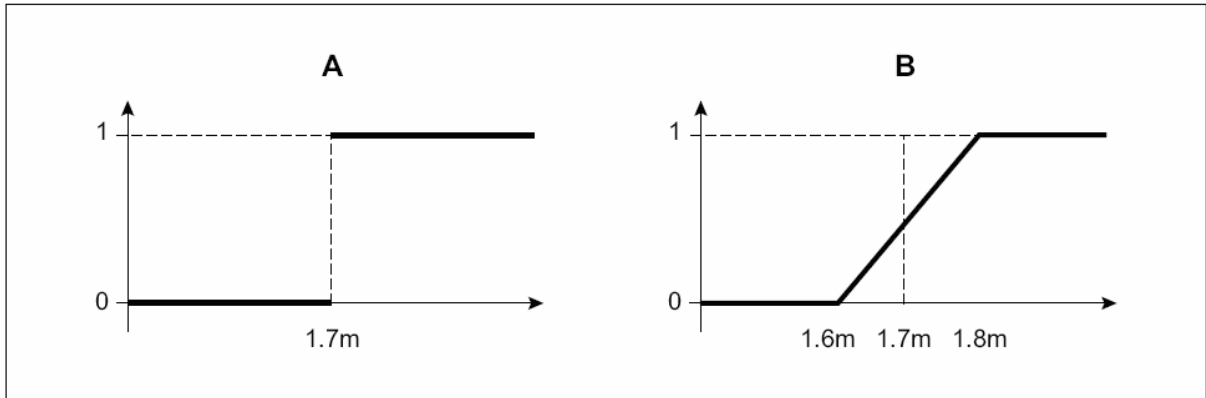


Figura 5. Conjuntos Clássicos X Conjuntos Fuzzy (BORBA et al, 2007)

4.7.5 Conjunto Fuzzy vs Probabilidade

NOGUCHI (2004) apresenta em seu trabalho, uma breve diferença entre conjunto nebuloso ou fuzzy e Probabilidade. Para ela o conjunto nebuloso é frequentemente indicado incorretamente como alguma forma de probabilidade. Apesar do fato de poderem assumir valores semelhantes, é importante perceber que os graus de pertinência não são probabilidades. Uma diferença imediatamente aparente é que a adição de probabilidades em um conjunto universal finito, tem de ser igual a 1, enquanto não há nenhuma exigência desta para graus de pertinência. E NOGUCHI (2004) cita um exemplo relatado por BEZDEK (1996) que esclarece a diferença entre conjunto nebuloso e probabilidade.

De acordo com BEZDEK (1996) considerando que L = conjunto de todos os líquidos e o subconjunto P = todos os líquidos potáveis. Se uma determinada pessoa estivesse sem beber há muito tempo e encontrasse duas garrafas A e B, marcadas com a seguinte informação: probabilidade $(A \in P) = 0.91$ e nebuloso $(B \in P) = 0.91$. Concluindo-se que esta pessoa deve beber a que escolher, qual seria a escolhida para se beber primeiro? A maioria das pessoas diria que B poderia conter, por exemplo, água de pântano; porém uma pertinência de 0.91 significa que os conteúdos de B são "bastante semelhantes" a líquidos perfeitamente potáveis (talvez, água pura). Por outro lado, a probabilidade de A ser potável $= 0.91$, simplesmente indica, que baseado em longas experiências nos conteúdos de A, é esperado que seja potável em aproximadamente 91% das tentativas, sendo que, em 9% das tentativas restantes, os conteúdos poderão ser mortais, isto é, aproximadamente 1 probabilidade em 10. Assim, a maior parte das pessoas optaria pela água de pântano da garrafa B. Continuando, então, ao examinar-se os conteúdos das garrafas A e B, descobre-se que A e B contém cerveja. Depois desta observação, o valor de pertinência para B não mudará, entretanto o

valor da probabilidade deve, reduzir-se de 0.91 a 0. Este exemplo mostra que estes dois modelos possuem diferentes espécies de informação: pertinência nebulosa, que representa similaridades de objetos para definir propriedades imprecisas e probabilidade que diz respeito a informações de frequências relativas.

4.7.6 Definições Básicas

A lógica clássica aristotélica é bivalente, isto é reconhece apenas dois valores: verdadeiro ou falso, enquanto que a lógica nebulosa é multivalorada, assegurando que a verdade é uma questão de ponto de vista. **SHAW & SIMÕES (1999)**

A lógica nebulosa possibilita tratar de um modo mais adequado as expressões verbais, imprecisas, qualitativas, inerentes da comunicação humana, que possuem vários graus de imprecisão e pode sistematicamente traduzir os termos difusos da comunicação humana em valores compreensíveis por computador. **TURBAN & ARONSON (2001)** e **CHEN (2000)**

Expressões como: “quase”, “muito” e “pouco” representam a imprecisão, e usualmente não podem ser tratadas pelos sistemas da lógica clássica. Dessa maneira a lógica nebulosa é um superconjunto da lógica booleana tradicional que estende essa lógica e inclui o conceito de parcialmente verdadeiro. **BITTENCOURT & OSÓRIO (2002)**. Expressões que são exemplo de incerteza léxica.

A teoria clássica de conjuntos permite o tratamento de classes e objetos e suas inter-relações em um universo definido. Os objetos de uma mesma classe ou que possuem características semelhantes são agrupados em conjuntos. Um conjunto, então, consiste em uma coleção de objetos do universo de discurso Ω . Estes elementos possuem uma relação de pertinência bem definida com relação aos conjuntos existentes, onde um elemento pertence a um conjunto ou não. Desta forma o grau de pertinência μ_A de um elemento x em relação a um dado conjunto A do universo de discurso Ω pode ser formalmente definido por uma função chamada função de pertinência: $\mu_A : \Omega \rightarrow [0,1]$

No mundo real, existem propriedades que são vagas, incertas ou imprecisas e portanto não podem ser representadas pela lógica clássica bivalente, como por exemplo, os termos

lingüísticos como: alto, baixo, etc. Mas podem ser representada pela teoria dos conjuntos fuzzy, onde um elemento pode ter um grau de pertinência intermediário entre a pertinência total e a não pertinência.

A função de pertinência de um conjunto fuzzy depende do significado lingüístico definido para esse conjunto e de sua interpretação no contexto do universo de discurso utilizado. Na lógica fuzzy, o grau de pertinência de um elemento em relação a um dado conjunto é uma função característica real, que pode assumir qualquer valor real no intervalo fechado $[0,1]$.

O elemento $\mu_A(\mathbf{X})$ é chamado de função de pertinência. O mesmo determina o grau com que x pertence ao conjunto A .

Um exemplo seria o grau de conforto de uma casa que poderia ser medido pelo número de quartos. Dado o numero de quartos $\mathbf{X}=\{1,2,3,\dots,10\}$, para descrever a quantidade de quartos de uma casa. E o numero de indivíduos n . Onde a medida que n se aproxima de x o conforto aumenta, e a medida que n se distancia de x o conforto diminui.

Para uma família e três pessoas, um possível conjunto nebuloso seria:

$A = \{(1, 0.3), (2, 0.7), (3, 1), (4, 0.7), (5, 0.4), \dots\}$. o par $(2, 0.7)$, indica que uma casa com 2 quartos tem $\mu_A(\mathbf{x}) = 0.7$. Isso nos diz que uma casa com 2 (dois) quartos é confortável com um grau de verdade de $\mu_A(\mathbf{x}) = 0.7$

Dessa forma a lógica nebulosa é uma forma de gerenciamento de imprecisões, através da expressão de termos com um grau de pertinência, em um intervalo numérico $[0,1]$, onde a pertinência absoluta é representada pelo valor $\mu_A(\mathbf{x}) = 1$.

$\mu_A(\mathbf{X}) = 1$, indica total compatibilidade com A .

$\mu_A(\mathbf{X}) = 0$, indica total incompatibilidade com A

Qualquer valor de grau de pertinência que estive dentro do seguinte intervalo $0 < \mu_A(\mathbf{X}) < 1$ é parcialmente compatível com A .

Então a principal diferença entre a lógica tradicional, também conhecida como booleana ou aristotélica e a lógica nebulosa é a faixa de valores considerada como verdadeiro. Enquanto na lógica tradicional existem apenas os valores 0 e 1 (verdadeiro e falso), na Lógica nebulosa verdadeiro e falso são expressos em termos de graus. **CORTES (2004)**.

4.7.7 Representação dos conjuntos fuzzy

Para representação de um conjunto *fuzzy*, pode-se utilizar o diagrama de *Hassi-Euler* (H-E). Nesta notação, o conjunto é representado graficamente por uma função real, esboçada em um sistema de eixos cartesianos, onde o eixo x representa o universo de discurso e o eixo y representa os graus de pertinência. A **Figura 6** mostra a representação pelo diagrama de H-E para o conjunto *fuzzy* P do exemplo, no universo de discurso U . **JUNIOR (2005)**

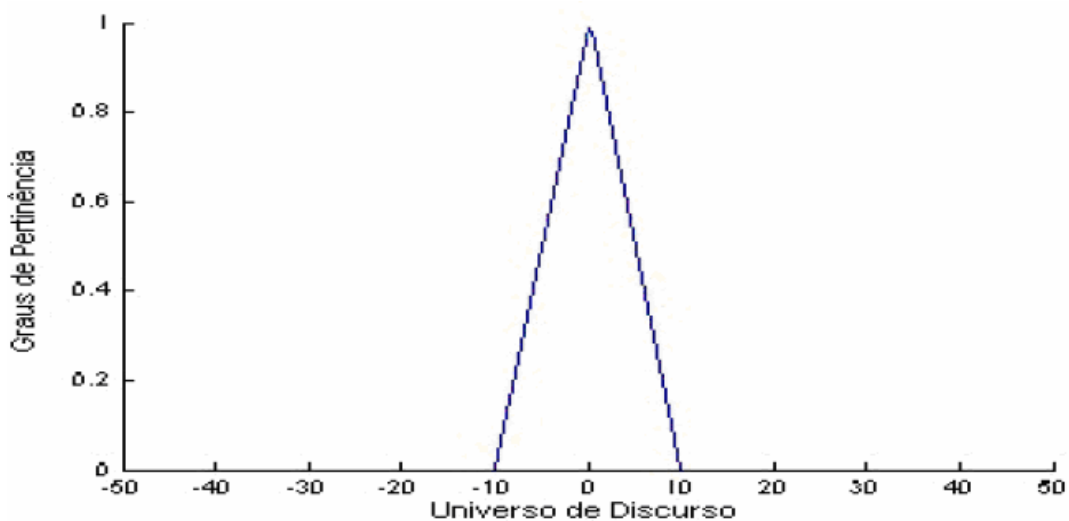


Figura 6. Diagrama de H-E representando P no Universo U . **JUNIOR (2005)**

Na maioria das aplicações práticas, as funções de pertinência são do tipo gaussiana, triangulares, trapezoidais, crescentes e decrescentes. **(NOGUCHI, 2004) (Figura 7)**

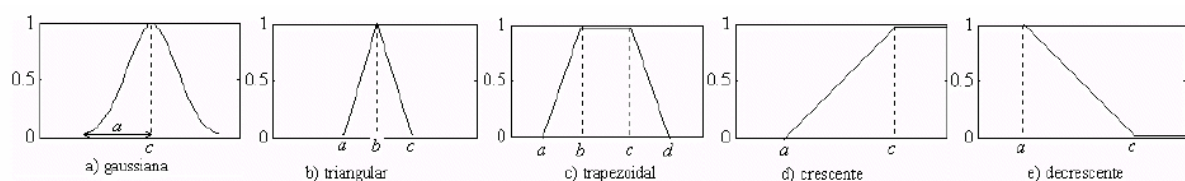


Figura 7. Tipos de representações de funções de pertinência **(NOGUCHI, 2004)**

4.7.8 Operações com conjuntos fuzzy

Para representar as operações básicas com conjuntos *fuzzy*, serão utilizados três conjuntos denominados pequeno, médio e grande, denotados respectivamente por P , M , G , num universo de discurso real U : $[0,100]$, com graus de pertinência μ_P , μ_M , μ_G , respectivamente. Estes conjuntos estão representados na **Figura 8**.

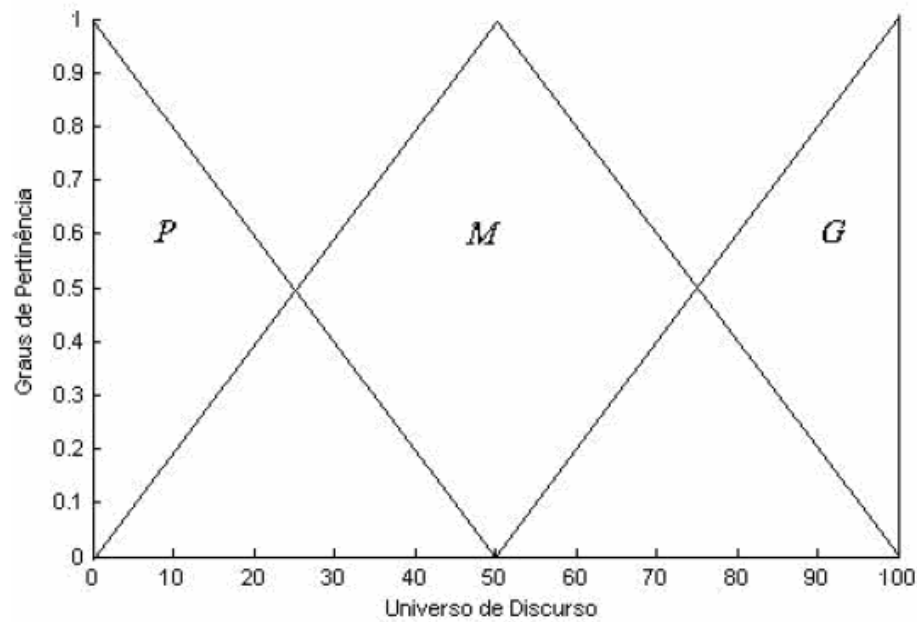


Figura 8. Diagrama para conjuntos fuzzy P,M,G. JUNIOR (2005)

As operações básicas para os conjuntos *fuzzy* são: complemento, interseção e união.

Operador Complemento

O complemento de um conjunto nebuloso com respeito ao conjunto universo U , de elementos x é indicado por $\neg\mu_A(x)$, podendo ser definido por $\neg\mu_A(x) = 1 - \mu_A(x)$, $\forall x \in A$, quando o intervalo de graus de pertinência é um intervalo fechado entre 0 e 1. Assim, se um elemento tem grau de pertinência de 0.8 em um conjunto nebuloso A , seu grau de pertinência no complemento de A será 0.2. (NOGUCHI, 2004)

Operador Interseção (Min)

A interseção ou conjunção (AND (E)) de dois conjuntos nebulosos A e B, com suas funções de pertinência $\mu_A(x)$ e $\mu_B(x)$ é especificada em geral por um mapeamento binário T, que agrega duas funções de pertinência (NOGUCHI, 2004) como:

$$\mu_{A \cap B}(x) = T(\mu_A(x), \mu_B(x))$$

Por exemplo o operador binário T pode representar a multiplicação de $\mu_A(x)$ e $\mu_B(x)$. Estes operadores de intersecção fuzzy que são geralmente referenciados como T-norma e, satisfazem algumas exigências básicas. Um operador T-norma é um mapeamento binário T que satisfaz as seguintes propriedades de acordo com **Noguchi (2004)**:

- a) Limite:** $T(0,0) = 0$, $T(a,1) = T(1,a) = a$
- b) Monotonicidade:** $T(a,b) \leq T(c,d)$ se $a \leq c$ e $b \leq d$
- c) Comutatividade:** $T(a,b) = T(b,a)$
- d) Associatividade:** $T(a, T(b,c)) = T(T(a,b), c)$

A propriedade (a) impõe a generalização correta a conjuntos nebulosos. A propriedade (b) indica que uma redução nos valores de pertinência em A ou B não podem produzir um incremento no valor de pertinência em A intersecção B. A propriedade (c) indica que o operador é indiferente à ordem dos conjuntos nebulosos que serão combinados. Finalmente, a propriedade (d) permite efetuar a intersecção de qualquer número de conjuntos em qualquer ordem de agrupamentos de pares (NOGUCHI, 2004).

Quando a intersecção de dois conjuntos nebulosos é dada por $\mu_{A \cap B}(x) = \min[\mu_A(x), \mu_B(x)]$, o grau de pertinência de cada elemento do conjunto universal em $A \cap B$ é o menor valor entre o grau de pertinência em A e seu grau de pertinência B, assim o conjunto nebuloso $A \cap B$ é um subconjunto de ambos A e B. (utilizamos a T-norma Min) (NOGUCHI, 2004)

A interseção entre conjuntos *fuzzy* corresponde ao conectivo “E”. A área sombreada da **Figura 9** mostra a interseção $P \cap M$, que resulta no subconjunto “pequeno e médio”.

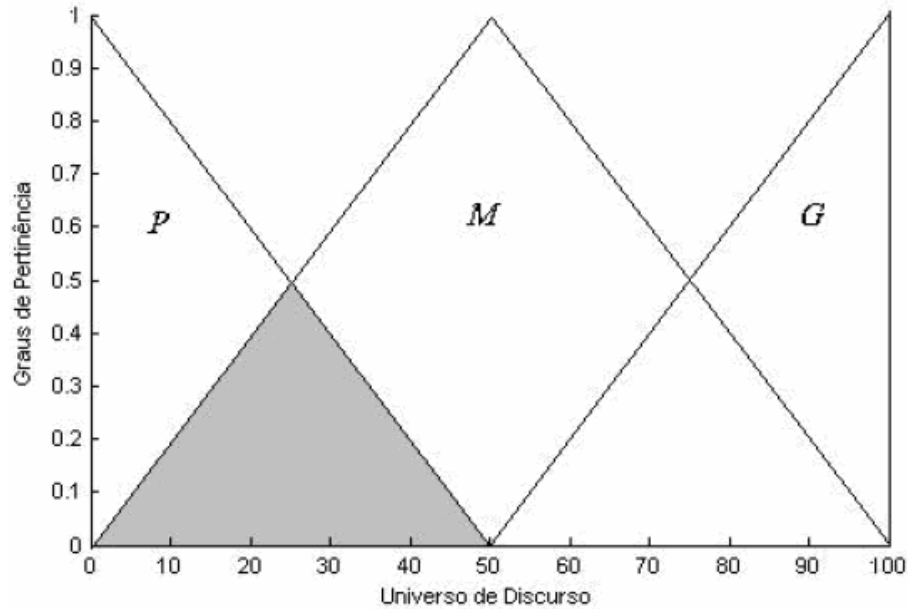


Figura 9. Interseção entre os conjuntos fuzzy P e M. JUNIOR (2005)

Operador União (Max)

A união ou disjunção (OR (OU)) de dois conjuntos nebulosos A e B, com suas funções de pertinência $\mu_A(x)$ e $\mu_B(x)$, é especificada em geral por um mapeamento binário S, que agraga duas funções de pertinência (NOGUCHI, 2004) como:

$$\mu_{A \cup B}(x) = S(\mu_A(x), \mu_B(x))$$

O operador binário S pode representar a adição de $\mu_A(x)$ e $\mu_B(x)$. Estes operadores de união nebulosos que são frequentemente referenciados como T-conorma ou S-norma, devem satisfazer algumas exigências básicas. Um operador S-norma é um mapeamento binário S que satisfaz as seguintes propriedades de acordo com Noguchi (2004):

- a) **Limite:** $S(1,1) = 1$, $S(a,0) = S(0,a) = a$
- b) **Monotonicidade:** $S(a,b) \leq S(c,d)$ se $a \leq c$ e $b \leq d$
- c) **Comutatividade:** $S(a,b) = S(b,a)$
- d) **Associatividade:** $S(a, S(b,c)) = S(S(a,b),c)$

A propriedade (a) impõe a generalização correta a conjuntos nebulosos. A propriedade (b) indica que uma redução nos valores de pertinência em A ou B não podem produzir um incremento no valor de pertinência em A união de B. A propriedade (c) indica que o operador é indiferente à ordem dos conjuntos nebulosos que serão combinados. Finalmente, a propriedade (d) permite efetuar a união de qualquer número de conjuntos em qualquer ordem de agrupamentos de pares (NOGUCHI, 2004).

Quando a união de dois conjuntos nebulosos é dada por $\mu_{A \cup B}(x) = \max [\mu_A(x), \mu_B(x)]$, o grau de pertinência de cada elemento do conjunto universal em $A \cup B$ é o maior valor entre o grau de pertinência em A e seu grau de pertinência em B, assim os conjuntos nebulosos A e B são ambos subconjuntos do conjunto nebuloso $A \cup B$. (Utilizou-se a T-conorma Max) (NOGUCHI, 2004)

A união entre conjuntos *fuzzy* corresponde ao conectivo “OU”. A área sombreada da **Figura 10** corresponde à operação $M \cup G$, que resulta no subconjunto “médio ou grande”.

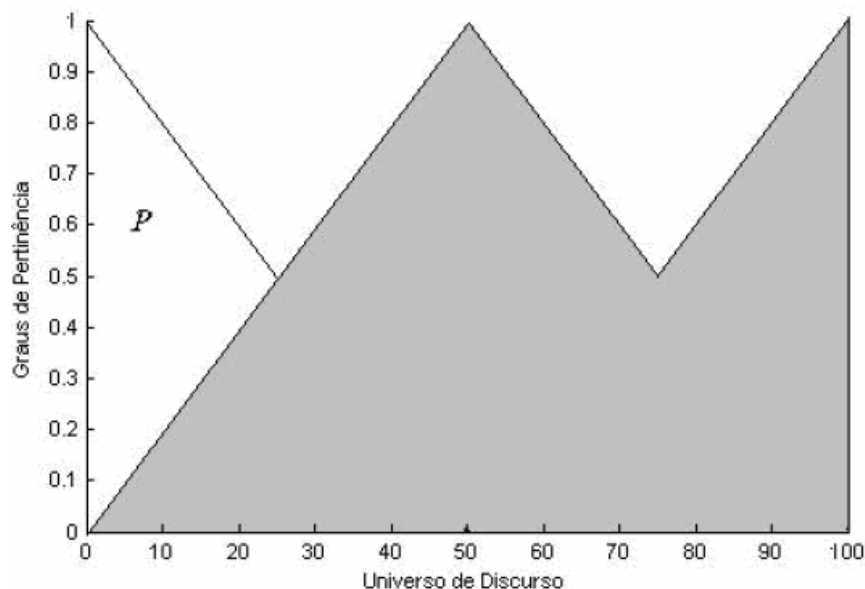


Figura 10. União dos conjuntos fuzzy M e G. JUNIOR (2005)

Algumas operações T-normas e T-conormas estão listadas na **Tabela 4**, entretanto, estas operações não são a única alternativa para estender as operações clássicas. Muitos operadores têm sido propostos para modelar a união e a interseção de conjuntos difusos, sendo que diferentes definições produzirão conjuntos de saídas distintos também.

Tabela 4. T-Normas e T-Conormas Duais (adaptação de (NOGUCHI, 2004) a (SHAW & SIMÕES, 1999))

T- normas	T-conormas
Min (a,b)	Max (a,b)
$a \cdot b$	$a + b - ab$
Max (a+b -1, 0)	Min (a+b, 1)
a, se b=1	a, se b=0
B, se a= 1	b, se a=0
0, senão	1, senão

4.7.9 Variáveis Lingüísticas

Outros conceitos importantes são o de variável lingüística, que são termos que quantificam um determinado fenômeno. Ex: variável “Altura do Som”. E o conceito de termos lingüísticos que é a quantificação da variável lingüística. Ex: para a variável “Altura do Som” tendo como valor mínimo “0” e valor máximo “100”, temos os termos, Muito Baixo, Baixo, Médio, Alto e Muito Alto. Onde cada termo lingüístico é representado por um conjunto nebuloso, pois além dos valores mínimos e máximos, temos os graus de pertinência, cada conjunto nebuloso é chamado de estado difuso. Dessa forma podemos passar de um estado para o outro de forma gradual. (Figura 11)

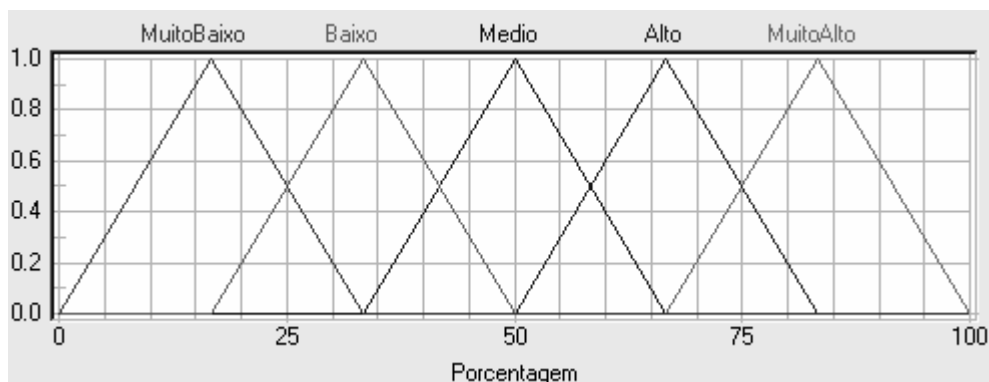


Figura 11. Exemplo de conjunto fuzzy (Função de Pertinência) da variável “Altura do Som”

Uma variável lingüística é definida como uma entidade que representa de modo impreciso e, portanto, lingüístico, um conceito ou uma variável de um dado problema. Os valores atribuídos a elas são também expressões lingüísticas, como “muito baixo”, “baixo”,

“alto” etc. Estas expressões são chamadas de termos linguísticos. Os valores de uma variável linguística contrastam com os valores de um variável numérica, que admite apenas valores precisos, ou seja, números **ALMEIDA & EVSUKOFF (2003)**. O grau de pertinência representado no eixo (y) do plano cartesiano, representa o quanto um determinado elemento satisfaz o conceito associado ao conjunto *fuzzy*. (**Figura 11**)

4.7.10 Regras de inferência fuzzy

Para armazenar informações em uma base de conhecimento *fuzzy* são utilizadas regras condicionais *fuzzy*. As regras de um sistema fuzzy são a representação do conhecimento do sistema estudado. Uma regra condicional normalmente é composta de duas partes principais:

SE<antecedente> **ENTÃO**<conseqüente>.

O antecedente é composto por um conjunto de condições que, quando satisfeitas, mesmo que de forma parcial, determinam o processamento do conseqüente da regra por um mecanismo de inferência *fuzzy*. Quando isto ocorre diz-se que houve um disparo de uma regra. O conseqüente é um conjunto de ações ou diagnósticos que são gerados com o disparo de uma regra. (**Quadro 2**)

Quadro 2. Exemplo de base de regra do cruzamento de duas variáveis

IF(SE) <antecedente>			THEN (ENTÃO) <conseqüente>
<i>Variável linguística</i> <i>1</i>	Conectivo de agregação	<i>Variável Linguística</i> <i>2</i>	<i>Variável linguística</i> <i>de saída</i>
Baixo	Conectivo 1(E)	Alto	Médio
			Conectivo 2 (OU) de combinação
Médio	Conectivo 1(E)	Baixo	Baixo
			Conectivo 2 (OU) de combinação
Alto	Conectivo 1(E)	alto	Alto

Máquina de Inferência

A máquina de inferência processa as regras fuzzy. Ela consiste em agregação, conclusão e composição. A agregação consiste em determinar o nível no qual a parte (**SE**) das regras são preenchidas, a mesma utiliza a conjunção (**E**) que é representada pelo operador (**MIN**) interseção. Já a conclusão consiste na composição do grau de participação com o nível de serviço (**D.O.S**) que é a significância da regra ou peso, que varia de 0 a 1, onde 1 é a maior significância permitida ou maior peso. A composição representada pelo operador (**MAX**) união usa a validade da condição para determinar a validade da conclusão. O resultado da inferência de regras fuzzy é usado como entrada para a Defuzzificação.

O *Conectivo1* e *Conectivo2*, observados no **quadro 2** são os operadores lógicos escolhidos para se expressar a inferência desejada. O conectivo1 está sendo utilizado no processo de agregação da regra e conectivo2 no processo de combinação das regras. A escolha do método para combinar os conjuntos associados às variáveis do sistema tem grande importância na estrutura do sistema. Na agregação, ou seja na composição dos vários conjuntos nebulosos de entrada dentro de uma regra, as t-normas min (interseção) e produto são mais comuns, enquanto que na combinação ou composição das saídas nebulosas de cada regra, a s-norma max (união) tem sido a mais utilizada na prática (**SHAW e SIMÕES, 1999**).

Podemos inferir um conjunto de regras de duas formas: inferência baseada em composição e inferência baseada em regras individuais. Na inferência baseada em composição, todas as regras são combinadas com operadores fuzzy simples: União ou interseção.

A parte da regra após o “SE” é a premissa (condição) ou antecedente da regra e a parte posterior ao “ENTÃO” é a sua conclusão (resultado ou ação) ou conseqüente (SHAW e SIMÕES, 1999). No caso de lógica binária, regras SE-ENTÃO não apresentam muita dificuldade, pois se a premissa é verdadeira então a conclusão é verdadeira. Em regras nebulosas, se o antecedente possui algum grau de verdade então o conseqüente é também verdadeiro para o mesmo grau. Um sistema nebuloso contém muitas regras e todas são ativadas em paralelo, isto é, utilizam inferência associativa paralela, ao invés de em série como nos sistemas tradicionais. Neste caso, em um sistema nebuloso, a ordem de execução

das regras não é importante, exceto quando uma regra depende dos resultados de execução de outras (KARTALOPOULOS,1996). Quando uma entrada é fornecida um sistema nebuloso dispara cada regra com graus diferentes, dependendo de um peso chamado de (**DoS**), que é um número no intervalo $[0,1]$ associado a cada regra, para inferir um resultado ou saída. Existem dois tipos de sistemas de inferência que geralmente encontram-se implementados nos *softwares*: Mamdani e Sugeno. Estes dois tipos de sistemas de inferência variam um pouco na forma como são determinadas as saídas. Descrições destes dois tipos de sistemas de inferência podem encontrados nas referências MAMDANI (1975) e SUGENO(1985). Neste trabalho utilizaremos o modelo de inferência de Mamdani.

Modelo de inferência de Mamdani

No modelo de Mamdani, também conhecido com **Min Max**, as regras de inferência possuem relações *fuzzy* tanto em seus antecedentes quanto conseqüentes. Para processamento, as variáveis de entrada de um sistema que são baseadas em grandezas numéricas passam por conversão de escalar para conjuntos *fuzzy*. Após o processamento das regras de produção, as variáveis *fuzzy* geradas são transformadas em variáveis numéricas através de uma conversão dos conjuntos *fuzzy* para escalar. O exemplo de uma regra típica para um modelo de Mamdani seria:

SE velocidade=muito baixa **E** trajeto=grande, **ENTÃO** consumo=muito alto.

Na etapa de conversão escalar-*fuzzy*, para cada variável de entrada é gerado um grau de pertinência, em relação aos termos primários definidos em sua partição. A regra semântica de inferência utilizada no modelo de Mamdani é chamada de *Max-Min*. Ela utiliza as operações de interseção e união entre os conjuntos, definidos por meio de operadores de mínimo e máximo. Na fase inicial é realizada a interseção *fuzzy* entre os graus de pertinência definidos em cada regra. A **Figura 12** mostra o processamento da operação de mínimo para um sistema com duas entradas, x e y , e com três regras, descritas a seguir

R1: SE $x=A1$ E $y=B1$, ENTÃO $z=C1$.

R2: SE $x=A2$ E $y=B2$, ENTÃO $z=C2$.

R3: SE $x=A3$ E $y=B3$, ENTÃO $z=C3$.

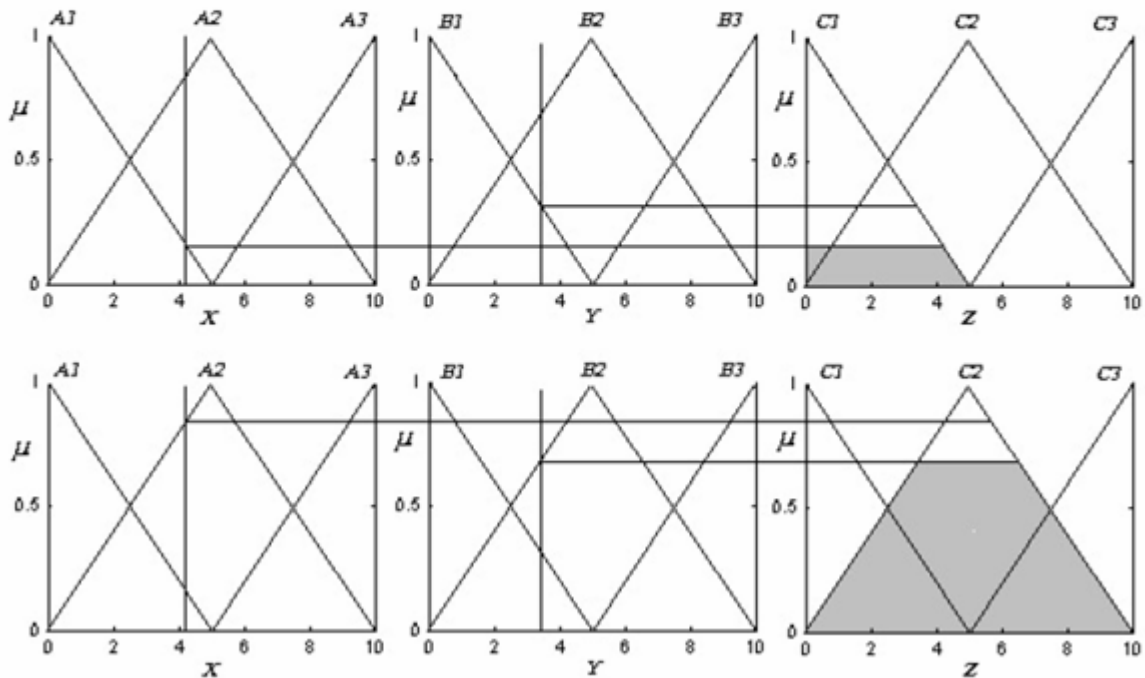


Figura 12. Processamento do antecedente no modelo Mamdani. JUNIOR (2005)

No processamento demonstrado na **Figura 12** somente as regras **R1** e **R2** foram disparadas. Na segunda etapa é realizada a união entre os graus de pertinência de disparo de cada regra. O conjunto de saída será formado pela união dos dois conjuntos, resultantes dos disparos das regras. A parte sombreada da **Figura 13** mostra o conjunto C' resultante da operação de união.

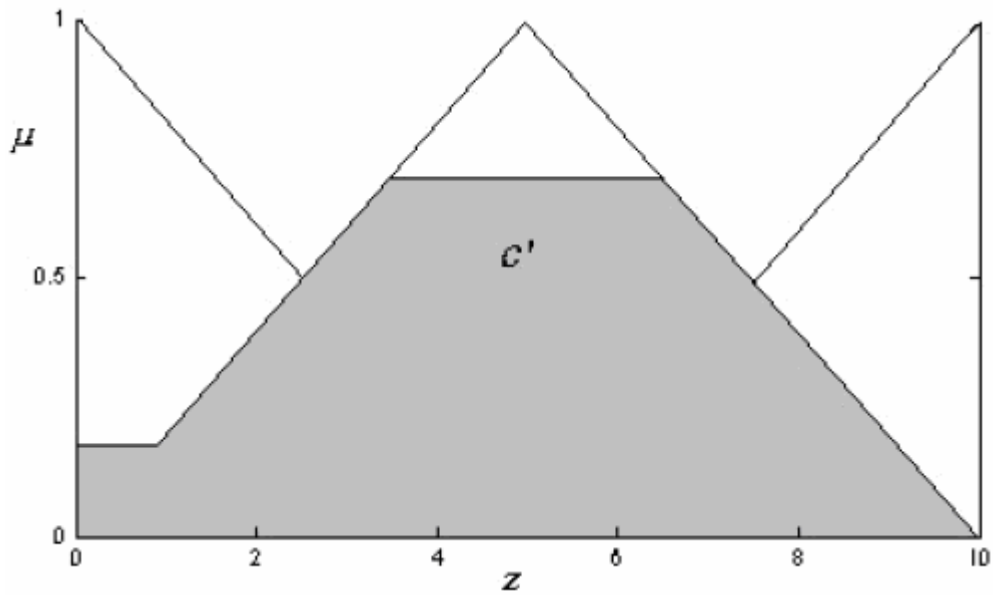


Figura 13. Processamento conseqüente no modelo Mamdani. JUNIOR (2005)

Desfuzzificação

O resultado da avaliação das regras fuzzy são termos lingüísticos, os quais não podem ser interpretados diretamente, é necessário que estes termos sejam decodificados, novamente como valores reais (escalar ou vetorial) geralmente discretos. Os principais métodos de desfuzzificação são “Centro da Área”; “Centro do Máximo”; “Média do Máximo” e “Média-ponderada”. (SHAW & SIMÕES, 1999) Nesse trabalho utilizamos o método do CoM (Center of Maximum) vamos centrar nossa atenção apenas nele.

Método CoM (Center of Maximum)

No método do centro do máximo, os picos das funções de pertinência representados no conjunto universo da variável de saída são usados, enquanto ignoram-se as áreas das funções de pertinência. Assumindo que os picos representam pesos, o valor de saída defuzzificado, discreto, é determinado encontrando-se o ponto de apoio onde os pesos ficam equilibrados (SHAW E SIMÕES, 1999). Assim, as áreas das funções de pertinência não desempenham nenhum papel apenas os máximos são usados. A saída discreta é calculada como uma média ponderada dos máximos, cujos pesos são os resultados da inferência.

4.7.11 Sistema Fuzzy

De acordo com **WANG (1997)**, genericamente, um sistema fuzzy é composto de quatro componentes: os fuzzyficadores, a base de regras, a máquina de inferência e o defuzzificador.

Fuzzyficador: A principal função de um fuzzuficador é converter os intervalos valores reais de entrada (escalar ou vetorial) em um grau de pertinência a conjuntos fuzzy para que sejam tratados pela máquina de inferência. **WANG (1997)**. Ou seja, atribui valores lingüísticos definidos por funções de pertinência às variáveis de entrada. O método de fuzzificação “Compute MBF” ou Computa Função de Pertinência, oferecido pelo sistema FuzzyTech, para Fuzzificação é o método básico de realização desta etapa de um sistema fuzzy. O resultado da fuzzificação é usado como entrada para as regras fuzzy. A **figura 11** apresenta um exemplo da variável “Altura do som” fuzzificada.

Base de Regras Fuzzy: O conhecimento humano pode ser representado na forma de regras fuzzy “IF – THEN” ou “SE – ENTÃO”. É considerada o “coração” de um sistema fuzzy, uma vez que todos os outros componentes são usados para implementar as regras de modo eficiente e razoável. **(Veja a seção 4.8.10 e Quadro 2)**

Máquina de Inferência Fuzzy: Usa os princípios da lógica fuzzy, para combinar as regras fuzzy, existentes na base de regras em um mapeamento de um conjunto fuzzy de entrada em um conjunto fuzzy de saída. A inferência mais comum utilizada é a do Min e Max (Método de Mamdani). **(Veja seção 4.8.10)**

Defuzzificação: O resultado das avaliação das regras fuzzy são termos lingüísticos, os quais não podem ser interpretados diretamente, é necessário que estes termos sejam decodificados, novamente como valores reais (escalar ou vetorial) geralmente discretos. **(Veja seção 4.8.10)**

Dessa maneira nós temos em um sistema nebuloso primeiramente variáveis de entrada que sofrem um processo de fuzzificação, ou seja, os conjuntos nebulosos das variáveis lingüísticas de entrada são ativados. Terminada esta etapa, efetua-se a inferência sobre o conjunto de regras nebulosas obtendo os valores dos termos das variáveis de saída. Finalmente, as variáveis de saída sofrem um processo de desfuzzificação, ou seja converter os dados nebulosos para valores numéricos precisos. Dessa forma um sistema nebuloso deve oferecer a um usuário a capacidade de: (i) definir as variáveis e conjuntos nebulosos; (ii) definir regras Se-Então e operadores lógicos (e, ou) que manipulem as variáveis nebulosas; (iii) realizar inferências usando regras; (iv) oferecer diferentes métodos de desfuzzificação das variáveis de saída. **(Figura 14 e 15).**

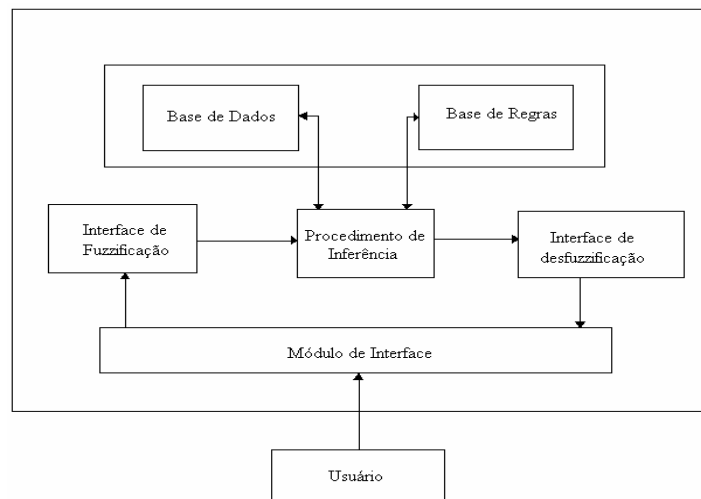


Figura 14. Sistema Fuzzy (CORTES, 2004).

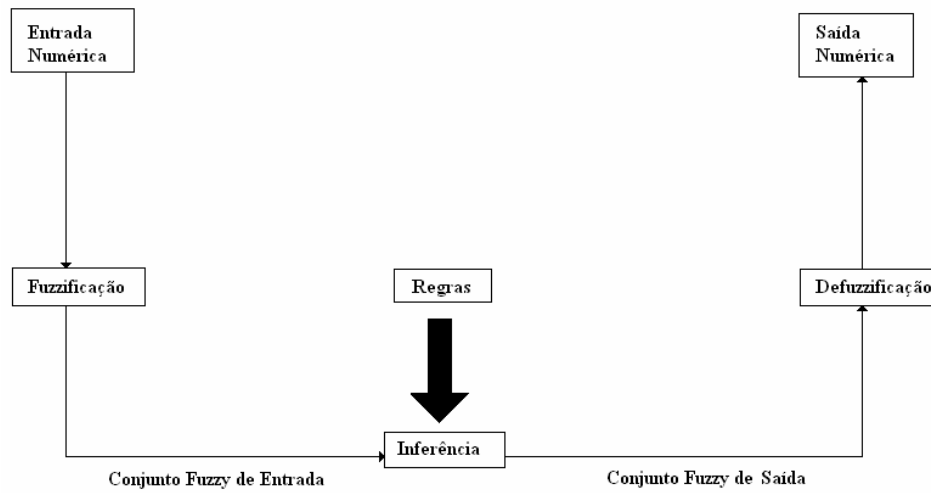


Figura 15. Sistema Fuzzy (MENDEL, 1995)

No Maranhão não foram encontrados estudos que utilizam a lógica fuzzy na determinação de indicadores ambientais. Este estudo, portanto, apresenta uma nova metodologia na determinação de indicadores, que permite cruzar variáveis de unidades diferentes, e trabalhar com a gradação ambiental, não identificada pela lógica booleana.

5 METODOLOGIA

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

5.1.1 Ilha de São Luís

A bacia hidrográfica do rio Anil, situa-se na Ilha de São Luís que está localizada aproximadamente entre as coordenadas de $02^{\circ} 24' 09''$ e $02^{\circ} 46' 13''$ de latitude Sul e $44^{\circ} 01' 20''$ e $44^{\circ} 29' 47''$ de longitude oeste de Greenwich, encontrando como limites: a oeste, a baía de São Marcos; a leste, a baía de São José; ao sul, o Estreito dos Mosquitos e, ao norte, o Oceano Atlântico. Na ilha, temos quatro municípios que, segundo **IBGE/CIDADES@ (2005)**, possuem: São Luís (978.824 habitantes e uma superfície de 827 Km²), São José de Ribamar (130.448 habitantes e uma superfície de 386 Km²), Paço do Lumiar (97.689 habitantes e uma superfície de 132 Km²) e Raposa (20.698 habitantes e uma superfície de 64 Km²) (**Figura 16**). Dessa maneira, a Ilha de São Luís possui uma superfície de 1409,00 km² e uma população de 1.227.659 habitantes.

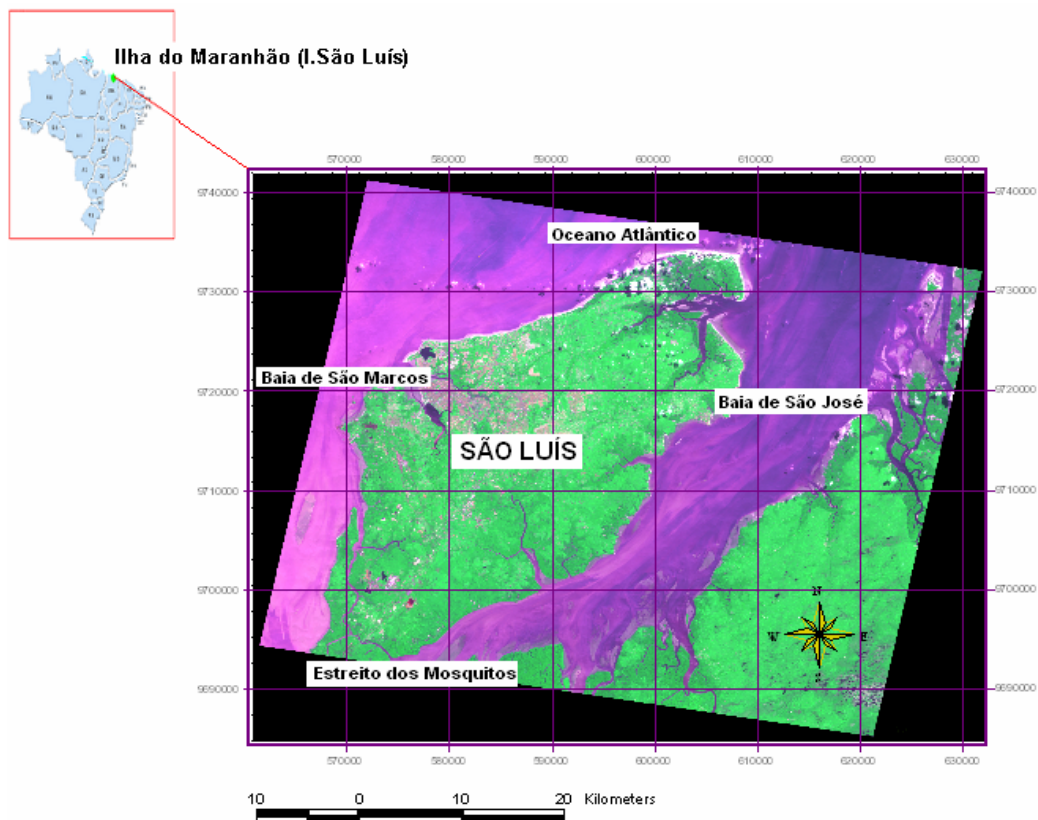


Figura 16. Localização Geográfica da Ilha de São Luís

A ilha do Maranhão está inserida na planície litorânea, que é formada por baixada alagadiça, substratos aluviais, tabuleiros e extensas praias, destacando-se extensões de dunas e o litoral recortado, especialmente onde se formam as baías de São Marcos e São José. Sendo uma ilha costeira situada próxima a linha do equador, a ilha do Maranhão, recebe influência da massa de ar Equatorial atlântica, quente e úmida. **NEMRH (1999)**

O clima identificado para a Ilha do Maranhão (I.de São Luís), é caracterizado pela sazonalidade do clima, nos meses de janeiro a junho/julho (Verão), é observado um período chuvoso, amplamente influenciado pela *ZCIT*¹ (Zona de convergência intertropical), nesses meses as temperaturas são mais amenas em consequência da cobertura de nuvens que reduz a incidência da radiação solar direta na superfície. Já nos meses de setembro a novembro/dezembro, essa região é submetida a um período de estiagem, quando predomina céu claro, o que contribui para uma maior incidência da radiação solar, resultando em temperaturas mais elevadas **MARANHÃO (2002)**.

As temperaturas médias de São Luís situam-se em torno dos 26,0 e 27,0 °C, com máximas absolutas de 34,0 °C e mínimas absolutas superiores aos 20,0 °C. (**ALMEIDA 1988**) A precipitação pluviométrica anual média é da ordem de 2328,0 mm/ano. (**MARANHÃO, 2002**)

O regime dos ventos é composto por ventos de nordeste (43,3%) com velocidade média anual de 3,1 m.s⁻¹; ventos leste (13,8%) com velocidade média anual de 3,5 m.s⁻¹; ventos de sudeste (4,4%) com velocidade média anual de 2 m.s⁻¹. Quanto à circulação atmosférica, observa-se coincidência das calmas com o período da estação chuvosa. (**TARIFA apud ALMEIDA , 1988**).

A principal formação geomorfológica que ocorre em São Luís e na área estudada é a formação Golfão Maranhense, resultante de um intenso trabalho de erosão fluvial do quaternário antigo (**MARANHÃO, 2002**).

¹ principal fenômeno causador de chuvas na Ilha de São Luís, a ZCIT é formada pelo encontro dos ventos alísios de nordeste e sudeste, originando uma faixa de nuvens de chuvas, que entre fevereiro e maio, encontra-se posicionada sobre a região, trazendo chuvas em grande volume e intensidade (**MARANHÃO, 2002**)

As marés da ilha do Maranhão são semi-diurnas, e podem ultrapassar os 7,0 m de altura, tendo uma grande influência na penetração dos manguezais nos estuários.

Os manguezais da ilha segundo **DÁMASIO & SANTOS (1986)** e **REBELO-MOCHEL (1993)**, são formados pelas seguintes espécies: *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Avicennia shaueriana* e *Laguncularia racemosa*, embora em outras regiões do Maranhão possam ser encontradas outras espécies, como a *Rhizophora racemosa* e *Rhizophora harrisonii*.

5.1.2 Bacia do Rio Anil

A bacia do rio Anil está situada na porção NO (Noroeste) da Ilha de São Luís-MA tem características físicas semelhantes para as demais encontradas na ilha. (**Figura 17**) Concentra a maior área urbanizada relativa da ilha de São Luís, e uma superfície total de 37.453.100, 89 m². Está localizada entre as coordenadas 02°29”S, 44°12”O e 02°34”S, 44°18”O. Apresenta como limites: ao norte, a Bacia Litorânea; ao Sul, a Bacia do Rio Bacanga; ao Leste, a Bacia do Rio Paciência, e ao oeste, Baía de São Marcos. (**LABOHIDRO, 1980; SIQUEIRA, 1987**).

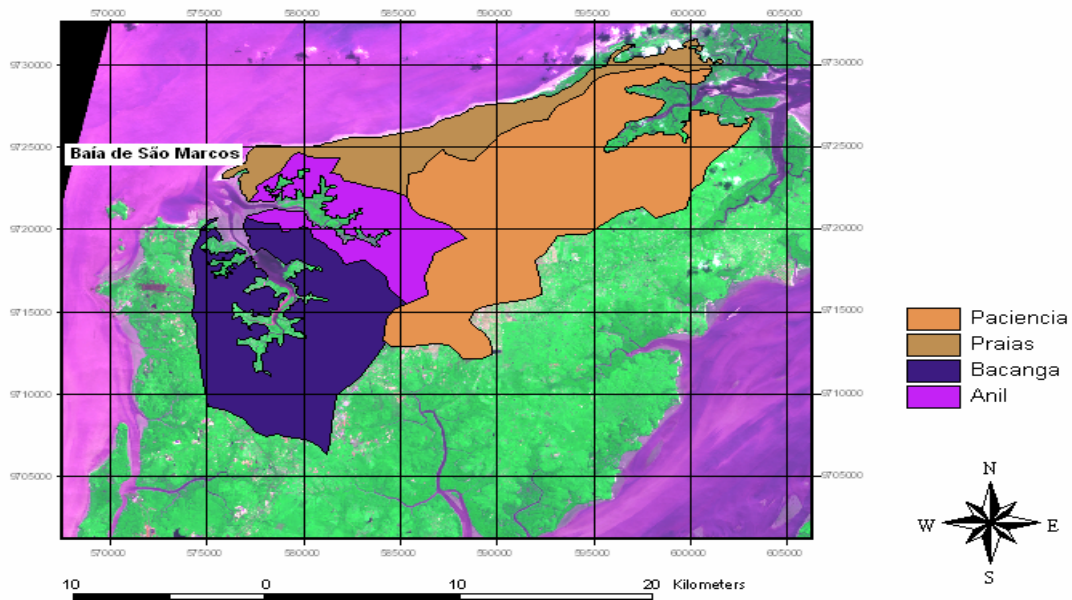


Figura 17. Localização Geográfica da Bacia do rio Anil e seus limites

5.2 ÍNDICE DE VULNERABILIDADE À OCUPAÇÃO DIRETA DE MANGUE (IVODM)

5.2.1 Variáveis de entrada do IVODM

5.2.1.1 Definição das Variáveis de entrada e saída do sistema fuzzy

O **IVODM** foi definido com 22 (Vinte duas) variáveis de entrada (**Quadro 3**). Todas consideradas por este estudo como indicativas de pressão urbana sobre o manguezal e todas determinadas através de geoprocessamento com o propósito de facilitar a quantificação das mesmas. Foi determinada para cada variável um intervalo de valor máximo e mínimo que a mesma pode alcançar. As variáveis de entrada foram agrupadas duas a duas para evitar grande carga de processamento e aumento no número de regras. Caso cruzássemos todas as 22 variáveis de uma vez, teríamos que construir mais de 5 (cinco) milhões de regras, no nosso caso, agrupando duas a duas, utilizamos apenas 675 regras construídas através de pressupostos específicos para cada variável de entrada (**apresentados posteriormente no quadro 4**) o que economiza processamento. Agrupamos por semelhança sem uso de estatística, pois não é necessário estabelecer uma ordem de agrupamento, uma vez que todos os sub-cruzamentos, representados dois a dois, inevitavelmente irão convergir através de inúmeras bases de regras ao **IVODM**. Neste trabalho consideramos todas as variáveis como possuindo o mesmo peso.

As cotas altimétricas utilizadas neste trabalho foram baseadas no datum altimétrico brasileiro, o datum vertical de Imbituba-SC, adotado pelo IBGE para a função de ser a superfície de referência a partir da qual são calculadas todas as altitudes do nosso país. De acordo com **AMBTEC (2002)**, a divergência entre o datum altimétrico brasileiro e o datum utilizado pelo maregráfo do Porto do Itaqui, em São Luís-MA, controlado pela diretoria de hidrografia e navegação da Marinha do Brasil é igual a - 2,56 metros.

As cotas altimétricas presentes nas variáveis são: a cota altimétrica acima de 7,0 metros IBGE antes considerada fora dos limites de terrenos de marinha pela prefeitura de São Luís; e a cota altimétrica abaixo de 7,0 metros IBGE, considerada pela prefeitura de São Luís durante muitos anos como terras de marinha; considerou-se também o intervalo entre a cota altimétrica 4,0 - 7,0 metros IBGE, que é a zona imediatamente superior à maior à preamar em seis anos de observação (4,0 metros), isso de acordo com **AMBTEC (2002)**, e

imediatamente inferior á zona antes considerada fora dos terrenos de marinha pela prefeitura de São Luís (7,0 metros); consideramos também o intervalo entre as cotas 2,5 e 4,0 metros e a cota altimétrica inferior a 2,5 metros IBGE, este ultimo intervalo e cota são áreas em que ocorrem mangue em São Luís, a cota altimétrica 2,5 metros IBGE é de acordo com **AMBTEC (2002)**, a zona das preamares de quadratura.

No **Quadro 3** segue a descrição das variáveis de entrada selecionadas para compor o IVODM (Principal variável de saída, que resulta do cruzamento entre todas as 22 (vinte e duas) variáveis de entrada) e as respectivas descrições destas variáveis utilizadas no modelo do sistema fuzzy.

É importante considerar que o sistema possui 19 (dezenove) variáveis de saída, no entanto, todas irão convergir para a variável de saída IVODM. Portanto, neste trabalho, nos fixaremos principlamente na variável de saída IVODM. O restante das variáveis são apenas conseqüências dos diversos cruzamentos entre as variáveis de entrada presentes no sistema fuzzy com o intuito de obter-se o IVODM. (Todas as outras variáveis de saída encontram-se apresentadas no **APÊNDICE 1**)

Esse índice foi determinado para cada sub-bacia do rio Anil. Cada variável acima descrita foi obtida para essas sub-bacias. Utilizou-se o geoprocessamento para quantificar as variáveis de entrada e os intervalos de valores máximo e mínimo encontrados para as variáveis de toda a bacia do Anil. Após determinadas as variáveis de entrada, as mesmas foram inseridas em um sistema fuzzy na forma de variáveis de entrada e cruzadas através do uso de varias bases de regras, obtendo-se dessa forma a variável de saída **IVODM**.

As variáveis de saída tiveram como intervalo de mínimo e máximo, respectivamente os valores 0 e 100, expressos em porcentagem, diferente das variáveis de entrada, que apresentam unidades de medida diferentes, e possuem faixas de valores máximos e mínimos diversificadas em função das quantificações realizadas na bacia do anil e da natureza das variáveis.

Quadro 3. Variáveis Seleccionadas para compor o IVODM

Nome da Variável utilizada no sistema Fuzzy	Descrição das Variáveis do Sistema Fuzzy
ADispAbaixo7_0	Area total disponivel abaixo da cota altimétrica 7,0 metros IBGE (m ²)
ADispAcima7_0	Area Total disponivel acima da cota altimétrica 7,0 metros IBGE (m ²)
AreaUrb2_5e4_0	Area Urbana total entre as cotas altimétricas 2,5 e 4,0 metros IBGE (m ²)
AreaUrb4_0e7_0	Area Urbana total entre as cotas altimétricas 4,0 e 7,0 metros IBGE (m ²)
AreaUrbAbaixo2_5	Area urbana total abaixo da cota altimétrica 2,5 metros IBGE (m ²)
AreaUrbAcima7_0	Area Urbana total acima da cota altimétrica 7,0 metros IBGE (m ²)
Declividade	Declividade média entre as cotas altimétricas 2,5 e 4,0 metros IBGE (%)
ManguePerd2_5e4	Mangue perdido entre as cotas altimétricas 2,5 e 4,0 metros IBGE entre os anos de 1975 e 2007 (m ²)
ManguePerdInf2_5	Mangue Perdido abaixo da cota altimétrica 2,5 metros IBGE entre os anos de 1975 e 2007 (m ²)
RelADisp2_5e40	Relação área total disponivel entre as cotas altimétricas 2,5 e 4,0 metros IBGE com a área total presente entre as cotas altimétricas 2,5 e 4,0 metros IBGE (adimensional)
RelADisp4_0e70	Relação área total disponivel entre as cotas altimétricas 4,0 e 7,0 metros IBGE com a área total na cota altimétrica 4,0 e 7,0 metros IBGE (adimensional)
RelADispAbaix7_0	Relação área total Disponivel abaixo da cota altimétrica 7,0 metros IBGE com a área total abaixo da cota altimétrica 7,0 metros IBGE (adimensional)
RelADispAcima7_0	Relação área total disponivel acima da cota altimétrica 7,0 metros IBGE com a área total acima da cota altimétrica 7,0 metros IBGE
RelAreaUrbAbaix7	Relação da área Urbana Abaixo da Cota altimétrica 7,0 metros IBGE com a área total abaixo da cota altimétrica 7,0 metros IBGE
RelAreaUrbAcima7	Relação da área Urbana acima da cota altimétrica 7,0 metros IBGE com a área total acima da cota altimétrica 7,0 metros IBGE
RelUrb2_5e4	Relação área Urbana entre as cotas altimétricas 2,5 e 4,0 metros IBGE e a área total entre as cotas altimétricas 2,5 e 4,0 metros IBGE
RelUrba4e7	Relação área urbana entre as cotas altimétricas 4,0 e 7,0 metros IBGE e a área total entre as cotas altimétricas 4,0 e 7,0 metros IBGE
RelUrbabaixo2_5	Relação área Urbanizada abaixo da cota altimétrica 2,5 metros IBGE e área total abaixo da cota altimétrica 2,5 metros IBGE
ValorConstAbaix7	Valor da Area construida acima da cota altimétrica 7,0 metros IBGE
ValorConstrAcim7	Valor Construido acima da cota altimétrica 7,0 metros IBGE
ValorTerrAbaix7	Valor do terreno abaixo da cota altimétrica 7,0 metros IBGE
ValorTerrAcim7	Valor de terreno acima da cota altimétrica 7,0 metros IBGE

5.2.1.2 Quantificação das variáveis de entrada por Geoprocessamento

Para a obtenção das variáveis de entrada do sistema fuzzy utilizou-se um fotomosaíco georeferenciado da bacia do rio Anil para sistema UTM, datum horizontal sad69, com escala de 1:2.000, baseado em fotos aéreas adquiridas pela prefeitura de São Luís e executadas pela PROSPEC S.A em 1975.(**APÊNDICE 3**) Um outro fotomosaíco georeferenciado da bacia do rio Anil para sistema UTM, datum horizontal sad69, baseado em imagens de satélite disponibilizadas pelo Google “EARTH”® em 2007, com o mesmo sistema de projeção cartográfica e datum horizontal do fotomosaíco de 1975 (**APÊNDICE 3**). Ainda utilizou-se o banco de dados do levantamento planialtimétrico (contendo pontos cotados) para a bacia do Anil, realizado aeroconsult em 2001 com banco de dados não publicados do zoneamento costeiro do Estado do Maranhão de 2003 para gerar as curvas de nível para a Bacia do Anil (**APÊNDICE 3**). Essas bases foram vetorizadas no software AutoDeskMap2004 para a quantificação das variáveis de entrada. E os mapas temáticos foram montados com o software Arc View 3.2.

Mapas temáticos

Foi produzido um mapa temático e quantificadas as áreas das cotas altimétricas abaixo de 2,5 metros, entre 2,5 e 4,0 metros, entre 4,0 e 7,0 e acima de 7,0 metros (IBGE), para cada sub-bacia do Anil.

Delimitou-se a bacia do anil e as sub-bacias produzido um mapa temático de sub-bacias do Anil, mas no caso deste estudo foram consideradas apenas 8 (oito) sub-bacias, pois consideramos apenas as sub-bacias que continham área de mangue no período de 1975-2007, ficando 2 (duas) sub-bacias excluídas, no caso a sub-bacia 5 (cinco) e 10 (dez), pois ambas não apresentam mangue entre o período de 1975-2007, escala temporal utilizada neste trabalho.

Produziu-se um mapa temático de uso e ocupação do solo para a bacia do rio Anil, através do qual determinou-se as áreas de mangue, área verde, corpos d’água e área urbana, para cada sub-bacia do anil e por cota altimétrica IBGE. É importante considerar que a área de mangue foi vetorizada para os anos de 1975 e 2007, portanto, temos mapas do mangue de

1975 e de 2007 por sub-bacia e por cota altimétrica IBGE. Além de um mapa de perda de mangue entre os anos 1975-2007.

Produziu-se um mapa que destaca os diferentes bairros que constituem a bacia. Através deste mapa foi possível a identificação dos bairros por sub-bacia do Anil. Isso possibilitou a determinação das variáveis valor da área construída e do terreno abaixo e acima da cota 7,0 metros IBGE. Como veremos adiante, variável por variável.

A partir dos mapas temáticos e as áreas quantificadas foi possível identificar a faixa de valores mínimos e máximos, por variável de entrada, considerada no sistema fuzzy.

Descrição detalhada das variáveis de entrada

Abaixo segue a descrição detalhada de cada variável de entrada utilizada no sistema fuzzy.

1) Variável de Entrada "ADispAbaixo7_0"

Essa variável significa a área total disponível abaixo da cota altimétrica 7,0 metros IBGE. Essa variável foi determinada pela interseção das cotas altimétricas do IBGE com a área verde para as sub-bacias do anil, área verde que nesse trabalho foi considerada área disponível. (Não consideramos a legislação, para determinar área disponível para ocupação). A unidade desta variável é (m²).

2) Variável de Entrada "ADispAcima7_0"

Essa variável significa área total disponível acima da cota 7,0 altimétrica metros IBGE. Essa variável foi determinada pela interseção das cotas altimétricas do IBGE com a área verde para as sub-bacias do anil, área verde que nesse trabalho foi considerada área disponível. (Não consideramos a legislação, para determinar área disponível para ocupação). A unidade desta variável é (m²)

3) Variável de Entrada "AreaUrb2_5e4_0"

Essa variável significa área urbana total presente entre as cotas altimétricas 2,5 e 4,0 metros IBGE. Foi determinada através da interseção da área entre as cotas altimétricas 2,5 e 4,0 metros IBGE, com a área urbana, isso para cada sub-bacia do anil. A unidade desta variável é (m²).

4) Variável de Entrada "AreaUrb4_0e7_0"

Essa variável significa área urbana total presente entre as cotas altimétricas 4,0 e 7,0 metros IBGE. Foi determinada através da interseção da área entre as cotas altimétricas 4,0 e 7,0 metros IBGE, com a área urbana, isso para cada sub-bacia do anil. A unidade desta variável é (m²).

5) Variável de Entrada "AreaUrbAbaixo2_5"

Essa variável significa área urbana total presente abaixo da cota altimétrica 2,5 metros IBGE. Foi determinada através da interseção da área abaixo da cota altimétrica 2,5 metros IBGE, com a área urbana, isso para cada sub-bacia do anil.

6) Variável de Entrada "AreaUrbAcima7_0"

Essa variável significa área urbana total presente acima da cota altimétrica 7,0 metros IBGE. Foi determinada através da interseção da área acima da cota altimétrica 7,0 metros IBGE, com a área urbana, isso para cada sub-bacia do anil. A unidade desta variável é (m²).

7) Variável de Entrada "Declividade"

Essa variável determina a declividade média entre as cotas altimétricas 2,5 e 4,0 metros IBGE em porcentagem. Para determinar essa variável utilizou-se a seguinte equação:

$$\text{Declividade} = (DV * 100) / LC$$

DV = É a diferença vertical entre a maior cota (no caso 4,0) e a menor cota (no caso 2,5) considerada na variável em questão, resultando em 1,5. Essa é uma constante da nossa variável declividade. O DV é multiplicado por 100, para darmos a declividade em porcentagem. Sendo portanto a unidade desta variável a porcentagem (%)

LC = É a média da largura horizontal entre as cotas altimétricas 2,5 e 4,0 metros IBGE. Para determinar essa média foi necessário do auxílio de softwares de geoprocessamento como o AutoDeskMap2004 e o ArcView 3.2. Veja o exemplo apresentado na **figura 18** para a determinação da declividade na sub-bacia 1, traçou-se linhas com espaçamento 2 metros entre as duas cotas altimétricas 2,5 e 4,0 metros IBGE, utilizando-se o AutoDeskMap2004, depois utilizando o ArcView determinou-se a média da distância dessas linhas. Obtendo-se dessa maneira o LC, da fórmula da declividade.

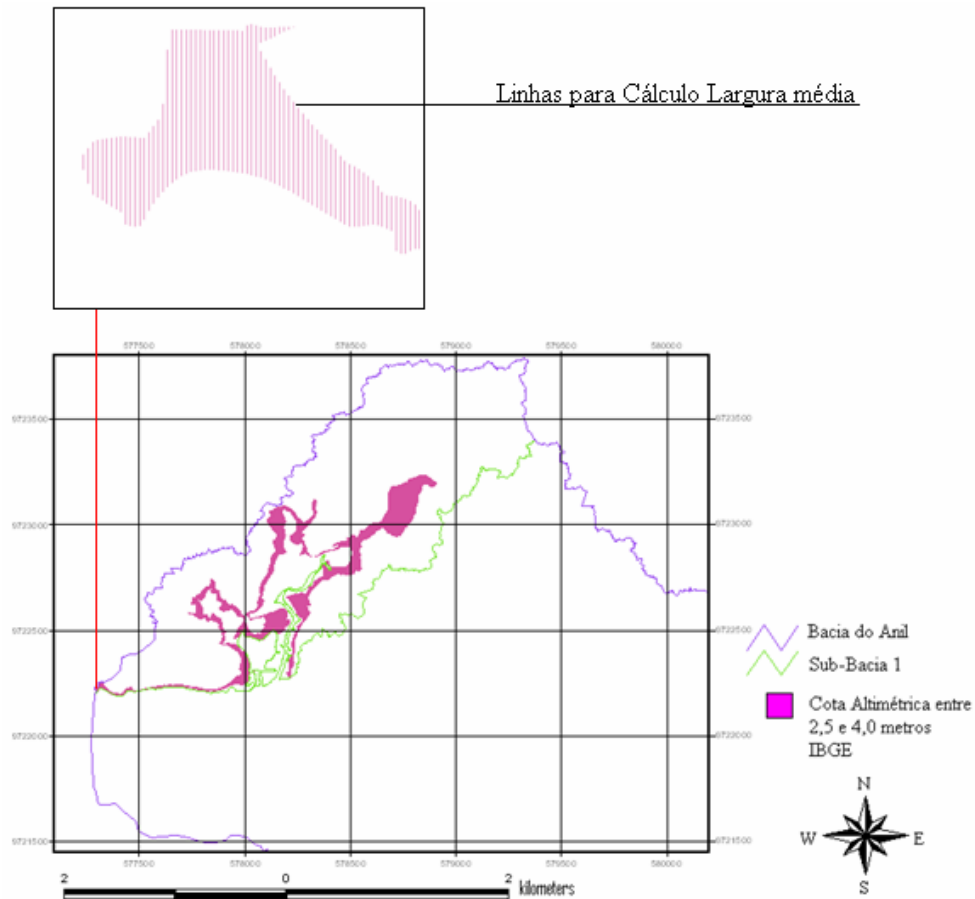


Figura 18. Exemplo para determinação do LC, no cálculo da declividade

8) Variável de Entrada "ManguePerd2_5e4"

Mangue perdido entre as cotas altimétricas 2,5 e 4,0 metros IBGE entre os anos de 1975 e 2007, resultou da intersecção das cotas altimétricas do IBGE com as áreas de mangue entre as cotas 2,5 e 4,0 metros no período de 1975 e de 2007.

Depois realizou-se a subtração (Mangue perdido por ocupação) entre o mangue presente na cota 2,5 e 4,0 de 2007 e o Mangue presente na cota 2,5 e 4,0 de 1975. É importante frisar que este trabalho considerou apenas os mangues perdidos por ocupação urbana. A unidade desta variável é (m²).

9) Variável de Entrada "ManguePerdInf2_5"

Mangue perdido abaixo da cota altimétrica 2,5 metros IBGE entre os anos de 1975 e 2007, resultou da intersecção das cotas altimétricas do IBGE com as áreas de mangue abaixo da cota 2,5 metros no período de 1975 e de 2007.

Depois realizou-se a subtração (Mangue perdido por ocupação) entre o mangue presente abaixo da cota 2,5 de 2007 e o Mangue presente abaixo da cota 2,5 de 1975. É importante frisar que este trabalho considerou apenas os mangues perdidos por ocupação urbana. A unidade desta variável é (m²).

10) Variável de Entrada "RelADisp2_5e40"

Esta variável é resultado da relação entre a área disponível entre as cotas altimétricas 2,5 e 4,0 metros IBGE com a área total presente na cota 2,5 e 4,0 metros IBGE. A unidade desta variável é adimensional.

11) Variável de Entrada "RelADisp4_0e70"

Esta variável é resultado da relação entre a área disponível entre as cotas altimétricas 4,0 e 7,0 metros IBGE com a área total presente na cota 4,0 e 7,0 metros IBGE. A unidade desta variável é adimensional.

12) Variável de Entrada "RelADispAbaix7_0"

Esta variável é resultado da relação entre a área disponível abaixo da cota altimétrica 7,0 metros IBGE com a área total presente abaixo da cota 7,0 metros IBGE. A unidade desta variável é adimensional.

13) Variável de Entrada "RelADispAcima7_0"

Esta variável é resultado da relação entre a área disponível acima da cota altimétrica 7,0 metros IBGE com a área total presente acima da cota 7,0 metros IBGE. A unidade desta variável é adimensional.

14) Variável de Entrada "RelAreaUrbAbaix7"

Esta variável é resultado da relação da área urbana abaixo da Cota altimétrica 7,0 metros IBGE com a área total abaixo da cota 7,0 metros IBGE. A unidade desta variável é adimensional.

15) Variável de Entrada "RelAreaUrbAcima7"

Esta variável é resultado da relação da área urbana acima da Cota altimétrica 7,0 metros IBGE com a área total acima da cota 7,0 metros IBGE. A unidade desta variável é adimensional.

16) Variável de Entrada "RelUrb2_5e4"

Esta variável é resultado da relação área urbana entre as cotas altimétricas 2,5 e 4,0 metros IBGE e a área total entre as cotas 2,5 e 4,0 metros IBGE. A unidade desta variável é adimensional.

17) Variável de Entrada "RelUrba4e7"

Esta variável é resultado da relação área urbana entre as cotas altimétricas 4,0 e 7,0 metros IBGE e a área total entre as cotas 4,0 e 7,0 metros IBGE. A unidade desta variável é adimensional.

18) Variável de Entrada "RelUrbabaixo2_5"

Esta variável é resultado da relação área urbana abaixo da cota altimétrica 2,5 metros IBGE e a área total abaixo da cota 2,5 metros IBGE. A unidade desta variável é adimensional.

19) Variável de Entrada "ValorConstAbaix7"

Para a obtenção desta variável considerou-se em um primeiro momento usar os dados da prefeitura de valor venal, no entanto, estes valores se distanciavam-se bastante da realidade. Dessa maneira foi necessário levantar junto a imobiliárias e classificados o valor e a metragem em (m²) dos imóveis (casas e apartamentos) por bairro, uma vez que não encontrou-se documento algum que apresentasse o valor do (m²) construído por bairros. Assim, a partir do valor e metragem encontrados pudemos obter uma média do preço do (m²) construído por bairro. E conhecendo os bairros que cada sub-bacia possui, pudemos encontrar um valor médio do (m²) construído, por sub-bacia do anil.

Esta variável é resultado da multiplicação entre a área total construída (Neste trabalho igual a área urbana) abaixo da cota altimétrica 7,0 metros IBGE e o valor médio do (m²) por sub-bacia do anil.

20) Variável de Entrada "ValorConstrAcim7"

Para determinar essa variável levantou-se junto a imobiliárias e classificados o valor e a metragem em (m²) dos imóveis (casas e apartamentos) por bairro, uma vez que não encontrou-se documento algum que apresentasse o valor do (m²) construído por bairros. Assim, a partir do valor e metragem encontrados pudemos obter uma média do preço do (m²) construído por bairro. E conhecendo os bairros que cada sub-bacia possui, pudemos encontrar um valor médio do (m²) construído, por sub-bacia do anil.

Esta variável é resultado da multiplicação entre a área total construída (Neste trabalho igual a área urbana) acima da cota altimétrica 7,0 metros IBGE e o valor médio do (m²) construído por sub-bacia do anil.

21) Variável de Entrada "ValorTerrAbaix7"

Para determinar essa variável levantou-se junto a imobiliárias e classificados o valor e a metragem em (m²) dos imóveis (terrenos) por bairro, uma vez que não encontrou-se documento algum que apresentasse o valor do (m²) do terreno por bairros. Assim, a partir do valor e metragem encontrados pudemos obter uma média do preço do (m²) do terreno por bairro. E conhecendo os bairros que cada sub-bacia possui, pudemos encontrar um valor médio do (m²) do terreno, por sub-bacia do anil.

Esta variável é resultado da multiplicação entre a área total dos terrenos (Neste trabalho igual a área disponível) abaixo da cota altimétrica 7,0 metros IBGE e o valor médio do (m²) do terreno por sub-bacia do anil.

22) Variável de Entrada "ValorTerrAcim7"

Para determinar essa variável levantou-se junto a imobiliárias e classificados o valor e a metragem em (m²) dos imóveis (terrenos) por bairro, uma vez que não encontrou-se documento algum que apresentasse o valor do (m²) do terreno por bairros. Assim, a partir do valor e metragem encontrados pudemos obter uma média do preço do (m²) do terreno por

bairro. E conhecendo os bairros que cada sub-bacia possui, podemos encontrar um valor médio do (m^2) do terreno, por sub-bacia do anil.

Esta variável é resultado da multiplicação entre a área total dos terrenos (Neste trabalho igual a área disponível) acima da cota altimétrica 7,0 metros IBGE e o valor médio do (m^2) do terreno por sub-bacia do anil.

Pressupostos para a construção de Regras Fuzzy

Para que sejam construídas as regras fuzzy é necessário que cada variável de entrada tenha pressupostos, os quais foram convencionados através da opinião de especialistas e literatura especializada. Esses pressupostos são apresentados no **Quadro 4** para cada variável de entrada.

Quadro 4. Resumo dos pressupostos por variável de entrada como base para a construção de regras fuzzy

Nome da Variável utilizada no sistema Fuzzy	Pressupostos para cada variável de entrada do Sistema Fuzzy (fundamentais na construções das bases de regras)
ADispAbaixo7_0	Quanto maior a área disponível abaixo da cota altimétrica 7,0 metros IBGE, menor a pressão sobre o mangue.
ADispAcima7_0	Quanto maior a área disponível acima da cota altimétrica 7,0 metros IBGE, menor a pressão sobre o mangue.
AreaUrb2_5e4_0	Quanto maior a área urbana entre as cotas altimétrica 2,5 e 4,0 metros IBGE, maior a pressão sobre o mangue.
AreaUrb4_0e7_0	Quanto maior a área urbana entre as cotas altimétrica 4,0 e 7,0 metros IBGE, maior a pressão sobre o mangue.
AreaUrbAbaixo2_5	Quanto maior a área urbana abaixo da cota altimétrica 2,5 metros IBGE, maior a pressão sobre o mangue.
AreaUrbAcima7_0	Quanto maior a área urbana acima da cota altimétrica 7,0 metros IBGE, maior a pressão sobre o mangue.
Declividade	Quanto maior a declividade, menor a pressão sobre o mangue
ManguePerd2_5e4	Quanto maior a perda de mangue entre as cotas altimétricas 2,5 e 4,0 metros IBGE, maior a pressão sobre o mangue.
ManguePerdInf2_5	Quanto maior a perda de mangue na cota altimétrica inferior a 2,5 metros IBGE, maior a pressão sobre mangue.
RelADisp2_5e40	Quanto maior a relação entre a área disponível entre as cotas altimétricas 2,5 e 4,0 metros IBGE e a área total entre as cotas 2,5 e 4,0 metros, menor a pressão sobre o mangue.
RelADisp4_0e70	Quanto maior a relação entre a área disponível entre as cotas altimétricas 4,0 e 7,0 metros IBGE e a área total entre as cotas 4,0 e 7,0 metros, menor a pressão sobre o mangue.
RelADispAbaix7_0	Quanto maior a relação entre a área disponível abaixo da cota altimétrica 7,0 metros IBGE e a área total abaixo da cota 7,0 metros, menor a pressão sobre o mangue.
RelADispAcima7_0	Quanto maior a relação entre a área disponível acima da cota altimétrica 7,0 metros IBGE e a área total acima da cota 7,0 metros, menor a pressão sobre o mangue.
RelAreaUrbAbaix7	Quanto maior a relação entre a área urbana abaixo da cota altimétrica 7,0 metros IBGE e a área total abaixo da cota 7,0 metros, maior a pressão sobre o mangue.
RelAreaUrbAcima7	Quanto maior a relação entre a área urbana acima da cota altimétrica 7,0 metros IBGE e a área total acima da cota 7,0 metros, maior a pressão sobre o mangue.
RelUrb2_5e4	Quanto maior a relação entre a área urbana entre as cotas altimétricas 2,5 e 4,0 metros IBGE e a área total entre as cotas 2,5 e 4,0 metros, maior a pressão sobre o mangue.
RelUrba4e7	Quanto maior a relação entre a área urbana entre as cotas altimétricas 4,0 e 7,0 metros IBGE e a área total entre as cotas 4,0 e 7,0 metros, maior a pressão sobre o mangue.
RelUrbabaixo2_5	Quanto maior a relação entre a área urbana abaixo da cota altimétrica 2,5 metros IBGE e a área total abaixo da cota 2,5 metros, maior a pressão sobre o mangue.
ValorConstAbaix7	Quanto maior o valor do m ² construído abaixo da cota altimétrica 7,0 metros, maior a pressão sobre o mangue.
ValorConstrAcim7	Quanto maior o valor do m ² construído acima da cota altimétrica 7,0 metros, maior a pressão sobre o mangue.
ValorTerrAbaix7	Quanto maior o valor do m ² do terreno abaixo da cota altimétrica 7,0 metros, maior a pressão sobre o mangue.
ValorTerrAcim7	Quanto maior o valor do m ² do terreno acima da cota altimétrica 7,0 metros, maior a pressão sobre o mangue.

5.2.2 O sistema Fuzzy para determinação do IVODM

Para executar o sistema fuzzy, utilizou-se o programa fuzzyTech 5.54. Através desse software construiu-se o modelo do sistema fuzzy para determinar o IVODM (**Figura 19**).

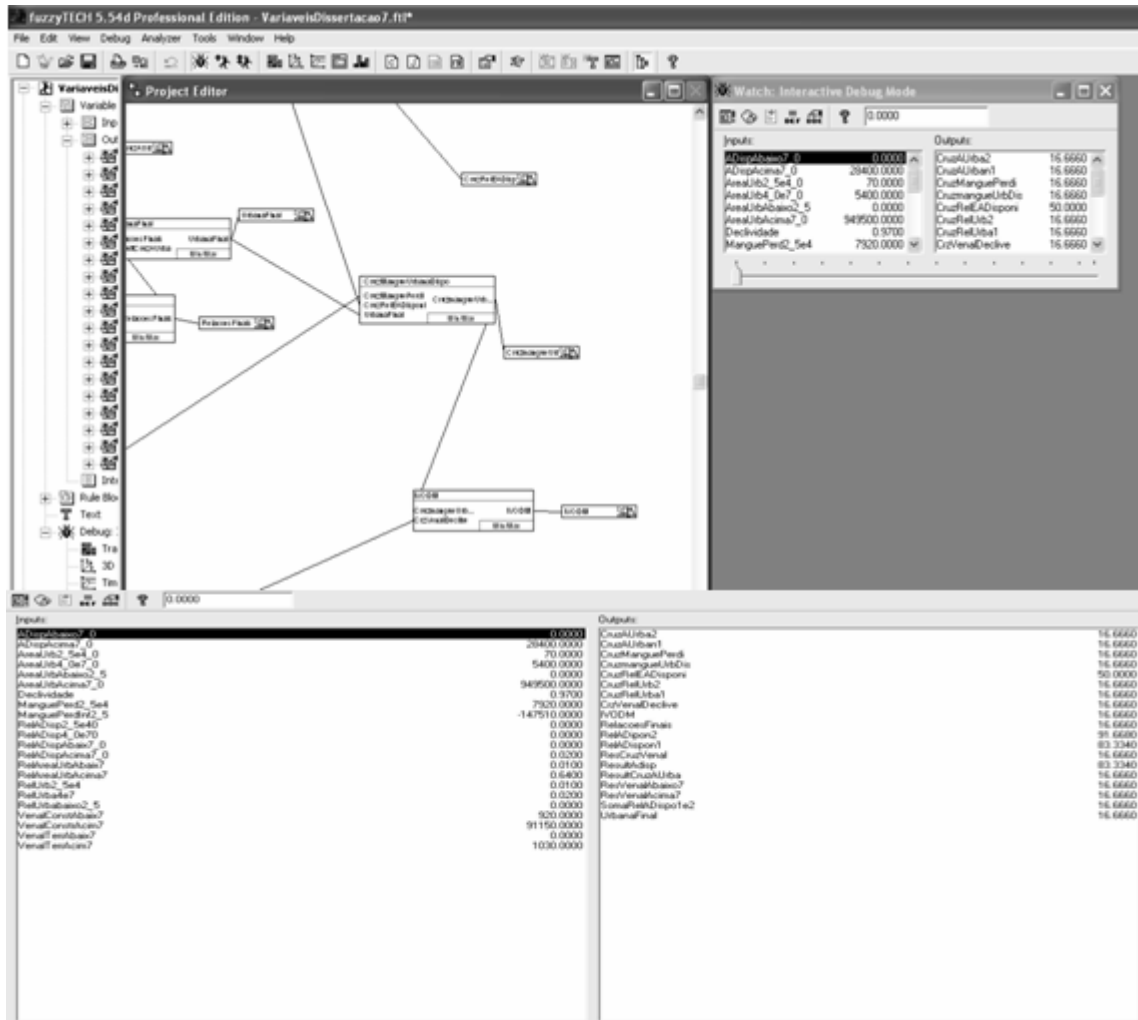


Figura 19. Interface do software FuzzyTech 5.54

Para cada etapa do sistema, utilizou-se um método computacional específico, conforme apresentados no **Quadro 5**.

Quadro 5. Métodos computacionais para cada etapa de um sistema fuzzy

Etapa	Método	Descrição
Fuzzificação	Compute MBF (Compute Membership Function)	Método de transformação de valor real em conjuntos fuzzy.
Desfuzzificação	CoM (Center of Maximum)	Método de transformação de fuzzy em valor real
Processo de Inferência	MIN (Operador comum na literatura)	Método que usa Operadores de agregação da inferência de regras fuzzy
Processo de Inferência	MAX (Operador comum na literatura)	Método que usa operadores fuzzy para gerar a conclusão da inferência.

O processo de inferência Min e Max é também chamado de método de inferência de Mamdani. **(Veja no Apêndice 3 o exemplo de uma inferência de duas variáveis que fazem parte do IVODM)**

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Quantificação das variáveis de entrada

Os mapas temáticos produzidos durante este trabalho e as variáveis obtidas a partir dos mesmos são apresentados nas **Figuras 20 a 29**.

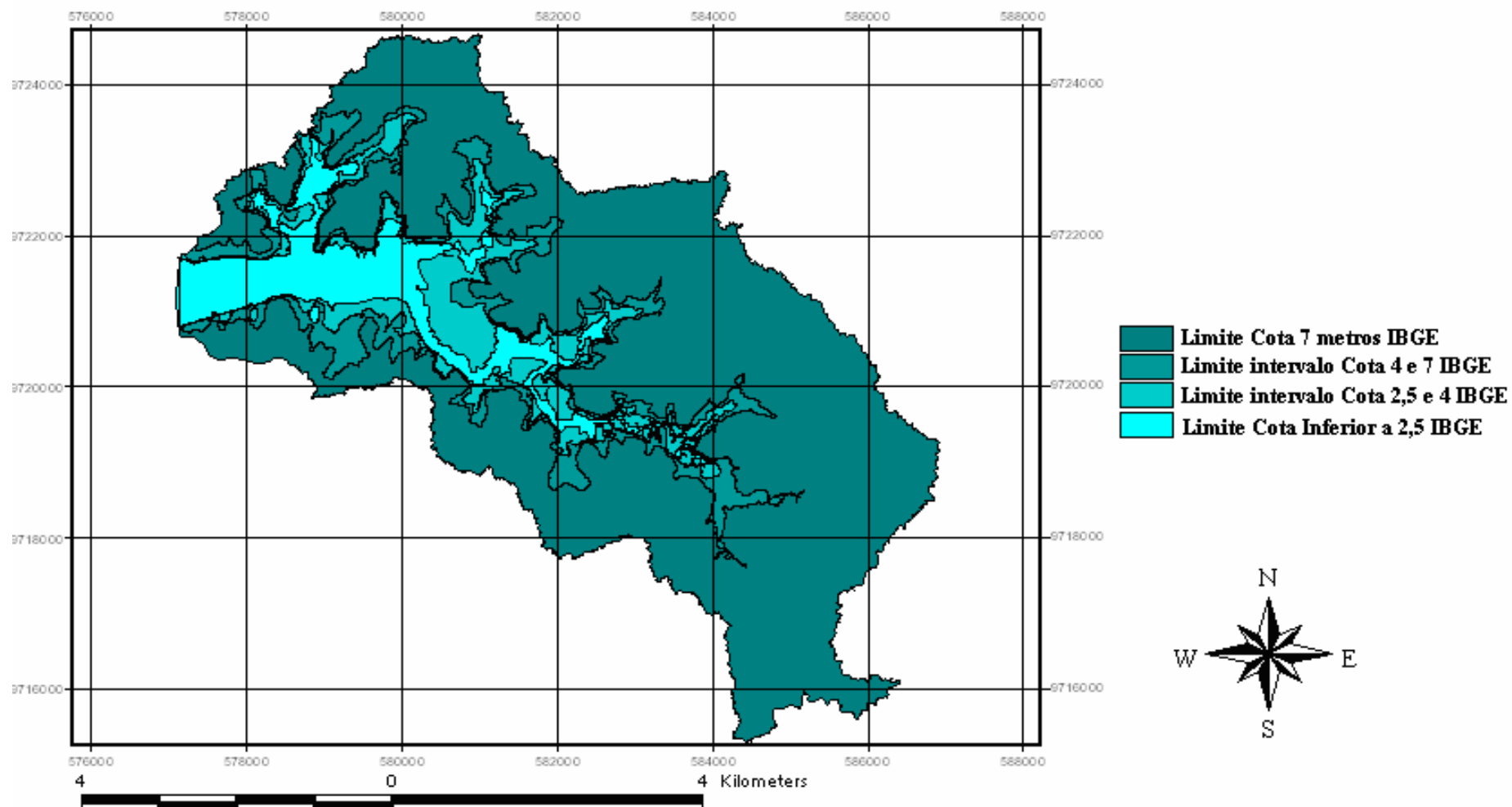


Figura 20. Cotas Altimétricas IBGE para a Bacia Hidrográfica do Rio Anil

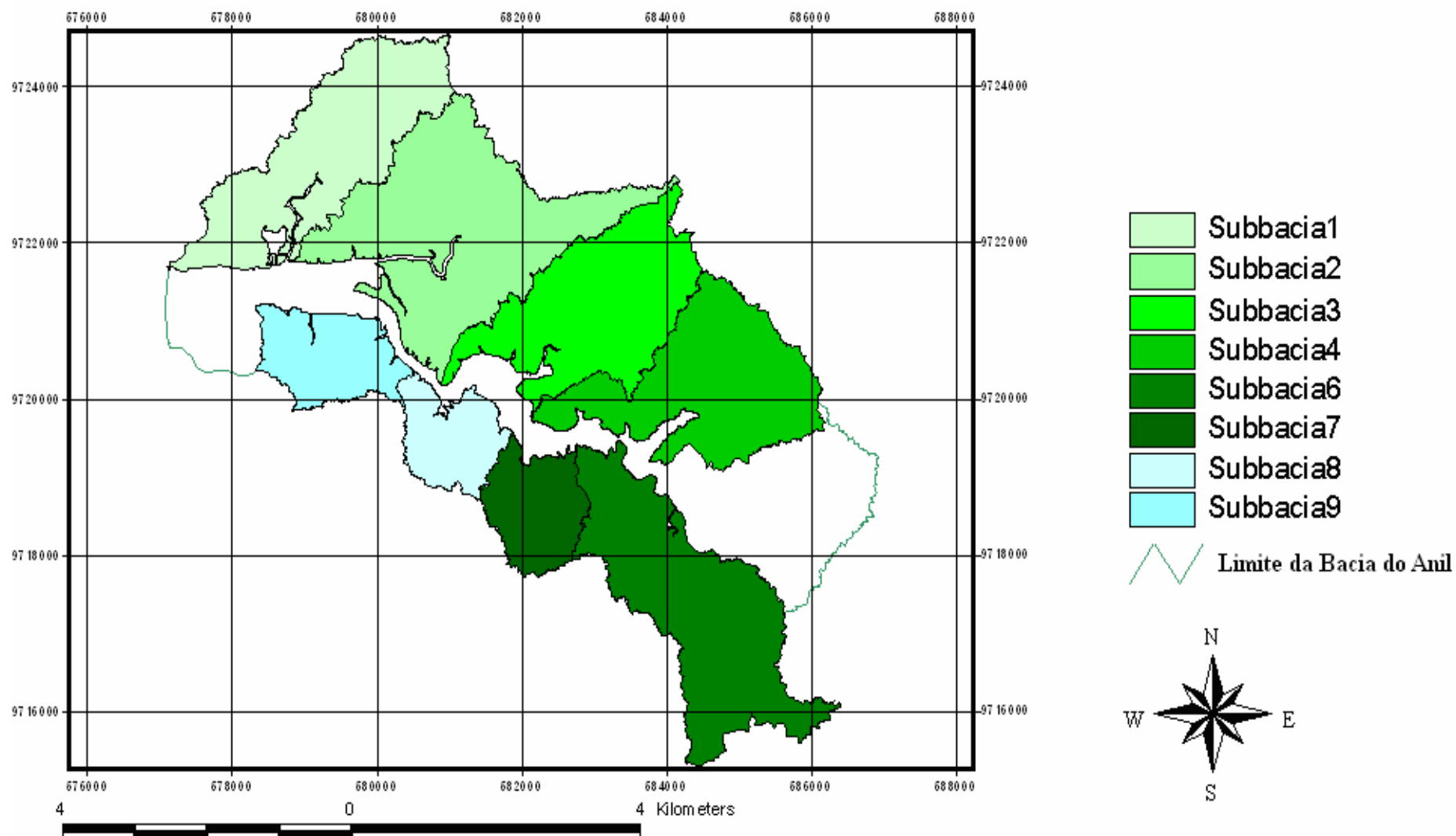


Figura 21. Sub-Bacias do Anil

Tabela 5. Superfícies em (m²) por cotas altimétricas do IBGE e Sub-bacias do Anil

Variáveis	Sub 1	Sub 2	Sub 3	Sub 4	Sub 6	Sub 7	Sub 8	Sub 9
Area (>=7,0 IBGE)	2.757.993,32	3.438.754,47	3.560.517,65	3.911.663,99	5.361.326,19	1.524.290,81	1.287.472,57	1.024.520,86
Area (4,0-7,0 IBGE)	744.328,19	299.232,66	167.032,11	67.207,52	185.913,99	245.423,02	178.502,47	640.574,82
Area (2,5-4,0 IBGE)	581.203,65	1.562.561,37	400.290,64	26.226,52	44.905,01	31.318,06	78.711,08	267.766,28
Area (<=2,5 IBGE)	357.816,21	500.701,09	165.868,75	0,00	2.364,88	0,00	1.253,92	7.238,33
Total	4.441.341,37	5.801.249,59	4.293.709,15	4.005.098,03	5.594.510,07	1.801.031,89	1.545.940,04	1.940.100,29

Neste trabalho foram consideradas apenas 8 sub-bacias do Anil, as sub-bacias 5 e 10 foram desconsideradas, pois nenhuma das duas apresentava mangue em 1975 e 2007 (**Figura 21**).

A **tabela 5** acima apresenta as áreas em metros quadrados para as cotas altimétricas do IBGE consideradas nesse trabalho, para cada sub-bacia, como pudemos perceber anteriormente, essas áreas foram de muita importância para a determinação das outras variáveis de entrada do sistema fuzzy. O total descrito na tabela refere-se à área total por sub-bacia. A maior sub-bacia é a Sub 6 e a menor sub-bacia é a Sub 8. (**Figura 20**)

A sub-bacia que tem a maior área acima da cota 70 metros IBGE é a Sub 6 e a menor é a Sub 9. A que tem a maior área entre as cotas 4,0 e 7,0 metros IBGE é a Sub 1 e a menor é a Sub 4. Entre a cota 2,5 e 4,0 metros IBGE a maior área é a da Sub 2 e a menor é a Sub 4. Quando observamos a cota inferior a 2,5 metros IBGE a maior área é a da Sub 2 e as menores são as Sub 4 e Sub 7.

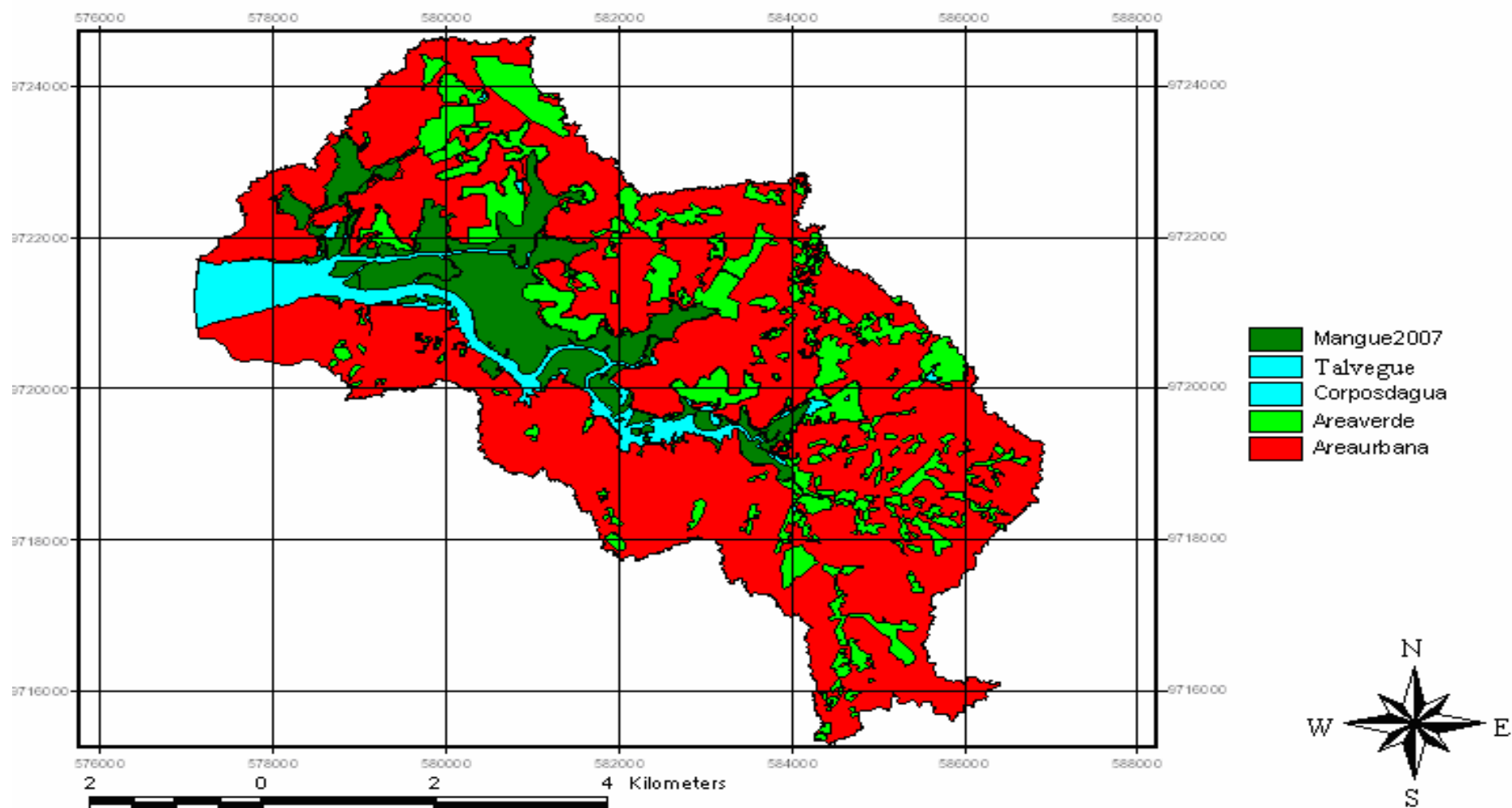


Figura 22. Uso e Ocupação do Solo na Bacia do Rio Anil 2007

Tabela 6. Superfícies em (m²) das Unidades de paisagem (Uso e Ocupação) que compõem as Sub-bacias do Anil

Variáveis	Sub1	Sub 2	Sub 3	Sub 4	Sub 6	Sub 7	Sub 8	Sub 9
Mangue 2007	559.479,84	2.012.819,50	556.523,38	26.054,24	25.958,19	17.323,26	29.662,75	10.843,49
Área verde	934.942,58	1.544.243,73	996.896,09	1.123.414,56	846.602,92	61.603,47	42.772,49	114.751,50
Corpos d'água	7.306,39	14.483,80	0,00	20.352,75	0,00	0,00	0,00	0,00
Área Urbana	2.939.612,56	2.229.702,56	2.740.289,68	2.835.276,48	4.721.948,96	1.722.105,16	1.473.504,80	1.814.505,30
Total sem Talvegue	4.441.341,37	5.801.249,59	4.293.709,15	4.005.098,03	5.594.510,07	1.801.031,89	1.545.940,04	1.940.100,29

A **tabela 6** determina a área em m² de cada tipo de uso do solo considerado neste trabalho, focamos nosso trabalho basicamente nos usos: *Mangue, área verde e área urbana (Figura 22)*. Os totais sem talvegue desta tabela são idênticos aos da **tabela 5**. Essas variáveis também foram muito importantes para a determinação das variáveis de entrada.

A sub-bacia que tem a maior área de mangue é a Sub 2 e a que tem a menor área de mangue é a Sub 9. Já quando verificamos a área verde, a sub-bacia que apresenta maior área é a Sub 2 e a que apresenta a menor área é a Sub 8. Com relação à área urbana a que apresenta a maior área urbana é a Sub 6 e a que apresenta a menor área urbana é a Sub 8. É importante destacar que considerou-se neste trabalho o seguinte pressuposto: quanto maior a área verde, menor a pressão sobre mangue, pois pressupõem-se que a área disponível ainda é suficiente para que não pressione o mangue com urbanização. Outro ponto importante é que quanto maior a área de mangue, mais resistente às pressões extremas esse mangue é. No entanto em contraponto com o aumento da área urbana, maior a pressão sobre o mangue.

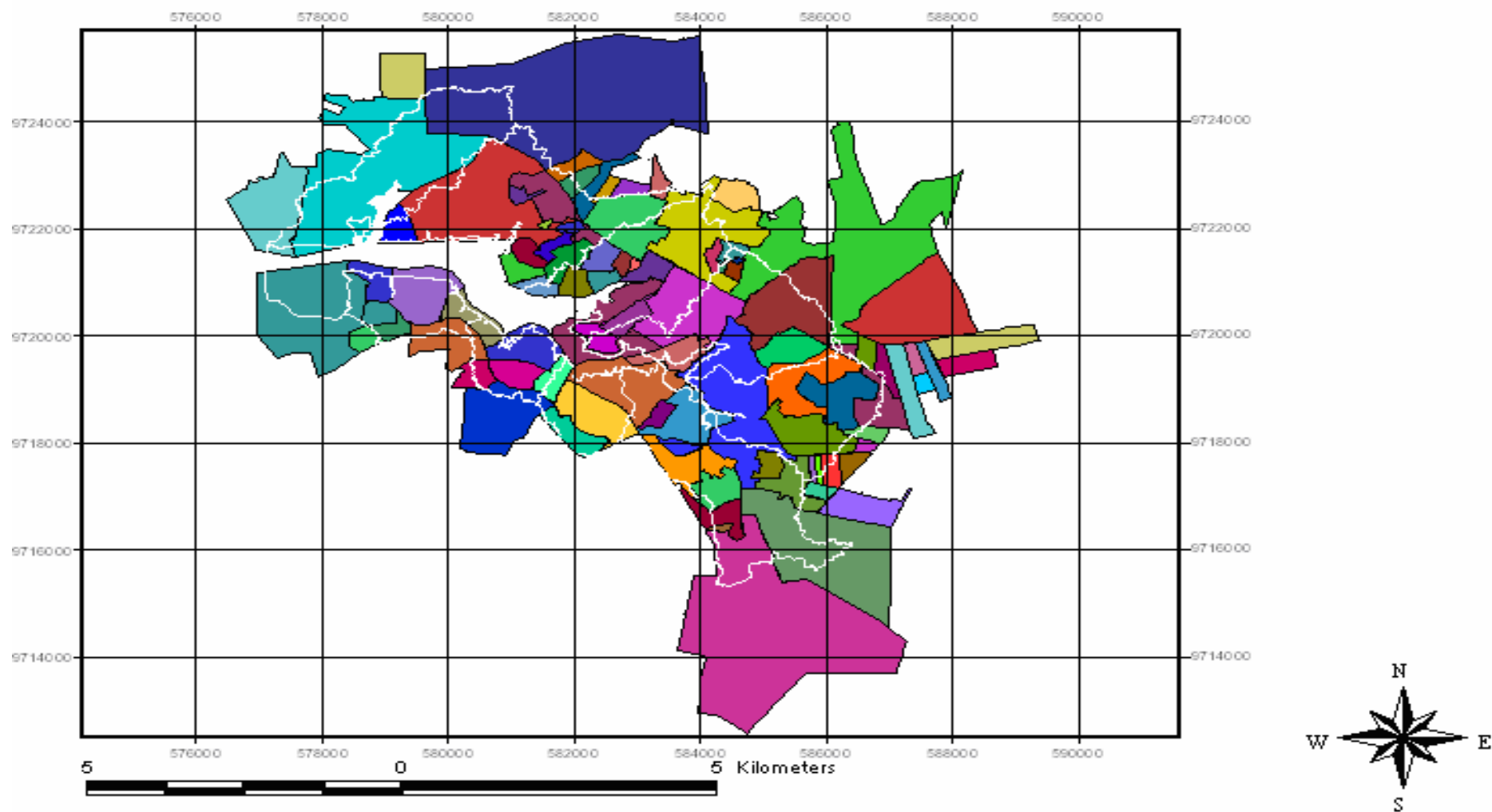


Figura 23. Bairros e Limite das subBacias

Quadro 6. Bairros por Sub-bacias do Anil e nas margens em que se encontram (M.D), margem direita, (M.E), margem esquerda

Sub1 (M.D)	Sub2 (M.D)	Sub3 (M.D)	Sub4 (M.D)	Sub6 (M.E)	Sub7 (M.E)	Sub8 (M.E)	Sub9 (M.E)
São Francisco	Jaracaty	Morada	Ipase	Vila Palmeira	Vila Palmeira	Ivar Saldanha	Fé em Deus
Renascença	Santa Eulália	Santa Eulália	Maranhão Novo	Santa Cruz	Ivar Saldanha	Alemanha	Liberdade
Calhau	Renascença	Rec. dos Vinhais	Japão	Anil	Barreto	Fé em Deus	Camboa
Santa Eulália	Calhau	Conjunto dos Ipês	Bequimão	Jão de Deus	Sacavém	Monte Castelo	Centro
Jaracaty	Vinhais I	Conj 25 de Maio	Rio Anil	Distr. São Cristovão	Outeiro da Cruz	Apeadouro	Diamante
São Marcos	VinhaisII	Lot. Vinhais	Anil	Distrito Tirirical	João Paulo	João Paulo	Fabril
	Vinhais III	Resid. Vinhais III	Cohama	Vila Lobão			Vila Passos
	Vinhais IV	Vinhais IV	Turu	V. Roseana Sarney			Monte Castelo
	Quitandinha	Parque Ângela	Angelim	Sítio Pirapora			Coréia
	Cohafuma	Japão	Jardim de Fátima	Santo Antônio			
	Planalto Vinhais	Ipase	Cruz. do Anil	Cutim Anil			
	Conj Hab. Vinhais	Maranhão Novo	Novo Angelim	Outeiro da Cruz			
	Cohama	Bequimão		Barreto			
	Vila Independente	Conj Hab. Vinhais		Radional			
	Vila Rosseana	Cohama					
	Parque Olinda						
	Belo Horizonte						
	Recanto dos Vinhais						
	Vinhais Velho						
	Jardim Monterrey						
	Morada						

Os bairros destacados em vermelho no **Quadro 6**, são justamente aqueles que fazem interface com a área de manguezal em cada sub-bacia. A bacia que mais possui bairros é a sub-bacia 2, no entanto, a que mais tem bairros fazendo interface com o mangue é a sub-bacia 3. É importante observar também que a sub-bacia 1 tem bairros muito valorizados fazendo interface com as áreas de mangue. A sub-bacia 1 é a de maior valor do metro quadrado de terreno e de área construída. (**Tabela 7 e Figura 23**)

Tabela 7. Valor do (m²) construído e do terreno por bairro e o total para para a sub-bacia 1 do Anil

Sub 1 (M.D)	Valor Construído (R\$)	Valor Terreno (R\$)		
São Francisco	800	200		
Renascença	1500	375		
Calhau	2000	500		
Santa Eulália	1000	250		
Jaracaty	1000	250		
			Valor Total	Valor Total
São Marcos	3000	750	Construído	Terreno
VALOR MÉDIO POR				
SUB-BACIA	1550,00	387,50	R\$ 4.556.399.468,00	R\$ 362.290.249,75

A sub-bacia 1 é a de maior valor de área construída e de terreno por (m²)

Tabela 8. Valor do (m²) construído e do terreno por bairro e o total para para a sub-bacia 2 do Anil

Sub 2 (M.D)	Valor Construído (R\$)	Valor Terreno (R\$)		
Jaracaty	1500	375		
Santa Eulália				
Renascença	1500	375		
Calhau	2000	500		
Vinhais I	400	100		
VinhaisII	400	100		
Vinhais III	400	100		
Vinhais IV	400	100		
Quitandinha				
Cohafuma	700	175		
Planalto Vinhais	500	125		
Conj Habitacional Vinhais	400	100		
Cohama	800	200		
Vila Independente				
Vila Rosseana				
Parque Olinda				
Belo Horizonte				
Recanto dos Vinhais	500	125		
Vinhais Velho	400	100		
Jardim Monterrey				
Morada				
VALOR MÉDIO POR SUB-BACIA	761,54	190,38	Valor Total Construído	Valor Total Terreno
			R\$ 1.698.004.257,23	R\$ 294.000.248,60

A sub-bacia 2 é a segunda maior no valor de área construída e de terreno por (m²)

Tabela 9. Valor do (m²) construído e do terreno por bairro e o total para para a sub-bacia 3 do Anil

Sub 3 (M.D)	Valor Construído (R\$)	Valor Terreno (R\$)		
Morada				
Santa Eulália				
Recanto dos Vinhais	500	125		
Conjunto dos Ipês				
Conj 25 de Maio	300	75		
Loteamento Vinhais	300	75		
Residencial Vinhais III	400	100		
Vinhais IV	400	100		
Parque Ângela				
Japão				
Ipase	400	100		
Maranhão Novo	400	100		
Bequimão	400	100		
Conj Habitacional Vinhais	400	100		
			Valor Total	Valor Total
			Construído	Terreno
Cohama	800	200		
VALOR MÉDIO POR				
SUB-BACIA	430,00	107,50	R\$ 1.178.324.562,40	R\$ 107.166.329,68

A sub-bacia 3 é a terceira maior no valor de área construída por (m²) e o quarto maior no valor de terreno por (m²)

Tabela 10. Valor do (m²) construído e do terreno por bairro e o total para para a sub-bacia 4 do Anil

Sub 4 (M.D)	Valor Construído (R\$)	Valor Terreno (R\$)		
Ipase	400	100		
Maranhão Novo	400	100		
Japão				
Bequimão	400	100		
Rio Anil				
Anil	250	62,5		
Cohama	800	200		
Turu	400	100		
Angelim	350	75		
Jardim de Fátima				
Cruzamento do Anil				
			Valor Total	Valor Total
			Construído	Terreno
Novo Angelim				
VALOR MÉDIO POR				
SUB-BACIA	428,57	105,35	R\$ 1.215.118.491,43	R\$ 118.359.748,29

A sub-bacia 4 é o quarto maior no valor de área construída por (m²) e o terceiro maior no valor de terreno por (m²)

Tabela 11. Valor do (m²) construído e do terreno por bairro e o total para para a sub-bacia 6 do Anil

Sub 6 (M.E)	Valor Construído (R\$)	Valor Terreno (R\$)		
Vila Palmeira	150	37,5		
Santa Cruz	150	37,5		
Anil	250	62,5		
Jão de Deus	100	25		
Distrito São Cristovão	100	25		
Distrito Tirirical	150	37,5		
Vila Lobão				
Vila Roseana Sarney				
Sítio Pirapora				
Santo Antônio				
Cutim Anil				
Outeiro da Cruz				
Barreto				
Radional				
VALOR MÉDIO POR SUB-BACIA	150,00	37,50	Valor Total Construído	Valor Total Terreno
			R\$ 708.292.344,00	R\$ 31.747.609,50

A sub-bacia 6 é a quinta maior no valor de área construída e de terreno por (m²)

Tabela 12. Valor do (m²) construído e do terreno por bairro e o total para para a sub-bacia 7 do Anil

Sub 7 (M.E)	Valor Construído (R\$)	Valor Terreno (R\$)		
Vila Palmeira	150	37,5		
Ivar Saldanha	150	37,5		
Barreto				
Sacavém				
Outeiro da Cruz				
João Paulo				
VALOR MÉDIO POR			Valor Total	Valor Total
SUB-BACIA	150,00	37,50	Construído	Terreno
			R\$ 258.315.774,00	R\$ 2.310.130,13

A sub-bacia 7 é o sexta maior no valor de área construída por (m²) e a sétima maior no valor de terreno por (m²)

Tabela 13. Valor do (m²) construído e do terreno por bairro e o total para para a sub-bacia 8 do Anil

Sub 8 (M.E)	Valor Construído (R\$)	Valor Terreno (R\$)		
Ivar Saldanha	150	37,5		
Alemanha	150	37,5		
Fé em Deus	80	20		
Monte Castelo	150	37,5		
Apeadouro				
			Valor Total	Valor Total
			Construído	Terreno
João Paulo	200	50		
VALOR MÉDIO POR				
SUB-BACIA	146,00	36,50	R\$ 215.131.700,80	R\$ 1.561.195,89

A sub-bacia 8 é a sétima maior no valor de área construída por (m²) e a oitava maior no valor de terreno por (m²)

Tabela 14. Valor do (m²) construído e do terreno por bairro e o total para para a sub-bacia 9 do Anil

Sub 9 (M.E)	Valor Construído (R\$)	Valor Terreno (R\$)		
Fé em Deus	80	20		
Liberdade	50	12,5		
Camboa	100	25		
Centro	100	25		
Diamante				
Fabril				
Vila Passos				
Monte Castelo	150	37,5		
			Valor Total	Valor Total
Coréia			Construído	Terreno
VALOR MÉDIO POR				
SUB-BACIA	96,00	24,00	R\$ 174.192.508,80	R\$ 2.754.036,00

A sub-bacia 9 é a oitava maior no valor de área construída por (m²) e a sexta maior no valor de terreno por (m²)

Tabela 15. Valor do metro em (R\$/1000) quadrado construído e do terreno por cotas altimétricas acima e abaixo de 7,0 metros IBGE, por sub-bacia do anil e divididos por 1000 e destacando a ordem do maior para menor valor

Variáveis	Sub 1	Sub 2	Sub 3	Sub 4	Sub 6	Sub 7	Sub 8	Sub 9
Valor cota (>=7,0 IBGE) Construído Por 1000	3.206.048,54 (1ª)	1.679.191,54 (2ª)	1.148.757,71 (4ª)	1.211.338,81 (3ª)	693.827,30 (5ª)	219.403,10 (6ª)	183.813,94 (7ª)	91.156,02 (8ª)
Valor cota (<=7,0 IBGE) Construído Por 1000	337.587,73 (1ª)	4.703,18 (6ª)	7.391,71 (5ª)	929,17 (8ª)	3.616,26 (7ª)	9.728,17 (3ª)	7.829,44 (4ª)	20.759,12 (2ª)
Valor cota (>=7,0 IBGE) Terreno Disponível Por 1000	264.379,05 (1ª)	234.441,25 (2ª)	95.566,22 (4ª)	112.189,98 (3ª)	27.592,91 (5ª)	2.310,13 (6ª)	1.039,26 (8ª)	1.799,49 (7ª)
Valor cota (<=7,0 IBGE) Terreno Disponível Por 1000	0,65 (5ª)	1,64 (3ª)	1,00 (4ª)	0,56 (6ª)	2,95 (1ª)	0,00 (-)	0,39 (7ª)	1,66 (2ª)

A partir dos valores determinados entre as **Tabelas 7 a 14**, obteve-se os valores do metro quadrado construído e do terreno por cotas altimétricas acima e abaixo de 7,0 metros IBGE, por sub-bacia do anil apresentados na **Tabela 15**.

É importante considerar que os valores obtidos foram referentes ao ano de 2008, em São Luís do MA. Entre os anos de 1975 e 2008, os preços do metro quadrado variaram bastante e em um passado recente outras áreas foram sofrerem ocupação em um ritmo mais acelerado e já apresentaram valores por metro quadrado muito mais elevado é o caso de muitas regiões do Bairro do anil e proximidades, antes considerado eixo de crescimento urbano de São Luís. Atualmente esse eixo esta do lado direito da bacia do anil, partindo do São Francisco a caminho do Araçagy.

A sub-bacia que apresenta o maior valor por metro quadrado construído acima da cota altimétrica 7,0 metros IBGE é a Sub 1 e a que tem o menor valor é a Sub 9. Já a sub-bacia que apresenta o maior valor por m² construído abaixo da cota altimétrica 7,0 metros IBGE é a Sub 1 e a que tem o menor valor é a Sub 4.

A sub-bacia que apresenta o maior valor por metro quadrado de terreno acima da cota altimétrica 7,0 metros IBGE é a Sub 1 e a que tem o menor valor é a Sub 8. Já a sub-bacia que apresenta o maior valor por m² de terreno abaixo da cota altimétrica 7,0 metros IBGE é a Sub 6 e a que tem o menor valor é a Sub 8. A Sub-Bacia 7 não possui área disponível abaixo da cota 7,0 metros para comercialização de terreno.

É importante frisar que quanto maior o valor do metro quadrado construído e do terreno, maior a especulação imobiliária sobre as áreas de mangue das bacias em estudo.

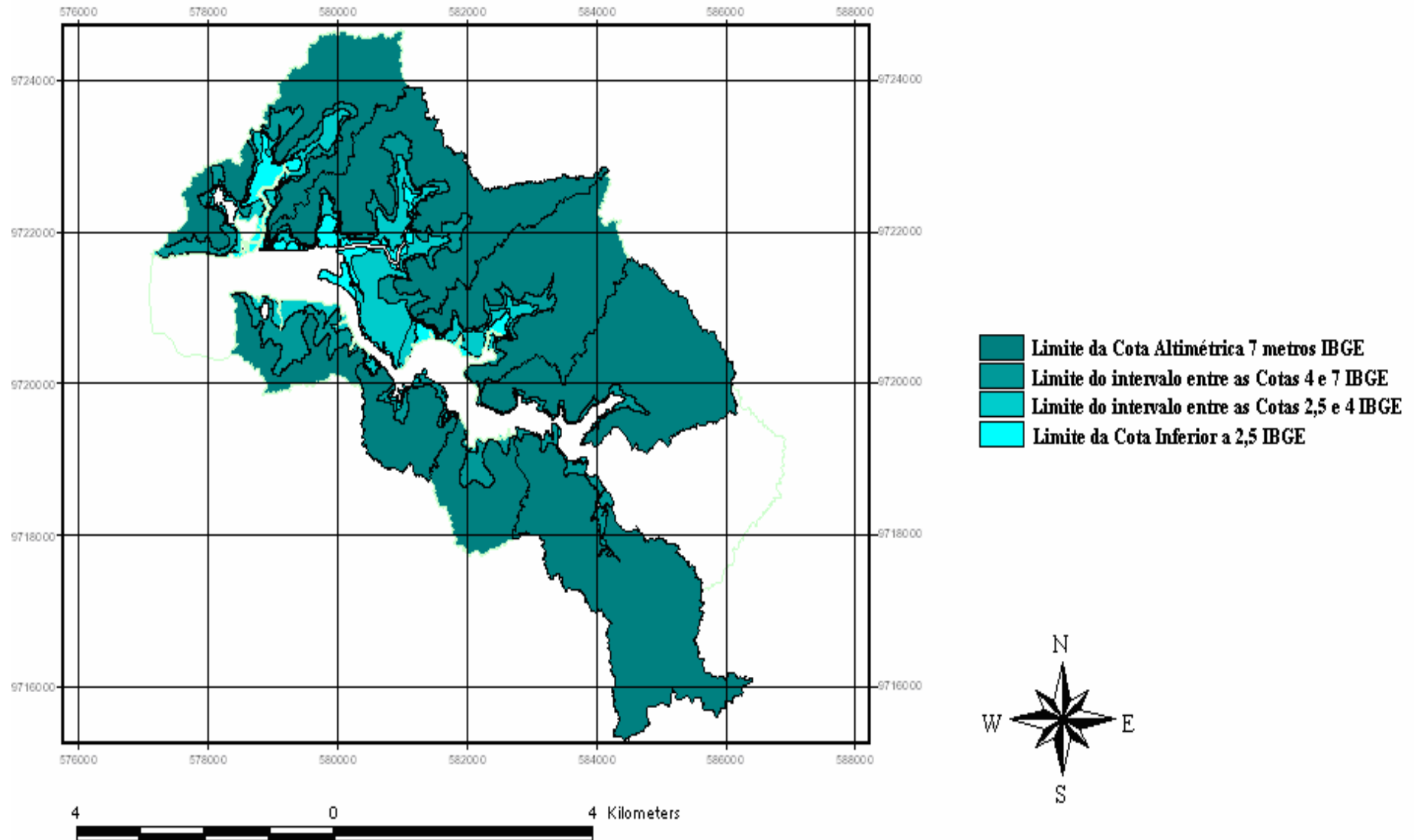


Figura 24. Cotas Altimétricas por subBacia

Tabela 16. Largura média e declividade em (%) da faixa entre as cotas altimétricas 2,5 e 4,0 metros IBGE por sub-bacias do anil. destacando a ordem da maior para menor declividade (**Figura 24**)

Variáveis	Sub 1	Sub 2	Sub 3	Sub 4	Sub 6	Sub 7	Sub 8	Sub 9
Largura média da faixa (2,5 e 4 m IBGE)	70,00	154,00	91,00	16,00	21,00	18,00	34,00	75,00
Declividade Média entre a Cota (2,5 e 4,0 m IBGE)	2,14 (5 ^a)	0,97 (8 ^a)	1,65 (7 ^a)	9,38 (1 ^a)	7,14 (3 ^a)	8,33 (2 ^a)	4,41 (4 ^a)	2,00 (6 ^a)

De acordo com a **Tabela 16** a Sub-bacia que apresenta a maior declividade é a Sub 4 e a que apresenta a menor é a Sub 2.

É importante considerar que quanto maior a declividade entre as cotas (2,5 e 4,0 metros IBGE), menor a pressão sobre as áreas de mangue, uma vez que é mais caro aterrar essas áreas com a declividade mais acentuada.

Um tipo de ação muito comum nestas áreas de maior declividade é o processo de palafitização e de desmatamento intensivo, mais não é observado aterro. Neste trabalho, foram consideradas apenas as áreas que foram urbanizadas no período de 1975 a 2007.

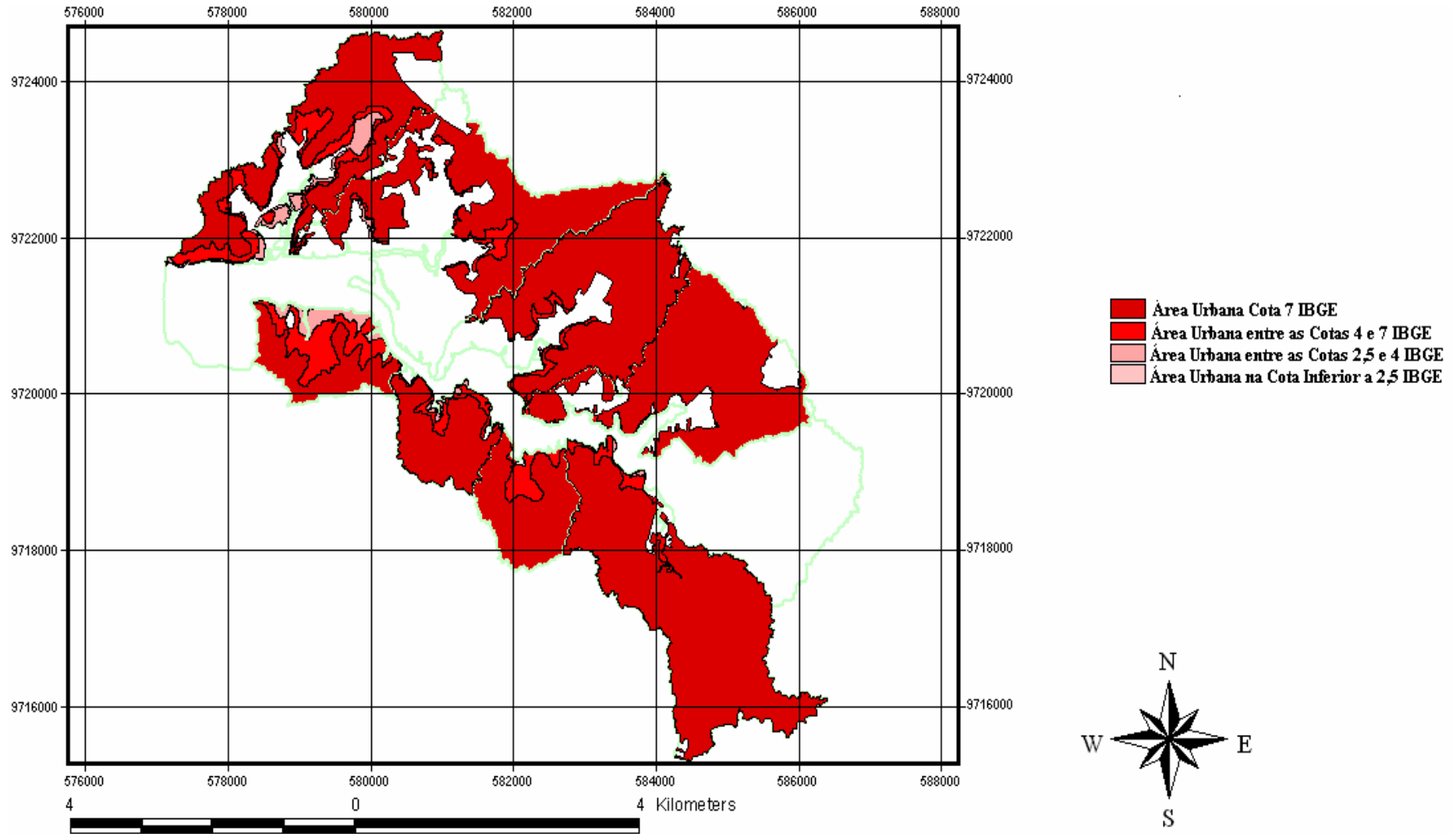


Figura 25. Área Urbana por cota altimétrica do IBGE e por SubBacia

Tabela 17. Superfície da área urbana em (m²) por cota altimétrica do IBGE e por sub-bacia do anil. destacando a ordem da maior para menor área.

Variáveis	Sub 1	Sub 2	Sub 3	Sub 4	Sub 6	Sub 7	Sub 8	Sub 9
Area Urbanizada (>=7,0 IBGE)	2.068.418,41 (5 ^a)	2.204.998,99 (4 ^a)	2.671.529,56 (3 ^a)	2.826.457,22 (2 ^a)	4.625.515,32 (1 ^a)	1.462.687,34 (6 ^a)	1.258.999,60 (7 ^a)	949.541,91 (8 ^a)
Area Urbanizada (<=7,0 IBGE)	871.194,15 (1 ^a)	24.703,57 (7 ^a)	68.760,12 (6 ^a)	8.819,26 (8 ^a)	96.433,64 (5 ^a)	259.417,82 (3 ^a)	214.505,20 (4 ^a)	864.963,39 (2 ^a)
Area Urbanizada (4,0 e 7,0 IBGE)	639.309,16 (1 ^a)	5.422,40 (8 ^a)	59.487,22 (6 ^a)	8.748,15 (7 ^a)	75.121,94 (5 ^a)	245.423,02 (3 ^a)	171.573,24 (4 ^a)	608.865,81 (2 ^a)
Area Urbanizada (2,5 e 4,0 IBGE)	208.772,72 (2 ^a)	17.905,68 (5 ^a)	8.466,21 (7 ^a)	71,11 (8 ^a)	20.075,06 (4 ^a)	13.994,80 (6 ^a)	42.931,96 (3 ^a)	249.005,86 (1 ^a)
Area Urbanizada (<=2,5 IBGE)	23.112,27 (1 ^a)	1.375,49 (3 ^a)	806,69 (5 ^a)	0,00 (-)	1.236,64 (4 ^a)	0,00 (-)	0,00 (-)	7.091,72 (2 ^a)
Total	2.939.612,56	2.229.702,56	2.740.289,68	2.835.276,48	4.721.948,96	1.722.105,16	1.473.504,80	1.814.505,30

A **Tabela 17** foi determinada através da interseção realizada por geoprocessamento e obteve-se os valores de urbanização por cota altimétrica do IBGE. Como comentamos acima, quanto maior a área urbana maior a pressão sobre o mangue. (**Figura 25**)

Nas áreas urbanas acima da cota 7,0 metros a maior área pertence à Sub-bacia 6 e a menor na Sub-bacia 8. Como podemos observar a maior área urbana abaixo da cota altimétrica 7,0 metros IBGE está na Sub-bacia 1 e a menor na Sub-bacia 4. Quando observamos a área urbana entre as cotas altimétricas 4,0 e 7,0 metros a maior área é a da Sub-bacia 1 e a menor é a da sub-bacia 2. Já a área urbana entre as cotas altimétricas 2,5 e 4,0 metros IBGE a maior área observada fica na sub-bacia 9 e a menor na sub-bacia 4 E abaixo da cota altimétrica 2,5 metros IBGE a maior área observada fica na sub-bacia 1 e as menores apresentam-se nas sub-bacias 4, 7 e 8.

Tabela 18. Relações entre a área urbana por cota altimétrica do IBGE e área total de cada cota

Variáveis	Sub 1	Sub 2	Sub 3	Sub 4	Sub 6	Sub 7	Sub 8	Sub 9
Relação Area Urb ($\geq 7,0$ IBGE) com area total ($\geq 7,0$ IBGE)	0,75	0,64	0,75	0,72	0,86	0,96	0,98	0,93
Relação Area Urb ($\leq 7,0$ IBGE) com area total ($\leq 7,0$ IBGE)	0,52	0,01	0,09	0,09	0,41	0,94	0,83	0,94
Relação Area Urb (4,0 e 7,0 IBGE) com area Total (4,0 e 7,0 IBGE)	0,86	0,02	0,36	0,13	0,40	1,00	0,96	0,95
Relação Area Urb (2,5 E 4,0 IBGE) com area Total (2,5 E 4,0 IBGE)	0,36	0,01	0,02	0,00	0,45	0,45	0,55	0,93
Relação Area Urb ($\leq 2,5$ IBGE) com area Total ($\leq 2,5$ IBGE)	0,06	0,00	0,00	0,00	0,52	0,00	0,00	0,98

As variáveis da **Tabela 18** indicam que quanto maior a relação entre determinada área urbana em uma cota qualquer com a área total desta cota, maior a pressão sobre o mangue, pois indica que quanto mais próximo de 1 esta relação for, maior o grau de urbanização de uma área específica. Portanto maior a pressão sobre o mangue. As sub-bacias que apresentam maior relação de área urbanizada para todas as cotas são as sub-bacias 7, 8 e 9.

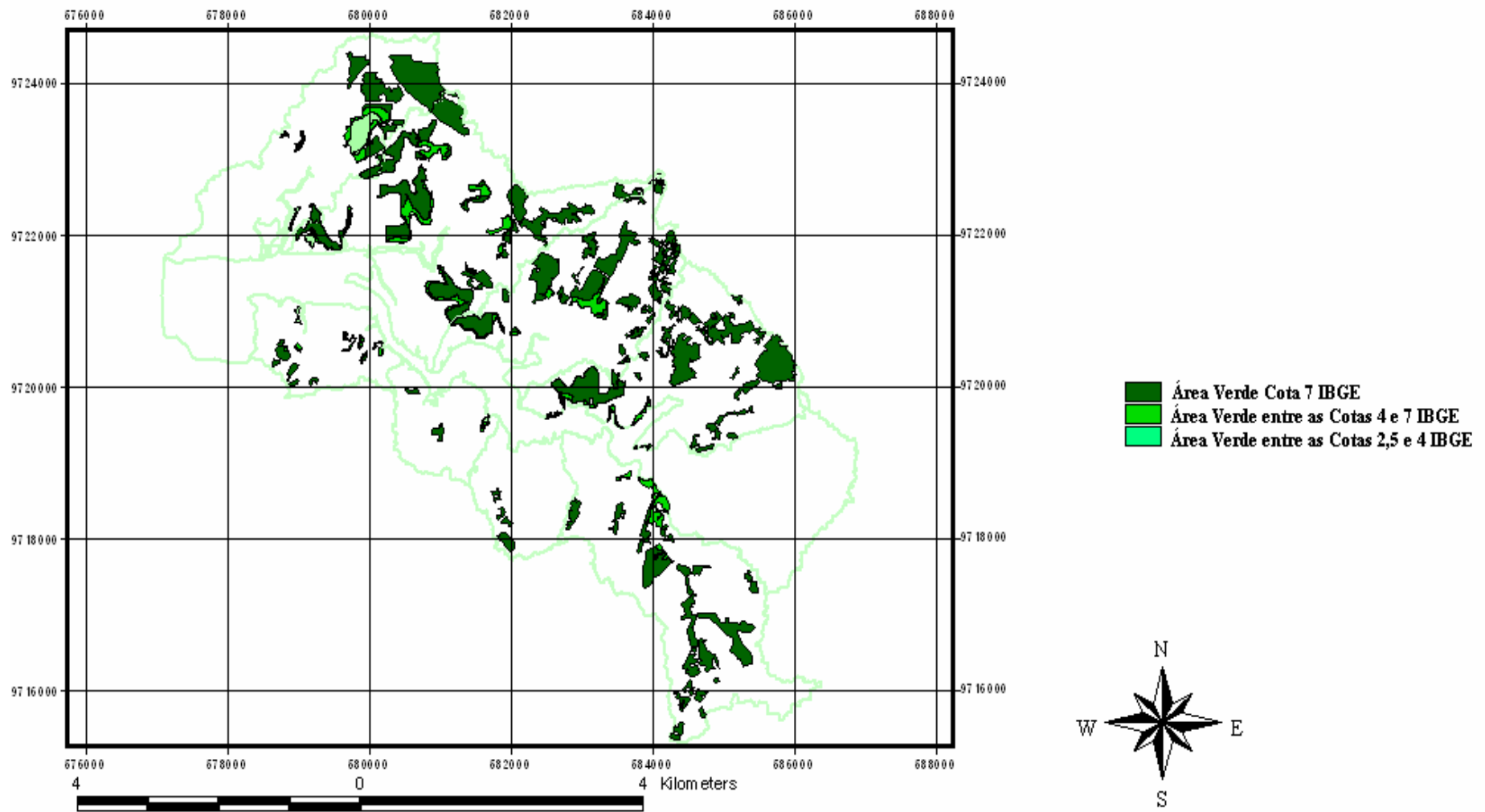


Figura 26. Área Verde por cota altimétrica do IBGE e por SubBacia

Tabela 19. Superfície da área total disponível acima e abaixo da cota altimétrica 7,0 metros IBGE em (m²) e respectivas relações entre as áreas disponíveis por cota e área total por cota, por sub-bacia do anil destacando a ordem da maior para menor área.

Variáveis	Sub 1	Sub 2	Sub 3	Sub 4	Sub 6	Sub 7	Sub 8	Sub 9
Área Total Disponível ($\geq 7,0$ IBGE)	682.268,52 (5 ^a)	1.231.408,56 (1 ^a)	888.988,09 (3 ^a)	1.064.854,02 (2 ^a)	735.810,87 (4 ^a)	61.603,47 (7 ^a)	28.472,97 (8 ^a)	74.978,95 (6 ^a)
Área Total Disponível ($\leq 7,0$ IBGE)	252.674,06 (2 ^a)	312.835,17 (1 ^a)	107.908,00 (4 ^a)	58.560,54 (5 ^a)	110.792,05 (3 ^a)	0,00 (-)	14.299,52 (7 ^a)	39.772,55 (6 ^a)
Relação Área Disp ($\geq 7,0$ IBGE) com Área total ($\geq 7,0$ IBGE)	0,25	0,36	0,25	0,27	0,14	0,04	0,02	0,07
Relação Área Disp ($\leq 7,0$ IBGE) com Área total ($\leq 7,0$ IBGE)	0,15	0,13	0,15	0,63	0,48	0,00	0,06	0,04
Relação Área Disp (4,0 e 7,0 IBGE) com Área Total (4,0 e 7,0 IBGE)	0,14	0,94	0,64	0,87	0,60	0,00	0,04	0,05
Relação Área Disp (2,5 E 4,0 IBGE) com Área Total (2,5 E 4,0 IBGE)	0,25	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,03

Na **Tabela 19** podemos observar que a sub-bacia com maior área disponível acima da cota 7,0 metros IBGE é a Sub 2 e a que apresenta menor área disponível é a Sub 8. Já a maior área observada abaixo da cota 7,0 metros IBGE encontra-se na Sub 2 e a menor na Sub 8. A Sub 7 não apresenta área disponível abaixo da cota altimétrica 7,0 metros IBGE. As sub-bacias que apresentam maior relação de área disponível para todas as cotas são respectivamente a 2, 4, 6 e 3. (**Figura 26**)

Quando falamos das relações de área disponível para qualquer cota altimétrica IBGE por área total por cota altimétrica. Estamos dizendo que quanto maior esta relação, maior a concentração de áreas disponíveis em uma determinada cota. Portanto menor pressão sobre o mangue

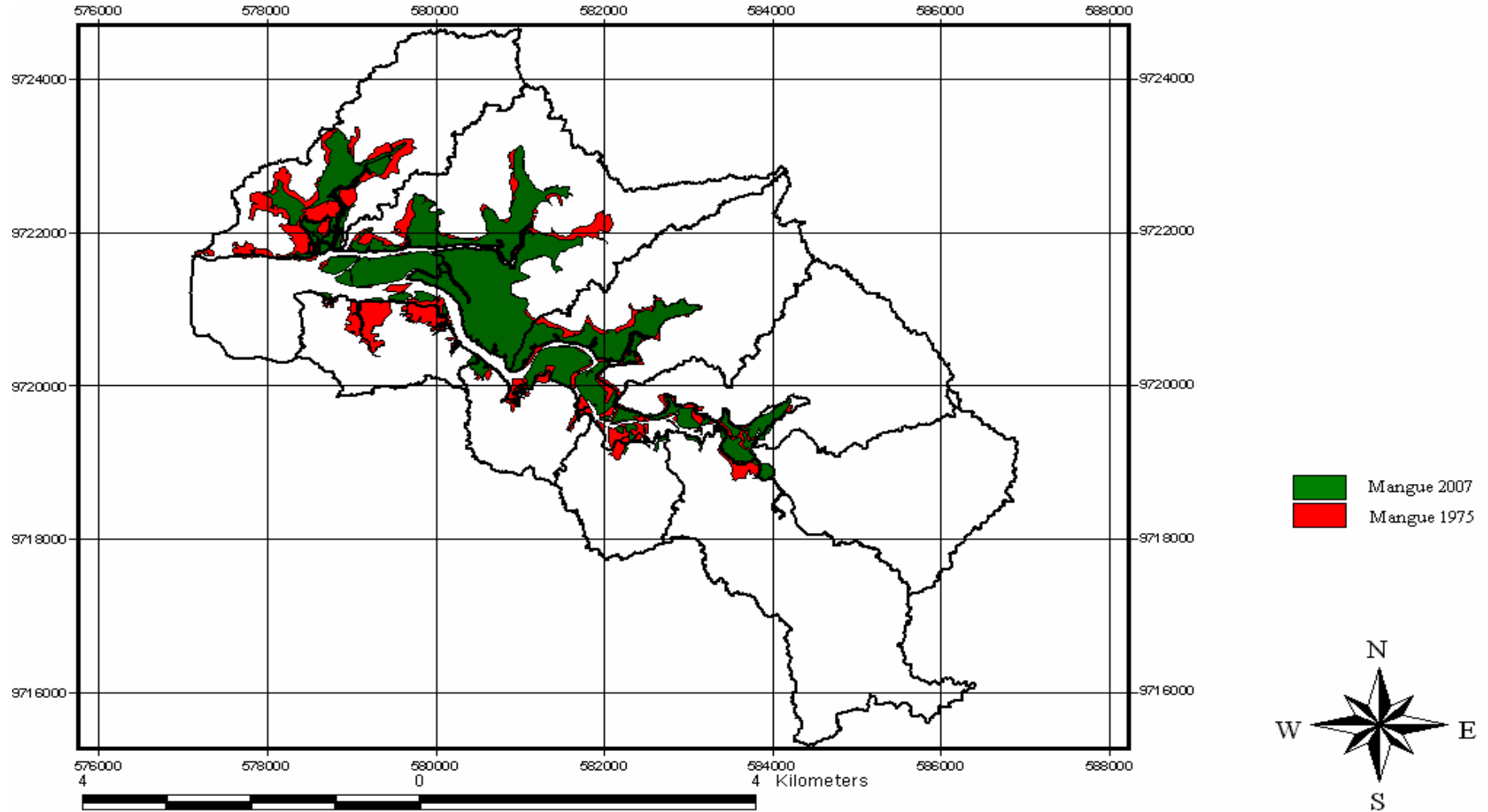


Figura 27. Área de Mangue de 1975 e 2007 por Sub Bacia (Ver tabela 22)

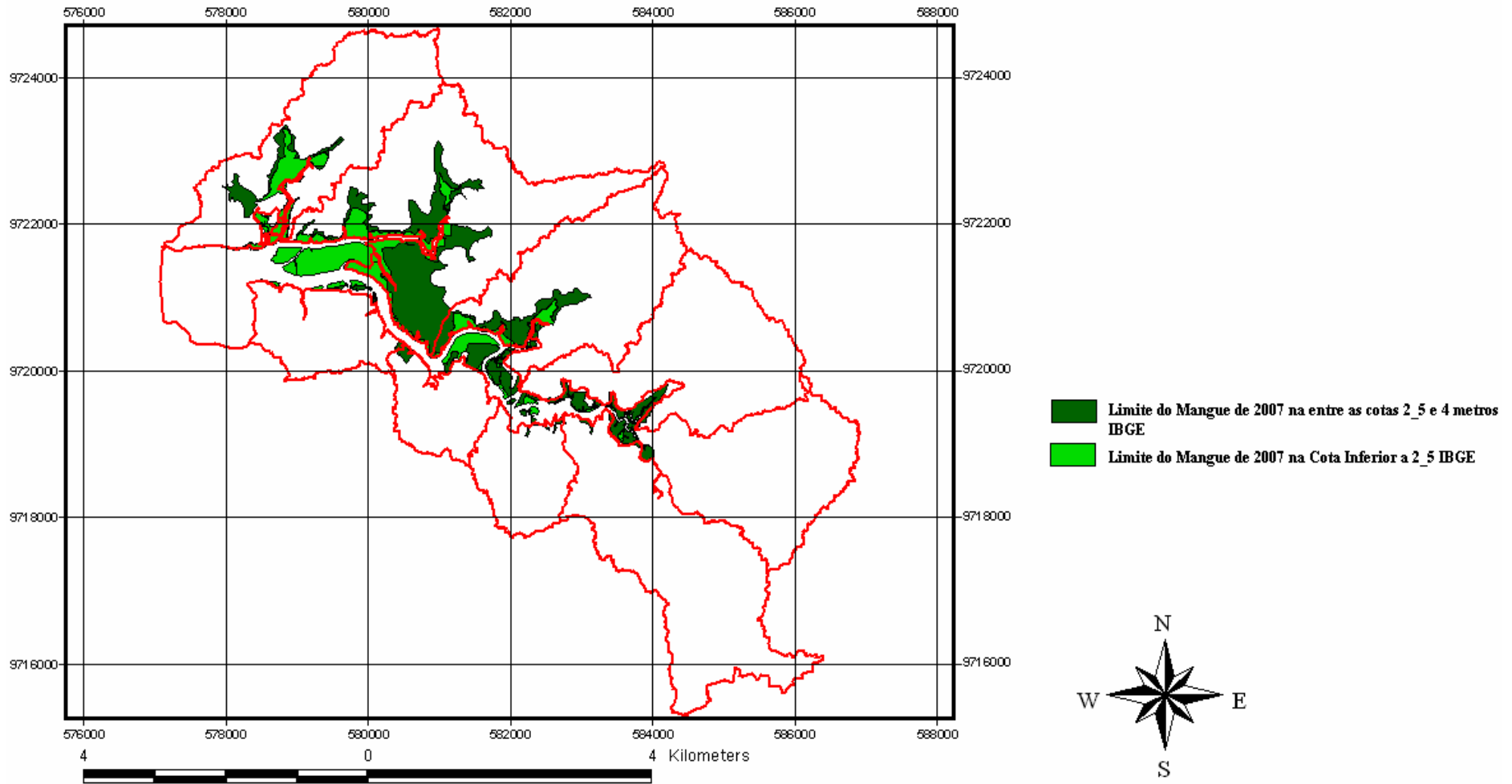


Figura 28. Área de Mangue de 2007 por cota altimétrica do IBGE e por sub-bacias do anil (Ver tabela 21)

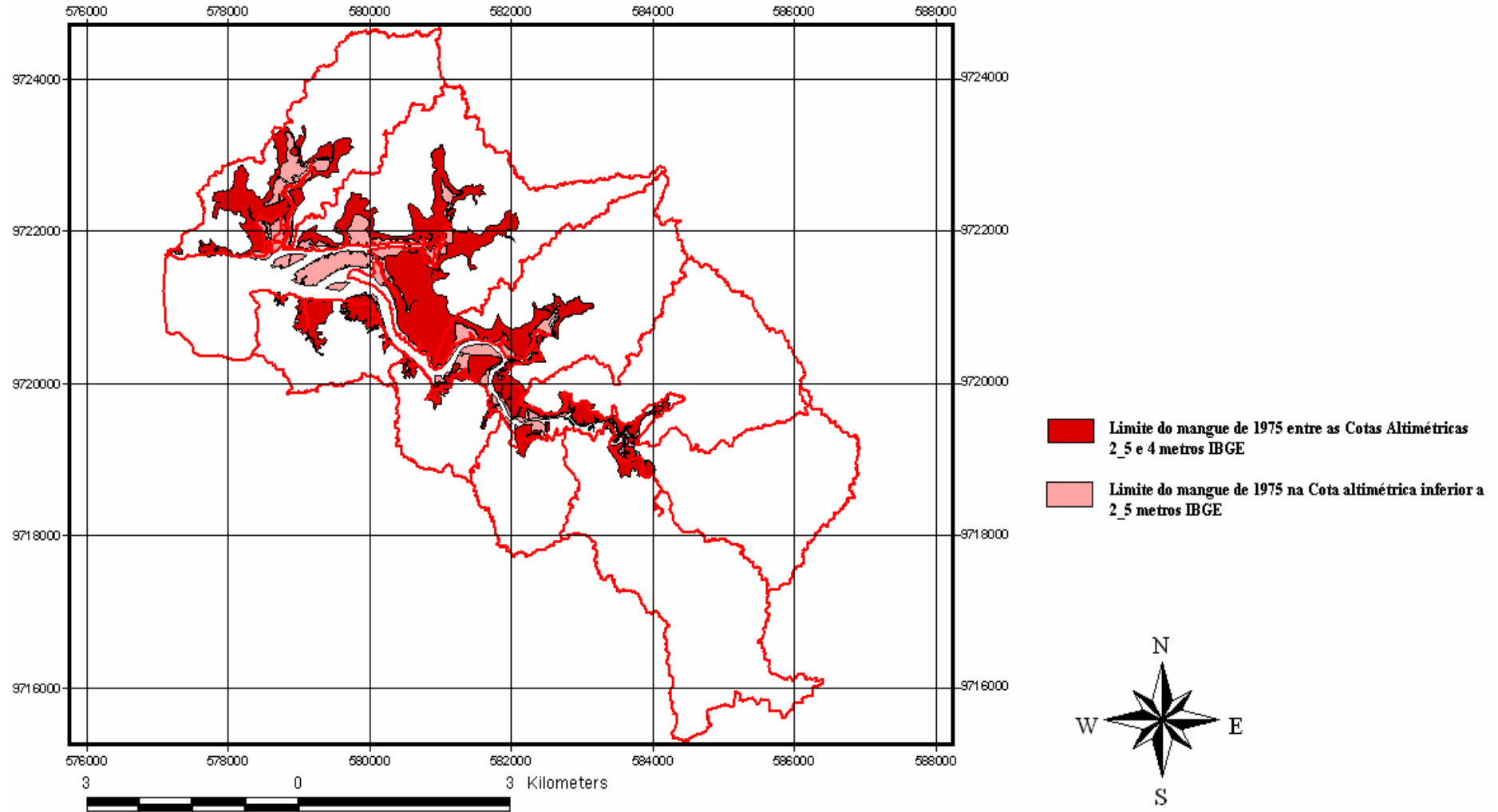


Figura 29. Área de Mangue de 1975 por cota altimétrica do IBGE e por Sub-bacia do Anil (Ver tabela 20)

Tabela 20. Superfície de mangue de 1975 em (m²) por cota altimétrica do IBGE e Sub-bacias do anil destacando a ordem da maior para menor área

Variáveis	Sub 1	Sub 2	Sub 3	Sub 4	Sub 6	Sub 7	Sub 8	Sub 9
Area Mangue (2,5 e 4 IBGE) 1975	810.758,08 (2 ^a)	1.758.281,53 (1 ^a)	520.768,30 (3 ^a)	33.977,33 (7 ^a)	74.767,40 (6 ^a)	27.753,63 (8 ^a)	83.324,86 (5 ^a)	332.967,62 9 (4 ^a)
Area Mangue (<=2,5 IBGE) 1975	304.314,70 (2 ^a)	351.809,77 (1 ^a)	152.706,37 (3 ^a)	0,00 (-)	1.185,80 (5 ^a)	0,00 (-)	1.044,33 (6 ^a)	1.753,66 (4 ^a)

Tabela 21. Superfície de mangue em (m²) de 2007 por cota altimétrica do IBGE e Sub-bacias do anil destacando a ordem da maior para menor área

Variáveis	Sub 1	Sub 2	Sub 3	Sub 4	Sub 6	Sub 7	Sub 8	Sub 9
Area Mangue (2,5 e 4 IBGE) 2007	228.422,88 (3 ^a)	1.513.506,54 (1 ^a)	391.461,32 (2 ^a)	26.054,24 (5 ^a)	24.829,95 (6 ^a)	17.323,26 (7 ^a)	28.408,83 (4 ^a)	10.696,88 (8 ^a)
Area Mangue (<=2,5 IBGE) 2007	331.056,96 (2 ^a)	499.312,96 (1 ^a)	165.062,06 (3 ^a)	0,00 (-)	1.128,24 (5 ^a)	0,00 (-)	1.253,92 (4 ^a)	146,61 (6 ^a)

Tabela 22. Superfície de mangue em (m²) perdida entre os anos de 1975-2007 por sub-bacia do anil destacando a ordem da maior para menor área

Variáveis	Sub 1	Sub 2	Sub 3	Sub 4	Sub 6	Sub 7	Sub 8	Sub 9
Area Mangue Perdida (2,5 e 4 IBGE) 1975-2007	582.335,20 (1 ^a)	244.774,99 (3 ^a)	129.306,98 (4 ^a)	7.923,09 (8 ^a)	49.937,45 (6 ^a)	10.430,37 (7 ^a)	54.916,03 (5 ^a)	322.270,74 (2 ^a)
Area Mangue Perdida (<=2,5 IBGE) 1975-2007	-26.742,26	-147.503,19	-12.355,69	0,00 (-)	57,56 (2 ^a)	0,00 (-)	-209,59	1.607,05 (1 ^a)

Através das **tabelas 20 e 21** pudemos determinar a área de mangue perdida entre as cotas altimétricas 2,5 e 4,0 metros IBGE e cota altimétrica inferior a 2,5 metros IBGE e entre os anos de 1975-2007. Conforme apresentados na **Tabela 22**, nessa tabela os valores negativos indicam ganho de mangue entre os anos de 1975-2007. É importante destacar que esse ganho de mangue ocorre abaixo da cota altimétrica 2,5 metros IBGE. Esse ganho pode ser resultado de um processo de assoreamento do canal do rio anil. A bacia que mais perdeu mangue foi a sub-bacia 1 e ficando em segundo lugar a sub-bacia 9. No entanto a sub-bacia 9 no lado esquerdo apresenta uma urbanização praticamente consolidada e portanto menor risco sob as áreas de mangue, o que ocorre de maneira diferente na sub-bacia 1 que ainda está em expansão.

Tabela 23. Quantificação das variáveis de entrada por sub-bacia destacando a ordem (maior para o menor)

Nome Variável utilizada no sistema Fuzzy	Sub 1	Sub 2	Sub 3	Sub 4	Sub 6	Sub 7	Sub 8	Sub 9
ADispAbaixo7_0	252.674,06 (2 ^a)	312.835,17 (1 ^a)	107.908,00 (4 ^a)	58.560,54 (5 ^a)	110.792,05 (3 ^a)	0,00 (-)	14.299,52 (7 ^a)	39.772,55 (6 ^a)
ADispAcima7_0	682.268,52 (5 ^a)	1.231.408,56 (1 ^a)	888.988,09 (3 ^a)	1.064.854,02 (2 ^a)	735.810,87 (4 ^a)	61.603,47 (7 ^a)	28.472,97 (8 ^a)	74.978,95 (6 ^a)
AreaUrb2_5e4_0	208.772,72 (2 ^a)	17.905,68 (5 ^a)	8.466,21 (7 ^a)	71,11 (8 ^a)	20.075,06 (4 ^a)	13.994,80 (6 ^a)	42.931,96 (3 ^a)	249.005,86 (1 ^a)
AreaUrb4_0e7_0	639.309,16 (1 ^a)	5.422,40 (8 ^a)	59.487,22 (6 ^a)	8.748,15 (7 ^a)	75.121,94 (5 ^a)	245.423,02 (3 ^a)	171.573,24 (4 ^a)	608.865,81 (2 ^a)
AreaUrbAbaixo2_5	23.112,27 (1 ^a)	1.375,49 (3 ^a)	806,69 (5 ^a)	0,00 (-)	1.236,64 (4 ^a)	0,00 (-)	0,00 (-)	7.091,72 (2 ^a)
AreaUrbAcima7_0	2.068.418,41 (5 ^a)	2.204.998,99 (4 ^a)	2.671.529,56 (3 ^a)	2.826.457,22 (2 ^a)	4.625.515,32 (1 ^a)	1.462.687,34 (6 ^a)	1.258.999,60 (7 ^a)	949.541,91 (8 ^a)
Declividade	2,14 (5 ^a)	0,97 (8 ^a)	1,65 (7 ^a)	9,38 (1 ^a)	7,14 (3 ^a)	8,33 (2 ^a)	4,41 (4 ^a)	2,00 (6 ^a)
ManguePerd2_5e4	582.335,20 (1 ^a)	244.774,99 (3 ^a)	129.306,98 (4 ^a)	7.923,09 (8 ^a)	49.937,45 (6 ^a)	10.430,37 (7 ^a)	54.916,03 (5 ^a)	322.270,74 (2 ^a)
ManguePerdInf2_5	-26.742,26 (5 ^a)	-147.503,19 (6 ^a)	-12.355,69 (4 ^a)	0,00 (-)	57,56 (2 ^a)	0,00 (-)	-209,59 (3 ^a)	1.607,05 (1 ^a)
RelADisp2_5e40	0,25 (1 ^a)	0,02 (4 ^a)	0,00 (-)	0,00 (-)	0,00 (-)	0,00 (-)	0,09 (2 ^a)	0,03 (3 ^a)
RelADisp4_0e70	0,14 (5 ^a)	0,94 (1 ^a)	0,64 (3 ^a)	0,87 (2 ^a)	0,60 (4 ^a)	0,00 (-)	0,04 (7 ^a)	0,05 (6 ^a)
RelADispAbaix7_0	0,15 (3 ^a)	0,13 (4 ^a)	0,15 (3 ^a)	0,63 (1 ^a)	0,48 (2 ^a)	0,00 (7 ^a)	0,06 (5 ^a)	0,04 (6 ^a)
RelADispAcima7_0	0,25 (3 ^a)	0,36 (1 ^a)	0,25 (3 ^a)	0,27 (2 ^a)	0,14 (4 ^a)	0,04 (6 ^a)	0,02 (7 ^a)	0,07 (5 ^a)
RelAreaUrbAbaix7	0,52 (3 ^a)	0,01 (6 ^a)	0,09 (5 ^a)	0,09 (5 ^a)	0,41 (4 ^a)	0,94 (1 ^a)	0,83 (2 ^a)	0,94 (1 ^a)
RelAreaUrbAcima7	0,75 (5 ^a)	0,64 (7 ^a)	0,75 (5 ^a)	0,72 (6 ^a)	0,86 (4 ^a)	0,96 (2 ^a)	0,98 (1 ^a)	0,93 (3 ^a)
RelUrb2_5e4	0,36 (4 ^a)	0,01 (6 ^a)	0,02 (5 ^a)	0,00 (-)	0,45 (3 ^a)	0,45 (3 ^a)	0,55 (2 ^a)	0,93 (1 ^a)

Tabela 23. Quantificação das variáveis de entrada por sub-bacia destacando a ordem (maior para a menor)

Nome Variável utilizada no sistema Fuzzy	Sub 1	Sub 2	Sub 3	Sub 4	Sub 6	Sub 7	Sub 8	Sub 9
RelUrba4e7	0,86 (4 ^a)	0,02 (8 ^a)	0,36 (6 ^a)	0,13 (7 ^a)	0,40 (5 ^a)	1,00 (1 ^a)	0,96 (2 ^a)	0,95 (3 ^a)
RelUrbabaixo2_5	0,06 (3 ^a)	0,00 (-)	0,00 (-)	0,00 (-)	0,52 (2 ^a)	0,00 (-)	0,00 (-)	0,98 (1 ^a)
ValorConstAbaix7	337.587,73 (1 ^a)	4.703,18 (6 ^a)	7.391,71 (5 ^a)	929,17 (8 ^a)	3.616,26 (7 ^a)	9.728,17 (3 ^a)	7.829,44 (4 ^a)	20.759,12 (2 ^a)
ValorConstrAcim7	3.206.048,54 (1 ^a)	1.679.191,54 (2 ^a)	1.148.757,71 (4 ^a)	1.211.338,81 (3 ^a)	693.827,30 (5 ^a)	219.403,10 (6 ^a)	183.813,94 (7 ^a)	91.156,02 (8 ^a)
ValorTerrAbaix7	0,65 (5 ^a)	1,64 (3 ^a)	1,00 (4 ^a)	0,56 (6 ^a)	2,95 (1 ^a)	0,00 (8 ^a)	0,39 (7 ^a)	1,66 (2 ^a)
ValorTerrAcim7	264.379,05 (1 ^a)	234.441,25 (2 ^a)	95.566,22 (4 ^a)	112.189,98 (3 ^a)	27.592,91 (5 ^a)	2.310,13 (6 ^a)	1.039,26 (8 ^a)	1.799,49 (7 ^a)

A **tabela 23** apresenta as variáveis de entrada do sistema fuzzy e quantificação das mesmas por sub-bacia e a ordem da maior para a menor por sub-bacia. Lembrando que o resultado do IVODM é dado para cada sub-bacia, considerada neste trabalho.

6.2 Sistema Fuzzy

A **tabela 24** apresenta algumas estatísticas básicas do sistema fuzzy. Na próxima página segue a estrutura do projeto (**Figura 30**), na qual foram agrupadas varias variáveis de entrada 2 (duas) a 2 (duas), todas com o mesmo peso, com o proposito de testar um de nossos objetivos, que é justamente verificar o comportamento do sistema fuzzy para a determinação do IVODM utilizando variáveis de entrada sem diferenças entre os pesos das mesmas.

Tabela 24. Estatísticas do Sistema Fuzzy

Variáveis de Entrada	22
Variáveis de Saída	19
Blocos de Regras	19
Regras	675
Graus de Pertinência	205

As ordens de agrupamentos das variáveis de entrada não são significativas para a determinação do índice de vulnerabilidade a ocupações diretas de mangue (IVODM), pois todas possuem bases de regras que convergiram para o IVODM. Na **Figura 30** é apresentada a estrutura do sistema fuzzy.

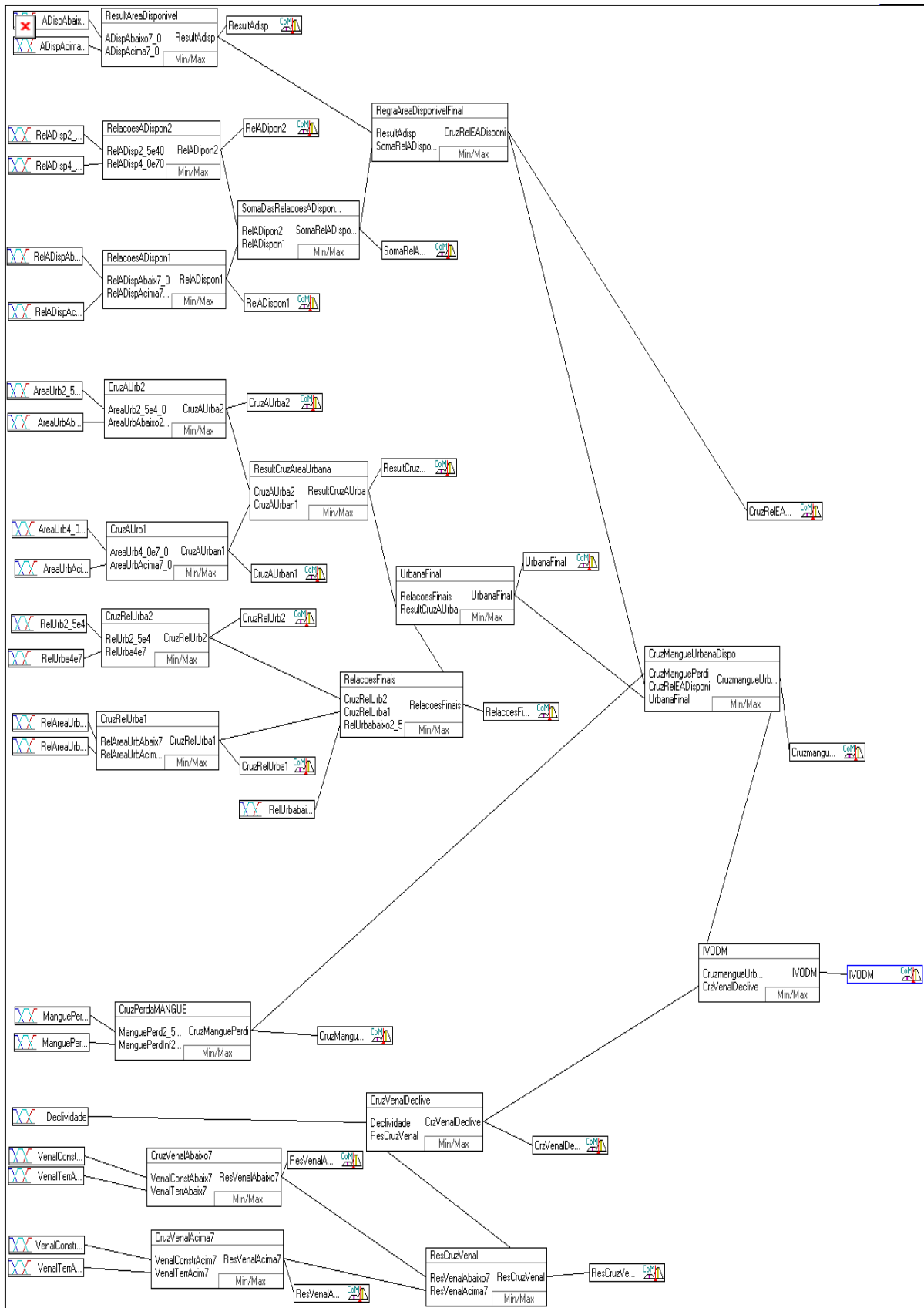


Figura 30. Estrutura do Sistema Fuzzy

6.2.1 Variáveis de entrada

Na **tabela 25** são apresentadas as variáveis de entrada, os valores máximos e mínimo obtidos, as unidades e os termos linguísticos resultantes do processo de fuzzificação.

Tabela 25. Variáveis de entrada

Nome	Unidade	Mínimo	Máximo	Termos
ADispAbaixo7_0	m ²	0	312.900,00	MuitoPequena; Pequena; Media; Grande; MuitoGrande
ADispAcima7_0	m ²	28.400,00	1.231.420,00	MuitoPequena; Pequena; Media; Grande; MuitoGrande
AreaUrb2_5e4_0	m ²	70,00	249.010,00	MuitoPequena; Pequena; Media; Grande; MuitoGrande
AreaUrb4_0e7_0	m ²	5.400,00	639.400,00	MuitoPequena; Pequena; Media; Grande; MuitoGrande
AreaUrbAbaixo2_5	m ²	0	23.120,00	MuitoPequena; Pequena; Media; Grande; MuitoGrande
AreaUrbAcima7_0	m ²	949.500,00	4.625.600,00	MuitoPequena; Pequena; Media; Grande; MuitoGrande
Declividade	%	0,97	9,38	MuitoBaixa; Baixa; Media; Alta MuitoAlta
ManguePerd2_5e4	m ²	7.920,00	582.400,00	MuitoPequena; Pequena; Media; Grande; MuitoGrande
ManguePerdInf2_5	m ²	147.510,00 (-)	1.610,00	MuitoPequena; Pequena; Media; Grande; MuitoGrande
RelADisp2_5e40	Adimensional	0	0,55	MuitoBaixa; Baixa; Media; Alta MuitoAlta
RelADisp4_0e70	Adimensional	0	0,94	MuitoBaixa; Baixa; Media; Alta MuitoAlta
RelADispAbaix7_0	Adimensional	0	0,87	MuitoBaixa; Baixa; Media; Alta MuitoAlta
RelADispAcima7_0	Adimensional	0,02	0,36	MuitoBaixa; Baixa; Media; Alta MuitoAlta
RelAreaUrbAbaix7	Adimensional	0,01	1,00	MuitoBaixa; Baixa; Media; Alta MuitoAlta
RelAreaUrbAcima7	Adimensional	0,64	0,98	MuitoBaixa; Baixa; Media; Alta MuitoAlta
RelUrb2_5e4	Adimensional	0,01	1,00	MuitoBaixa; Baixa; Media; Alta MuitoAlta
RelUrba4e7	Adimensional	0,02	1,00	MuitoBaixa; Baixa; Media; Alta MuitoAlta
RelUrbabaixo2_5	Adimensional	0,00	1,00	MuitoBaixa; Baixa; Media; Alta MuitoAlta
ValorConstAbaix7	Reais/1000	920,00	337.590,00	MuitoBaixo; Baixo; Medio; Alto MuitoAlto
ValorConstrAcim7	Reais/1000	91150	3206050	MuitoBaixo; Baixo; Medio; Alto MuitoAlto
ValorTerrAbaix7	Reais/1000	0,00	3,00	MuitoBaixo; Baixo; Medio; Alto MuitoAlto
ValorTerrAcim7	Reais/1000	1.030,00	264.380,00	MuitoBaixo; Baixo; Medio; Alto MuitoAlto

Observe a representação gráfica da variável de entrada "**ADispAbaixo7_0**", (**Figura 31**) As representações gráficas das funções de pertinência de cada variável de entrada encontra-se no **APÊNDICE 1**.

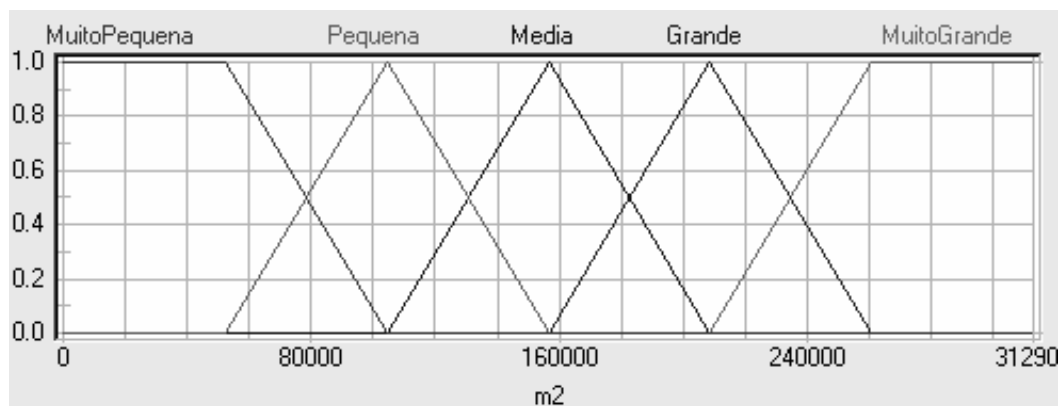


Figura 31. Representação Gráfica da variável de entrada "**ADispAbaixo7_0**"

As apresenta- **tabelas 26 a 33** contém as quantificações e os graus de pertinência de cada variável de entrada por sub-bacia do anil considerada neste trabalho. Cada tabela comentada. É importante mencionar que quando se fala de grau de pertinência predominante, estamos dizendo que este grau de pertinência é o maior entre dois que existem para determinada variável de entrada.

Tabela 26. Graus de pertinência por variável de entrada quantificada da Sub-bacia 1

Nome Variável utilizada no sistema Fuzzy	Sub 1	Graus de pertinência por variável				
		MuitoBaixo	Baixo	Médio	Alto	MuitoAlto
ADispAbaixo7_0	252.674,06	0,00	0,00	0,00	0,15	0,85
ADispAcima7_0	682.268,52	0,00	0,00	0,74	0,26	0,00
AreaUrb2_5e4_0	208.772,72	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
AreaUrb4_0e7_0	639.309,16	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
AreaUrbAbaixo2_5	23.112,27	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
AreaUrbAcima7_0	2.068.418,41	0,17	0,83	0,00	0,00	0,00
Declividade	2,14	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ManguePerd2_5e4	582.335,20	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
ManguePerdInf2_5	-26.742,26	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RelADisp2_5e40	0,25	0,00	0,27	0,73	0,00	0,00
RelADisp4_0e70	0,14	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RelADispAbaix7_0	0,15	0,97	0,03	0,00	0,00	0,00
RelADispAcima7_0	0,25	0,00	0,00	0,00	0,94	0,06
RelAreaUrbAbaix7	0,52	0,00	0,00	0,91	0,09	0,00
RelAreaUrbAcima7	0,75	0,06	0,94	0,00	0,00	0,00
RelUrb2_5e4	0,36	0,00	0,88	0,12	0,00	0,00
RelUrba4e7	0,86	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
RelUrbabaixo2_5	0,06	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ValorConstAbaix7	337.587,73	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
ValorConstrAcim7	3.206.048,54	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
ValorTerrAbaix7	0,65	0,70	0,30	0,00	0,00	0,00
ValorTerrAcim7	264.379,05	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00

A **Sub-bacia 1** possui uma área disponível significativa como podemos observar na **Tabela 26** a variável “ADispAbaixo7_0” com grau de pertinência predominante igual a 0,85 para o termo lingüístico “MuitoAlto”. Para a variável “ADispAcima7_0” o grau de pertinência predominante é igual a 0,74 para o termo lingüístico “Médio”. Mas a área disponível em termos relativos à área total por cota altimétrica IBGE apresenta na variável “RelADisp2_5e40” grau de pertinência predominante de 0,73 para o termo lingüístico, “Médio” e para as variáveis “RelADisp4_0e70” e “RelADispAbaix7_0”, apresentam respectivamente com os graus de pertinência 1,00 e 0,97 para o termo lingüístico “MuitoBaixo”.

Essa Sub-bacia possui uma área urbanizada relativamente grande abaixo da cota altimétrica 7,0 metros IBGE, como podemos visualizar nas variáveis “AreaUrb2_5e4_0”, “AreaUrb4_0e7_0” e “AreaUrbAbaixo2_5”, todas com o grau de pertinência iguais a 1,00 para o termo “MuitoAlto”. Quando comentamos as áreas urbanas por cota altimétrica em termos relativos à área total por cota altimétrica IBGE, as variáveis “RelAreaUrbAcima7” e “RelUrb2_5e4” são predominantemente Médias, respectivamente com graus de pertinência

predominantes de 0,94 e 0,88 para o termo lingüístico “Médio”. Mas quando observamos a variável “RelUrba4e7”, verificamos que o grau de pertinência é 1,00 para o termo lingüístico “MuitoAlto”.

A declividade é considerada “MuitoBaixa” apresentando grau de pertinência 1,00 para o termo lingüístico “MuitoBaixo”. Sendo portanto mais viável urbanizar o mangue em área de declividade mais baixa.

Com relação à área perdida de mangue observou-se que foi muito alta, entre as cotas 2,5 e 4,0 metros IBGE, isso pode ser observado na variável “ManguePerd2_5e4” com grau de pertinência igual a 1,00 para o termo “MuitoAlto”. E uma perda “MuitoBaixa” na área inferior á cota altimétrica 2,5 metros IBGE, representada pela variável “ManguePerdInf2_5” com grau de pertinência igual a 1,00 para o termo lingüístico “MuitoBaixo”. Como podemos observar nesta última variável o valor é negativo o que significa que houve ganho de mangue no intervalo de 1975 a 2007. Que pode ser explicado por um intenso processo de assoreamento que vem ocorrendo na área em questão pela urbanização.

E por último, a sub-bacia 1, é uma bacia de valor por m² construído extremamente alto, pois nas variáveis “ValorConstAbaix7”, “ValorConstrAcim7” observa-se grau de pertinência igual a 1,00 para ambas, no termo lingüístico “MuitoAlto”. Agora quando observamos o valor de terreno apenas a variável “ValorTerrAcim7” temos um grau de pertinência igual a 1,00 para o termo lingüístico “MuitoAlto”.

Tabela 27. Graus de pertinência por variável de entrada quantificada da Sub-bacia 2

Nome Variável utilizada no sistema Fuzzy	Sub 2	Graus de pertinência por variável				
		MuitoBaixo	Baixo	Médio	Alto	MuitoAlto
ADispAbaixo7_0	312.835,17	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
ADispAcima7_0	1.231.408,56	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
AreaUrb2_5e4_0	17.905,68	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AreaUrb4_0e7_0	5.422,40	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AreaUrbAbaixo2_5	1.375,49	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AreaUrbAcima7_0	2.204.998,99	0,00	0,95	0,05	0,00	0,00
Declividade	0,97	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ManguePerd2_5e4	244.774,99	0,00	0,53	0,47	0,00	0,00
ManguePerdInf2_5	-147.503,19	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RelADisp2_5e40	0,02	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RelADisp4_0e70	0,94	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
RelADispAbaix7_0	0,13	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RelADispAcima7_0	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
RelAreaUrbAbaix7	0,01	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RelAreaUrbAcima7	0,64	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RelUrb2_5e4	0,01	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RelUrba4e7	0,02	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RelUrbabaixo2_5	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ValorConstAbaix7	4.703,18	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ValorConstrAcim7	1.679.191,54	0,00	0,00	0,94	0,06	0,00
ValorTerrAbaix7	1,64	0,00	0,00	0,72	0,28	0,00
ValorTerrAcim7	234.441,25	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00

A **Sub-bacia 2** possui uma área disponível significativa como podemos observar na **Tabela 27** as variáveis “ADispAbaixo7_0” e “ADispAcima7_0” com grau de pertinência igual a 1,00 para o termo lingüístico “MuitoAlto”. Mas a área disponível em termos relativos à área total por cota altimétrica IBGE representada nas variáveis “RelADisp2_5e40”, “RelADispAbaix7_0” apresentam ambas grau de pertinência igual a 1,00 para o termo lingüístico, “MuitoBaixo” e para as demais variáveis “RelADisp4_0e70” e “RelADispAcima7_0” ambas apresentam grau de pertinência igual a 1,00 para o termo lingüístico “MuitoBaixo”.

Essa Sub-bacia possui uma área urbanizada relativamente baixa, quando falamos de áreas abaixo da cota altimétrica 7,0 metros IBGE, como podemos visualizar nas variáveis “AreaUrb2_5e4_0”, “AreaUrb4_0e7_0” e “AreaUrbAbaixo2_5”, todas com o grau de pertinência iguais a 1,00 para o termo “MuitoBaixo” e a Variável “AreaUrbAcima7” predominantemente baixo com grau de pertinência 0,95 para o termo lingüístico “Baixo”. Quando comentamos as áreas urbanas por cota altimétrica em termos relativos à área total por cota altimétrica IBGE, as variáveis “RelAreaUrbAbaixo7” , “RelAreaUrbAcima7” ,

“RelUrb2_5e4” , “RelUrb4e7” e “RelUrbabaixo2_5” todas apresentam grau de pertinência igual a 1,00 para o termo lingüístico “MuitoBaixo”.

A declividade é considerada “MuitoBaixa” apresentando grau de pertinência 1,00 para o termo lingüístico “MuitoBaixo”. Sendo portanto mais viável urbanizar o mangue em área de declividade mais baixa.

Com relação à área perdida de mangue observou-se que foi muito alta, entre as cotas 2,5 e 4,0 metros IBGE, na variável “ManguePerd2_5e4” com grau de pertinência igual a 1,00 para o termo “MuitoAlto”. E uma perda “MuitoBaixa” na área inferior á cota altimétrica 2,5 metros IBGE, representada pela variável “ManguePerdInf2_5” com grau de pertinência igual a 1,00 para o termo lingüístico “MuitoBaixo”. Como podemos observar nesta última variável o valor é negativo o que significa que houve ganho de mangue no intervalo de 1975 a 2007. Que pode ser explicado por um intenso processo de assoreamento que vem ocorrendo na área em questão pela urbanização.

E por último, a sub-bacia 2, é uma bacia de valor por m² construído mediano para as área acima da cota 7,0 metros IBGE. Isso pode ser visualizado na variável “ValorConstrAcim7” que apresenta grau de pertinência igual a 1,00 para o termo lingüístico “MuitoBaixo”. Já para a variável “ValorConstAbaix7”, observa-se grau de pertinência predominante igual a 0,94 para o termo lingüístico “Médio”. Agora quando observamos o valor de terreno apenas a variável “ValorTerrAcim7” apresenta um grau de pertinência igual a 1,00 para o termo lingüístico “MuitoAlto”.

Tabela 28. Graus de pertinência por variável de entrada quantificada da Sub-bacia 3

Nome Variável utilizada no sistema Fuzzy	Sub 3	Graus de pertinência por variável				
		MuitoBaixo	Baixo	Médio	Alto	MuitoAlto
ADispAbaixo7_0	107.908,00	0,00	0.93	0.07	0,00	0,00
ADispAcima7_0	888.988,09	0,00	0,00	0,00	0.71	0.29
AreaUrb2_5e4_0	8.466,21	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AreaUrb4_0e7_0	59.487,22	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AreaUrbAbaixo2_5	806,69	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AreaUrbAcima7_0	2.671.529,56	0,00	0.19	0.81	0,00	0,00
Declividade	1,65	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ManguePerd2_5e4	129.306,98	0.73	0.27	0,00	0,00	0,00
ManguePerdInf2_5	-12.355,69	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RelADisp2_5e40	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RelADisp4_0e70	0,64	0,00	0,00	0,00	0.91	0.09
RelADispAbaix7_0	0,15	0.97	0.03	0,00	0,00	0,00
RelADispAcima7_0	0,25	0,00	0,00	0,00	0.94	0.06
RelAreaUrbAbaix7	0,09	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RelAreaUrbAcima7	0,75	0.06	0.94	0,00	0,00	0,00
RelUrb2_5e4	0,02	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RelUrba4e7	0,36	0,00	0.92	0.08	0,00	0,00
RelUrbabaixo2_5	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ValorConstAbaix7	7.391,71	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ValorConstrAcim7	1.148.757,71	0,00	0.96	0.04	0,00	0,00
ValorTerrAbaix7	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
ValorTerrAcim7	95.566,22	0,00	0.85	0.15	0,00	0,00

A **Sub-bacia 3** possui uma área disponível razoável como podemos observar na **Tabela 28** a variável “ADispAbaixo7_0”, apresenta um grau de pertinência predominante igual a 0,93 para o termo lingüístico “Baixo” e para a “ADispAcima7_0” apresenta um grau de pertinência predominante de 0,71 para o termo lingüístico “Alto”. Mas a área disponível em termos relativos à área total por cota altimétrica IBGE apresentam na variável “RelADisp2_5e40” um grau de pertinência igual a 1,00 para o termo lingüístico “MuitoBaixo”. Para a variável “RelADisp4_0e70” um grau de pertinência predominante de 0,91 para o termo lingüístico “Alto”. Já para a variável “RelADispAbaix7_0” apresenta um grau de pertinência predominante de 0,97 para o termo lingüístico “MuitoBaixo”. E por ultimo a variável “RelADispAcima7_0” apresentando um grau de pertinência predominante de 0,94 para o termo lingüístico “Baixo”.

Essa Sub-bacia possui uma área urbanizada relativamente baixa, quando falamos de áreas abaixo da cota altimétrica 7,0 metros IBGE, como podemos visualizar nas variáveis “AreaUrb2_5e4_0”, “AreaUrb4_0e7_0” e “AreaUrbAbaixo2_5”, todas com o grau de pertinência iguais a 1,00 para o termo “MuitoBaixo” e a Variável “AreaUrbAcima7” predominantemente baixo com grau de pertinência 0,81 para o termo lingüístico “Médio”.

Quando comentamos as áreas urbanas por cota altimétrica em termos relativos à área total por cota altimétrica IBGE, as variáveis “RelAreaUrbAbaixo7”, “RelUrb2_5e4” e “RelUrbabaixo2_5” todas apresentam grau de pertinência igual a 1,00 para o termo lingüístico “MuitoBaixo”. Já as variáveis “RelAreaUrbAcima7” e “RelUrb4e7” apresentam respectivamente os graus de pertinência predominante 0,94 e 0,92 para o termo lingüístico “Baixo”.

A declividade é considerada “MuitoBaixa” apresentando grau de pertinência 1,00 para o termo lingüístico “MuitoBaixo”. Sendo portanto mais viável urbanizar o mangue em área de declividade mais baixa.

Com relação à área perdida de mangue observou-se que foi predominantemente muito baixa, entre as cotas 2,5 e 4,0 metros IBGE, na variável “ManguePerd2_5e4” com grau de pertinência predominante de 0,73 para o termo “MuitoBaixo”. E uma perda “MuitoBaixa” na área inferior à cota altimétrica 2,5 metros IBGE, representada pela variável “ManguePerdInf2_5” com grau de pertinência igual a 1,00 para o termo lingüístico “MuitoBaixo”. Como podemos observar nesta última variável o valor é negativo o que significa que houve ganho de mangue no intervalo de 1975 a 2007. Que pode ser explicado por um intenso processo de assoreamento que vem ocorrendo na área em questão pela urbanização.

E por último, a sub-bacia 3, é uma bacia de valor por m² construído relativamente baixo para as área acima da cota 7,0 metros IBGE. Isso pode ser visualizado na variável “ValorConstrAcim7” que apresenta grau de pertinência igual a 1,00 para o termo lingüístico “MuitoBaixo”. Já para a variável “ValorConstAbaix7”, observa-se grau de pertinência predominante igual a 0,96 para o termo lingüístico “Baixo”. Agora quando observamos o valor de terreno das variáveis “ValorTerrAbaix7” e “ValorTerrAcim7” que apresentam respectivamente um grau de pertinência igual a 1,00 e predominate de 0,85 para o termo lingüístico “Baixo”.

Tabela 29. Graus de pertinência por variável de entrada quantificada da Sub-bacia 4

Nome Variável utilizada no sistema Fuzzy	Sub 4	Graus de pertinência por variável				
		MuitoBaixo	Baixo	Médio	Alto	MuitoAlto
ADispAbaixo7_0	58.560,54	0.88	0.12	0,00	0,00	0,00
ADispAcima7_0	1.064.854,02	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
AreaUrb2_5e4_0	71,11	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AreaUrb4_0e7_0	8.748,15	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AreaUrbAbaixo2_5	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AreaUrbAcima7_0	2.826.457,22	0,00	0,00	0.94	0.06	0,00
Declividade	9,38	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
ManguePerd2_5e4	7.923,09	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ManguePerdInf2_5	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RelADisp2_5e40	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RelADisp4_0e70	0,87	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
RelADispAbaix7_0	0,63	0,00	0,00	0,00	0.66	0.34
RelADispAcima7_0	0,27	0,00	0,00	0,00	0.59	0.41
RelAreaUrbAbaix7	0,09	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RelAreaUrbAcima7	0,72	0.59	0.41	0,00	0,00	0,00
RelUrb2_5e4	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RelUrba4e7	0,13	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RelUrbabaixo2_5	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ValorConstAbaix7	929,17	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ValorConstrAcim7	1.211.338,81	0,00	0.84	0.16	0,00	0,00
ValorTerrAbaix7	0,56	0.88	0.12	0,00	0,00	0,00
ValorTerrAcim7	112.189,98	0,00	0.47	0.53	0,00	0,00

A **Sub-bacia 4** possui uma área disponível variando entre muito pequena e muito grande como podemos observar na **Tabela 29** a variável “ADispAbaixo7_0”, apresenta um grau de pertinência predominante igual a 0,88 para o termo lingüístico “MuitoBaixo” e para a “ADispAcima7_0” apresenta um grau de pertinência igual a 1,00 para o termo lingüístico “MuitoAlto”. Mas a área disponível em termos relativos à área total por cota altimétrica IBGE apresentam na variável “RelADisp2_5e40” um grau de pertinência igual a 1,00 para o termo lingüístico “MuitoBaixo”. Para a variável “RelADisp4_0e70” um grau de pertinência predominante de 1,00 para o termo lingüístico “MuitoAlto”. Já para a variável “RelADispAbaix7_0” apresenta um grau de pertinência predominante de 0,66 para o termo lingüístico “Alto”. E por ultimo a variável “RelADispAcima7_0” apresentando um grau de pertinência predominante de 0,59 para o termo lingüístico “Alto”.

Essa Sub-bacia possui uma área urbanizada relativamente baixa, quando falamos de áreas abaixo da cota altimétrica 7,0 metros IBGE, como podemos visualizar nas variáveis “AreaUrb2_5e4_0”, “AreaUrb4_0e7_0” e “AreaUrbAbaixo2_5”, todas com o grau de pertinência iguais a 1,00 para o termo “MuitoBaixo” e a Variável “AreaUrbAcima7” predominantemente médio com grau de pertinência 0,94 para o termo lingüístico “Médio”.

Quando comentamos as áreas urbanas por cota altimétrica em termos relativos à área total por cota altimétrica IBGE, as variáveis “RelAreaUrbAbaixo7”, “RelUrb2_5e4”, “RelUrb4e7” e “RelUrbabaixo2_5” todas apresentam grau de pertinência igual a 1,00 para o termo lingüístico “MuitoBaixo”. Já a variável “RelAreaUrbAcima7” apresenta grau de pertinência predominante de 0,59 para o termo lingüístico “MuitoBaixo”.

A declividade é considerada “MuitoAlta” apresentando grau de pertinência 1,00 para o termo lingüístico “MuitoAlto”. Sendo portanto mais caro urbanizar o mangue em área de delividade mais alta, o que pressiona menos a área de mangue à urbanização.

Com relação à área perdida de mangue observou-se que foi predominantemente muito baixa, entre as cotas 2,5 e 4,0 metros IBGE, na variável “ManguePerd2_5e4” com grau de pertinência igual a 1,00 para o termo “MuitoBaixo”. E uma perda “MuitoBaixa” na área inferior á cota altimétrica 2,5 metros IBGE, representada pela variável “ManguePerdInf2_5” com grau de pertinência igual a 1,00 para o termo lingüístico “MuitoBaixo”. Como podemos observar nesta última variável o valor igual a zero indica que o mangue se manteve do jeito que estava no intervalo de 1975 a 2007.

E por último, a sub-bacia 4, é uma bacia de valor por m² construido relativamente baixo para as área acima da cota 7,0 metros IBGE. Isso pode ser visualizado na variável “ValorConstrAcim7” que apresenta grau de pertinência igual a 1,00 para o termo lingüístico “MuitoBaixo”. Já para a variável “ValorConstAbaix7”, observa-se grau de pertinência predominante igual a 0,84 para o termo lingüístico “Baixo”. Agora quando observamos o valor de terreno das variáveis “ValorTerrAbaix7” e “ValorTerrAcim7” que apresentam respectivamente um grau de pertinência predominante de igual 0,88 e de 0,53 respectivamente para os termos lingüísticos “MuitoBaixo” e “Médio”.

Tabela 30. Graus de pertinência por variável de entrada quantificada da Sub-bacia 6

Nome Variável utilizada no sistema Fuzzy	Sub 6	Graus de pertinência por variável				
		MuitoBaixo	Baixo	Médio	Alto	MuitoAlto
ADispAbaixo7_0	110.792,05	0,00	0.88	0.12	0,00	0,00
ADispAcima7_0	735.810,87	0,00	0,00	0.47	0.53	0,00
AreaUrb2_5e4_0	20.075,06	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AreaUrb4_0e7_0	75.121,94	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AreaUrbAbaixo2_5	1.236,64	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AreaUrbAcima7_0	4.625.515,32	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
Declividade	7,14	0,00	0,00	0,00	0.60	0.40
ManguePerd2_5e4	49.937,45	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ManguePerdInf2_5	57,56	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RelADisp2_5e40	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RelADisp4_0e70	0,60	0,00	0,00	0.17	0.83	0,00
RelADispAbaix7_0	0,48	0,00	0,00	0.69	0.31	0,00
RelADispAcima7_0	0,14	0,00	0.88	0.12	0,00	0,00
RelAreaUrbAbaix7	0,41	0,00	0.58	0.42	0,00	0,00
RelAreaUrbAcima7	0,86	0,00	0,00	0.12	0.88	0,00
RelUrb2_5e4	0,45	0,00	0.33	0.67	0,00	0,00
RelUrba4e7	0,40	0,00	0.67	0.33	0,00	0,00
RelUrbabaixo2_5	0,52	0,00	0,00	0.88	0.12	0,00
ValorConstAbaix7	3.616,26	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ValorConstrAcim7	693.827,30	0.84	0.16	0,00	0,00	0,00
ValorTerrAbaix7	2,95	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
ValorTerrAcim7	27.592,91	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00

A **Sub-bacia 6** possui uma área disponível variando entre pequena e grande como podemos observar na **Tabela 30** a variável “ADispAbaixo7_0”, apresenta um grau de pertinência predominante igual a 0,88 para o termo lingüístico “Baixo” e para a “ADispAcima7_0” apresenta um grau de pertinência predominante de 0,53 para o termo lingüístico “Alto”. Mas a área disponível em termos relativos à área total por cota altimétrica IBGE apresentam na variável “RelADisp2_5e40” um grau de pertinência igual a 1,00 para o termo lingüístico “MuitoBaixo”. Para a variável “RelADisp4_0e70” um grau de pertinência predominante de 0,83 para o termo lingüístico “Alto”. Já para a variável “RelADispAbaix7_0” apresenta um grau de pertinência predominante de 0,69 para o termo lingüístico “Médio”. E por ultimo a variável “RelADispAcima7_0” apresentando um grau de pertinência predominante de 0,88 para o termo lingüístico “Alto”.

Essa Sub-bacia possui uma área urbanizada relativamente baixa, quando falamos de áreas abaixo da cota altimétrica 7,0 metros IBGE, como podemos visualizar nas variáveis “AreaUrb2_5e4_0”, “AreaUrb4_0e7_0” e “AreaUrbAbaixo2_5”, todas com o grau de pertinência iguais a 1,00 para o termo “MuitoBaixo” e a Variável “AreaUrbAcima7” com grau de pertinência igual a 1,00 para o termo lingüístico “MuitoAlto”. Quando comentamos

as áreas urbanas por cota altimétrica em termos relativos à área total por cota altimétrica IBGE, a variável “RelAreaUrbAbaixo7”, apresenta um grau de pertinência predominante de 0,58 para o termo “Baixo”. Já a variável “RelUrb2_5e4” apresenta um grau de pertinência predominante de 0,67 para o termo “Médio”. Para a variável “RelUrb4e7” o grau de pertinência predominante é 0,67 para o termo “Baixo” e a variável “RelUrbabaixo2_5” possui um grau de pertinência predominante de 0,88 para o termo “Médio”. E por último a variável “RelAreaUrbAcima7” apresenta grau de pertinência predominante de 0,88 para o termo lingüístico “Alto”.

A declividade é considerada “Alta” apresentando grau de pertinência predominante de 0,60 para o termo lingüístico “Alto”. Sendo portanto mais caro urbanizar o mangue em área de declividade mais alta, o que pressiona menos a área de mangue à urbanização.

Com relação à área perdida de mangue observou-se que foi predominantemente muito baixa, entre as cotas 2,5 e 4,0 metros IBGE, na variável “ManguePerd2_5e4” com grau de pertinência igual a 1,00 para o termo “MuitoBaixo”. E uma perda “MuitoBaixa” na área inferior à cota altimétrica 2,5 metros IBGE, representada pela variável “ManguePerdInf2_5” com grau de pertinência igual a 1,00 para o termo lingüístico “MuitoBaixo”.

E por último, a **sub-bacia 6**, é uma bacia de valor por m² construído relativamente baixo para as áreas acima da cota 7,0 metros IBGE. Isso pode ser visualizado na variável “ValorConstrAcim7” que apresenta grau de pertinência igual a 1,00 para o termo lingüístico “MuitoBaixo”. Já para a variável “ValorConstAbaix7”, observa-se grau de pertinência predominante igual a 0,84 para o termo lingüístico “MuitoBaixo”. Agora quando observamos o valor de terreno das variáveis “ValorTerrAcim7” e “ValorTerrAbaix7” que apresentam respectivamente um grau de pertinência igual 1,00 e 1,00 respectivamente para os termos lingüísticos “MuitoBaixo” e “MuitoAlto”.

Tabela 31. Graus de pertinência por variável de entrada quantificada da Sub-bacia 7

Nome Variável utilizada no sistema Fuzzy	Sub 7	Graus de pertinência por variável				
		MuitoBaixo	Baixo	Médio	Alto	MuitoAlto
ADispAbaixo7_0	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ADispAcima7_0	61.603,47	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AreaUrb2_5e4_0	13.994,80	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AreaUrb4_0e7_0	245.423,02	0,00	0,73	0,27	0,00	0,00
AreaUrbAbaixo2_5	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AreaUrbAcima7_0	1.462.687,34	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Declividade	8,33	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
ManguePerd2_5e4	10.430,37	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ManguePerdInf2_5	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RelADisp2_5e40	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RelADisp4_0e70	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RelADispAbaix7_0	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RelADispAcima7_0	0,04	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RelAreaUrbAbaix7	0,94	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
RelAreaUrbAcima7	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
RelUrb2_5e4	0,45	0,00	0,33	0,67	0,00	0,00
RelUrba4e7	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
RelUrbabaixo2_5	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ValorConstAbaix7	9.728,17	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ValorConstrAcim7	219.403,10	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ValorTerrAbaix7	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ValorTerrAcim7	2.310,13	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00

A **Sub-bacia 7** possui uma área disponível muito pequena como podemos observar na **Tabela 31** a variável “ADispAbaixo7_0” e “ADispAcima7_0” apresentam ambas um grau de pertinência igual a 1,00 para o termo lingüístico “MuitoBaixo”. Mas a área disponível em termos relativos à área total por cota altimétrica IBGE apresentam nas variáveis “RelADisp2_5e40”, “RelADisp4_0e70”, “RelADispAbaix7_0” e “RelADispAcima7_0” um grau de pertinência de 1,00 para o termo lingüístico “MuitoBaixo”.

Essa Sub-bacia possui uma área urbanizada relativamente baixa, como podemos visualizar nas variáveis “AreaUrb2_5e4_0”, “AreaUrbAbaixo2_5”, “AreaUrbAcima7” todas com o grau de pertinência iguais a 1,00 para o termo “MuitoBaixo” e a Variável “AreaUrb4_0e7_0” com grau de pertinência predominante de 0,73 para o termo lingüístico “Baixo”. Quando comentamos as áreas urbanas por cota altimétrica em termos relativos à área total por cota altimétrica IBGE, as variáveis “RelAreaUrbAbaixo7” e “RelAreaUrbAcima7”, apresentam ambas um grau de pertinência igual a 1,00 para o termo “MuitoAlto”. Já a variável “RelUrb2_5e4” apresenta um grau de pertinência predominante de 0,67 para o termo “Médio”. Para a variável “RelUrb4e7” um grau de pertinência igual a 1,00 para o termo

“MuitoAlto” e a variável “RelUrbabaixo2_5” possui um grau de pertinência igual a 1,00 para o termo “MuitoBaixo”.

A declividade é considerada “MuitoAlta” apresentando grau de pertinência igual a 1,00 para o termo lingüístico “MuitoAlto”. Sendo portanto mais caro urbanizar o mangue em área de declividade mais alta, o que pressiona menos a área de mangue à urbanização.

Com relação à área perdida de mangue observou-se que foi predominantemente muito baixa, entre as cotas 2,5 e 4,0 metros IBGE, na variável “ManguePerd2_5e4” com grau de pertinência igual a 1,00 para o termo “MuitoBaixo”. E uma perda “MuitoBaixa” na área inferior à cota altimétrica 2,5 metros IBGE, representada pela variável “ManguePerdInf2_5” com grau de pertinência igual a 1,00 para o termo lingüístico “MuitoBaixo”. Como podemos observar nesta última variável o valor igual a zero indica que o mangue se manteve do jeito que estava no intervalo de 1975 a 2007.

E por último, a **sub-bacia 7**, é uma bacia de valor por m² construído e de terreno relativamente baixo para as variáveis “ValorConstrAcim7”, “ValorConstAbaix7”, “ValorTerrAcim7” e “ValorTerrAbaix7” que apresentam respectivamente um grau de pertinência igual 1,00 para o termo lingüístico “MuitoBaixo”.

Tabela 32. Graus de pertinência por variável de entrada quantificada da Sub-bacia 8

Nome Variável utilizada no sistema Fuzzy	Sub 8	Graus de pertinência por variável				
		MuitoBaixo	Baixo	Médio	Alto	MuitoAlto
ADispAbaixo7_0	14.299,52	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ADispAcima7_0	28.472,97	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AreaUrb2_5e4_0	42.931,96	0,97	0,03	0,00	0,00	0,00
AreaUrb4_0e7_0	171.573,24	0,43	0,57	0,00	0,00	0,00
AreaUrbAbaixo2_5	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AreaUrbAcima7_0	1.258.999,60	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Declividade	4,41	0,00	0,55	0,45	0,00	0,00
ManguePerd2_5e4	54.916,03	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ManguePerdInf2_5	-209,59	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RelADisp2_5e40	0,09	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RelADisp4_0e70	0,04	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RelADispAbaix7_0	0,06	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RelADispAcima7_0	0,02	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RelAreaUrbAbaix7	0,83	0,00	0,00	0,00	0,03	0,97
RelAreaUrbAcima7	0,98	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
RelUrb2_5e4	0,55	0,00	0,00	0,73	0,27	0,00
RelUrba4e7	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
RelUrbabaixo2_5	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ValorConstAbaix7	7.829,44	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ValorConstrAcim7	183.813,94	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ValorTerrAbaix7	0,39	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ValorTerrAcim7	1.039,26	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00

A **Sub-bacia 8** possui uma área disponível muito pequena como podemos observar na **Tabela 32** a variável “ADispAbaixo7_0” e “ADispAcima7_0” apresentam ambas um grau de pertinência igual a 1,00 para o termo lingüístico “MuitoBaixo”. Mas a área disponível em termos relativos à área total por cota altimétrica IBGE apresentam nas variáveis “RelADisp2_5e40”, “RelADisp4_0e70”, “RelADispAbaix7_0” e “RelADispAcima7_0” um grau de pertinência de 1,00 para o termo lingüístico “MuitoBaixo”.

Essa Sub-bacia possui uma área urbanizada relativamente baixa, como podemos visualizar nas variáveis, “AreaUrbAbaixo2_5”, “AreaUrbAcima7” todas com o grau de pertinência iguais a 1,00 para o termo “MuitoBaixo”. Para a variável “AreaUrb2_5e4_0” observa-se um grau de pertinência predominante de 0,97 para o termo “MuitoBaixo” e a Variável “AreaUrb4_0e7_0” com grau de pertinência predominante de 0,57 para o termo lingüístico “Baixo”. Quando comentamos as áreas urbanas por cota altimétrica em termos relativos à área total por cota altimétrica IBGE, as variáveis “RelAreaUrbAbaixo7” apresenta um grau de pertinência predominante de 0,97 para o termo “MuitoAlto” e a variável “RelAreaUrbAcima7”, apresenta um grau de pertinência igual a 1,00 para o termo “MuitoAlto”. Já a variável “RelUrb2_5e4” apresenta um grau de pertinência predominante de

0,73 para o termo “Médio”. Para a variável “RelUrb4e7” um grau de pertinência igual a 1,00 para o termo “MuitoAlto” e a variável “RelUrbabaixo2_5” possui um grau de pertinência igual a 1,00 para o termo “MuitoBaixo”.

A declividade é considerada “MuitoAlta” apresentando grau de pertinência predominante de 0,55 para o termo linguístico “Baixo”. Sendo portanto mais barato urbanizar o mangue em área de declividade mais baixa, o que pressiona mais a área de mangue à urbanização.

Com relação à área perdida de mangue observou-se que foi predominantemente muito baixa, entre as cotas 2,5 e 4,0 metros IBGE, na variável “ManguePerd2_5e4” com grau de pertinência igual a 1,00 para o termo “MuitoBaixo”. E uma perda “MuitoBaixa” na área inferior à cota altimétrica 2,5 metros IBGE, representada pela variável “ManguePerdInf2_5” com grau de pertinência igual a 1,00 para o termo linguístico “MuitoBaixo”. Como podemos observar nesta última variável o valor é negativo o que significa que houve ganho de mangue no intervalo de 1975 a 2007. Que pode ser explicado por um intenso processo de assoreamento que vem ocorrendo na área em questão pela urbanização.

E por último, a **sub-bacia 8**, é uma bacia de valor por m² construído e de terreno relativamente baixo para as variáveis “ValorConstrAcim7”, “ValorConstAbaix7”, “ValorTerrAcim7” e “ValorTerrAbaix7” que apresentam respectivamente um grau de pertinência igual 1,00 para o termo linguístico “MuitoBaixo”.

Tabela 33. Graus de pertinência por variável de entrada quantificada da Sub-bacia 9

Nome Variável utilizada no sistema Fuzzy	Sub 9	Graus de pertinência por variável				
		MuitoBaixo	Baixo	Médio	Alto	MuitoAlto
ADispAbaixo7_0	39.772,55	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ADispAcima7_0	74.978,95	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AreaUrb2_5e4_0	249.005,86	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
AreaUrb4_0e7_0	608.865,81	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
AreaUrbAbaixo2_5	7.091,72	0.16	0.84	0,00	0,00	0,00
AreaUrbAcima7_0	949.541,91	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Declividade	2,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ManguePerd2_5e4	322.270,74	0,00	0,00	0.72	0.28	0,00
ManguePerdInf2_5	1.607,05	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RelADisp2_5e40	0,03	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RelADisp4_0e70	0,05	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RelADispAbaix7_0	0,04	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RelADispAcima7_0	0,07	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RelAreaUrbAbaix7	0,94	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
RelAreaUrbAcima7	0,93	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
RelUrb2_5e4	0,93	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
RelUrba4e7	0,95	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
RelUrbabaixo2_5	0,98	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
ValorConstAbaix7	20.759,12	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ValorConstrAcim7	91.156,02	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ValorTerrAbaix7	1,66	0,00	0,00	0.68	0.32	0,00
ValorTerrAcim7	1.799,49	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00

A **Sub-bacia 9** possui uma área disponível muito pequena como podemos observar na **Tabela 32** a variável “ADispAbaixo7_0” e “ADispAcima7_0” apresentam ambas um grau de pertinência igual a 1,00 para o termo lingüístico “MuitoBaixo”. Mas a área disponível em termos relativos à área total por cota altimétrica IBGE apresentam nas variáveis “RelADisp2_5e40”, “RelADisp4_0e70”, “RelADispAbaix7_0” e “RelADispAcima7_0” um grau de pertinência de 1,00 para o termo lingüístico “MuitoBaixo”.

Essa Sub-bacia possui uma área urbanizada variando entre muito baixa e muito alta, como podemos visualizar nas variáveis, “AreaUrb2_5e4_0” e “AreaUrb4_0e7_0”, todas com o grau de pertinência iguais a 1,00 para o termo “MuitoAlto”. Já a variável “AreaUrbAbaixo2_5” observa-se um grau de pertinência predominante de 0,84 para o termo “Baixo”. Para a variável “AreaUrbAcima7” apresenta um grau de pertinência igual a 1,00 para o termo lingüístico “MuitoBaixo”. Quando comentamos as áreas urbanas por cota altimétrica em termos relativos à área total por cota altimétrica IBGE, as variáveis “RelAreaUrbAbaixo7”, “RelAreaUrbAcima7”, “RelUrb2_5e4”, “RelUrb4e7” e “RelUrbabaixo2_5” possuem um grau de pertinência igual a 1,00 para o termo “MuitoAlto”.

A declividade é considerada “MuitoBaixa” apresentando grau de pertinência igual a 1,00 para o termo lingüístico “MuitoBaixo”. Sendo portanto mais barato urbanizar o mangue em área de declividade mais baixa, o que pressiona mais a área de mangue à urbanização.

Com relação à área perdida de mangue observou-se que foi predominantemente média, entre as cotas 2,5 e 4,0 metros IBGE, na variável “ManguePerd2_5e4” com grau de pertinência predominante 0,72 para o termo “Médio”. E uma perda “MuitoBaixa” na área inferior à cota altimétrica 2,5 metros IBGE, representada pela variável “ManguePerdInf2_5” com grau de pertinência igual a 1,00 para o termo lingüístico “MuitoBaixo”.

E por último, a **sub-bacia 9**, é uma bacia de valor por m² construído relativamente baixo para as variáveis “ValorConstrAcim7”, “ValorConstAbaix7”, pois apresentam graus de pertinência igual a 1,00 para o termo “MuitoBaixo”. Para o valor de terreno a variável “ValorTerrAbaix7” o grau de pertinência predominante de 0,68 para o termo “Médio” e para a variável “ValorTerrAcim7” um grau de pertinência igual 1,00 para o termo lingüístico “MuitoBaixo”.

6.2.2 Variáveis de saída

A **tabela 34** apresenta as variáveis de saída, as unidades e os valores máximos e mínimos, com os respectivos termos linguísticos, resultantes da fuzzificação. A **figura 32** mostra a representação gráfica da variável de saída “IVODM”.

Tabela 34. Variáveis do grupo de Saídas

Nome	Unidade	Mínimo	Máximo	Termos
CruzAUrba2	%	0,00	100,00	MuitoBaixo; Baixo; Medio; Alto; MuitoAlto
CruzAUrban1	%	0,00	100,00	MuitoBaixo; Baixo; Medio; Alto; MuitoAlto
CruzManguePerdi	%	0,00	100,00	MuitoBaixo; Baixo; Medio; Alto; MuitoAlto
CruzMangueUrbDis	%	0,00	100,00	MuitoBaixo; Baixo; Medio; Alto; MuitoAlto
CruzRelEADisponi	%	0,00	100,00	MuitoBaixo; Baixo; Medio; Alto; MuitoAlto
CruzRelUrb2	%	0,00	100,00	MuitoBaixo; Baixo; Medio; Alto; MuitoAlto
CruzRelUrba1	%	0,00	100,00	MuitoBaixo; Baixo; Medio; Alto; MuitoAlto
CrzValorDeclive	%	0,00	100,00	MuitoBaixo; Baixo; Medio; Alto; MuitoAlto
IVODM	%	0,00	100,00	MuitoBaixo; Baixo; Medio; Alto; MuitoAlto
RelacoesFinais	%	0,00	100,00	MuitoBaixo; Baixo; Medio; Alto; MuitoAlto
RelADipon2	%	0,00	100,00	MuitoBaixo; Baixo; Medio; Alto; MuitoAlto
RelADispon1	%	0,00	100,00	MuitoBaixo; Baixo; Medio; Alto; MuitoAlto
ResCruzValor	%	0,00	100,00	MuitoBaixo; Baixo; Medio; Alto; MuitoAlto
ResultAdisp	%	0,00	100,00	MuitoBaixo; Baixo; Medio; Alto; MuitoAlto
ResultCruzAUrba	%	0,00	100,00	MuitoBaixo; Baixo; Medio; Alto; MuitoAlto
ResValorAbaixo7	%	0,00	100,00	MuitoBaixo; Baixo; Medio; Alto; MuitoAlto
ResValorAcima7	%	0,00	100,00	MuitoBaixo; Baixo; Medio; Alto; MuitoAlto
SomaRelADispon1e2	%	0,00	100,00	MuitoBaixo; Baixo; Medio; Alto; MuitoAlto
UrbanaFinal	%	0,00	100,00	MuitoBaixo; Baixo; Medio; Alto; MuitoAlto

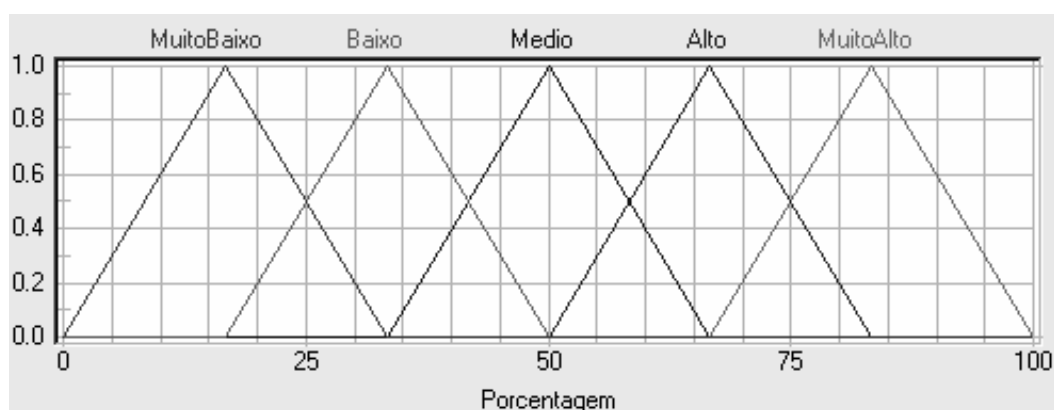


Figura 32. Representação gráfica da variável de saída "IVODM"

As outras representações das variáveis de saída do sistema fuzzy encontram-se no **ANEXO 1**

6.2.3 Base de Regras do sistema Fuzzy

As bases de regras (**Quadro 7**) foram definidas a partir dos **Pressupostos básicos para construir as base de regras que envolvem todas as variáveis de entrada** comentados no **Quadro 4** O **DoS** é o peso para cada regra, neste trabalho conforme mencionado anteriormente, consideramos todas as variáveis com a mesmo peso no caso **1,00**.

Quadro 7. Parte da Regras do Bloco de Regras "CruzAUrb1"

SE		ENTÃO	
AreaUrb4_0e7_0	AreaUrbAcima7_0	DoS	CruzAUrb1
MuitoPequena	MuitoPequena	1.00	MuitoBaixo
MuitoPequena	Pequena	1.00	MuitoBaixo
MuitoPequena	Media	1.00	Baixo
MuitoPequena	Grande	1.00	Medio
MuitoPequena	MuitoGrande	1.00	Medio
Pequena	MuitoPequena	1.00	Baixo
Pequena	Pequena	1.00	Baixo
Pequena	Media	1.00	Medio
Pequena	Grande	1.00	Medio
Pequena	MuitoGrande	1.00	Medio
Media	MuitoPequena	1.00	Baixo
MuitoGrande	Media	1.00	Alto
MuitoGrande	Grande	1.00	MuitoAlto
MuitoGrande	MuitoGrande	1.00	MuitoAlto

Obs: Este bloco de regra completo e os outros blocos de regras estão no **APÊNDICE 2**.

6.2.4 Resultados IVODM

A **tabela 35 e Figura 33** apresenta o resultado do IVODM por sub-bacia. A sub-bacia 1 é a que apresenta o maior valor de vulnerabilidade a ocupação direta de mangue na bacia hidrográfica do rio Anil, com IVODM igual a 83,33% indicando um grau “MuitoAlto”. A sub-bacia 6 localizada na margem esquerda do anil, apresentou um IVODM de 42,79% apresentando vulnerabilidade “Média”.

Tabela 35. Resultados do IVODM por Sub-bacia do Anil

Sub-bacias	IVODM (%)	Termo Linguístico
1	83,33	MuitoAlto
2	50,00	Médio
3	36,30	Baixo
4	33,33	Baixo
6	42,79	Médio
7	33,33	Baixo
8	50,00	Médio
9	50,00	Médio

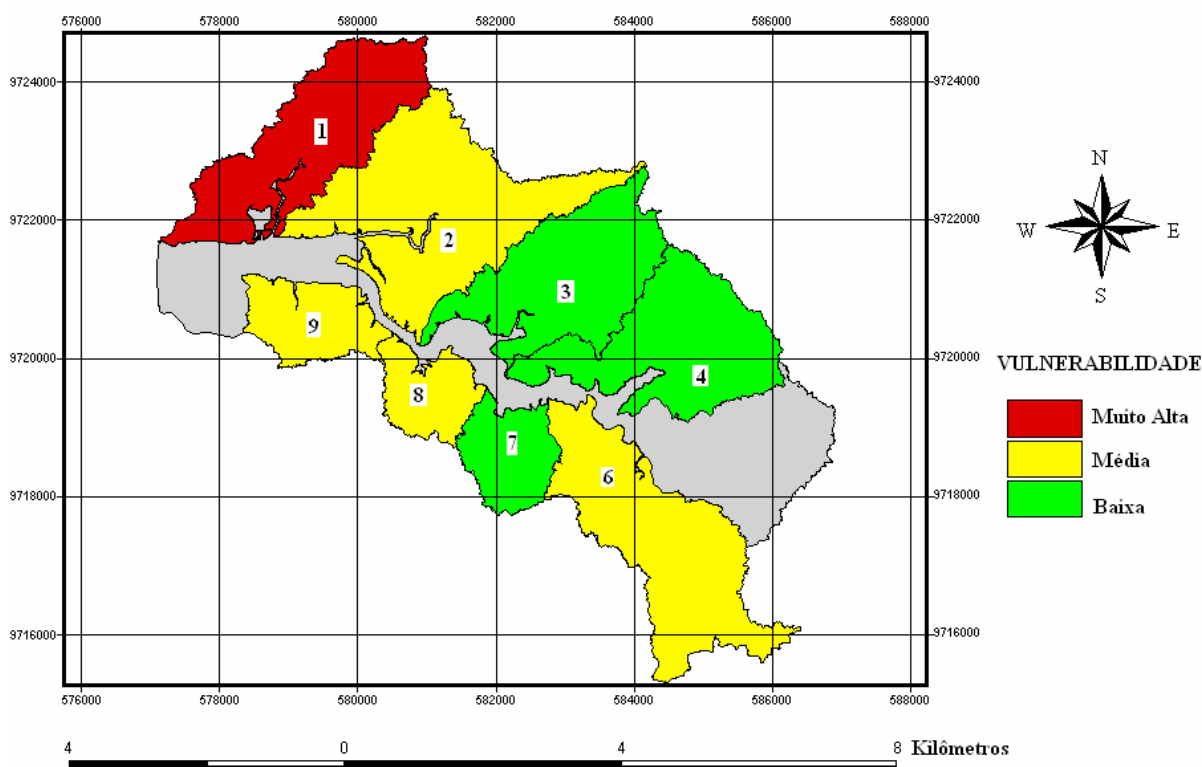


Figura 33. Mapa da vulnerabilidade a ocupação direta de mangue na Bacia do Anil

Como podemos visualizar claramente na **tabela 35 e Figura 33** existem sub-bacias que estão com o mesmo valor de IVODM, como é o caso das sub-bacias 2 (M.D), 8 (M.E), 9 (M.E) com IVODM igual a 50,00 % vulnerabilidade “Média” e as sub-bacias 4 (M.D) e 7 (M.E) com IVODM igual a 33,33% apresentou vulnerabilidade “Baixa”. No entanto, é importante comentar que todas as variáveis de entrada consideradas no sistema fuzzy tiveram o mesmo peso para todas as sub-bacias. E o ideal seria que tivessem pesos diferentes entre as variáveis de acordo com o contexto em que se encontra cada sub-bacia. Mas queríamos verificar o comportamento do modelo considerando o mesmo peso para todas as variáveis, com o propósito de refinar o modelo e identificar possíveis falhas conceituais, uma vez que esse não é um índice acabado, mas sim em processo de construção.

Um peso diferenciado entre as variáveis das sub-bacias das margens direita e esquerda resolveria em parte o problema dos pesos iguais e nós permitiria comparar as sub-bacias entre as margens. Uma vez que a margem esquerda tem um processo de ocupação diferente da margem direita que encontra-se no eixo de expansão atual da cidade de São Luís. Com isso os resultados iguais entre sub-bacias da margem esquerda e direita não são realmente iguais se considerarmos essas diferenças de dinâmica de ocupação.

Portanto o sistema modelado neste trabalho funciona de forma pontual, pois o mesmo não considera uma ou varias variáveis que mostram as diferenças entre o processo de ocupação de manguezal de cada margem, ou seja não apresentam pesos diferenciados, No caso deste trabalho, seria necessário variáveis que mostrassem a diferença da dinâmica de ocupação entre as margens e entre as sub-bacias e permitisse dessa maneira a atribuição de pesos. Dessa forma poderíamos comparar as sub-bacias da margem direita e esquerda e não mais analisá-las de forma pontual, mas de forma conectada.

O sistema deste trabalho funciona também de forma diagnóstica, pois conta com poucas variáveis de tendência, que são variáveis de evolução, ou seja que consideram situações diferentes no passado e no presente com a intenção de projetar o futuro. A única variável de tendência considerada na construção do sistema fuzzy foi a de Perda de mangue que considerou o mangue de 1975 a 2007. Portanto a existência de mais variáveis de tendência é condição principal para que possamos verificar tendências e ter um sistema que projete situações futuras, diferente do sistema diagnóstico que retrata apenas situações presentes.

Dessa maneira o sistema não permite comparar as sub-bacias da margem esquerda com as da margem direita, pois funciona pontualmente, e não permite projetar situações futuras, pois esse modelo é diagnóstico, permitindo verificar apenas o que está acontecendo neste momento.

É importante mencionar que atualmente a maior parte da margem esquerda possui uma urbanização consolidada é o caso da sub-bacia 9, no entanto, a mesma está sofrendo a influência do programa de aceleração do crescimento para habitação do rio Anil (PAC-Rio Anil), que ainda pode substituir parte do mangue que existe, na margem esquerda. Como não se atribuiu pesos diferentes entre as sub-bacias, o empreendimento do PAC-Rio Anil, pouco influenciou nos nossos resultados.

As **Figuras 34 a 38** mostram graficamente o resultado da desfuzzyficação do sistema fuzzy para cada sub-bacias do Anil, através do método centro dos Máximos.

De acordo com a **Tabela 35** o maior valor de IVODM igual a 83,33% foi observado na sub-bacia 1, para o termo lingüístico “MuitoAlto”. Na **figura 34** observamos o resultado da desfuzzificação graficamente, no caso o centro dos máximos, que é justamente o valor de 83,33%.

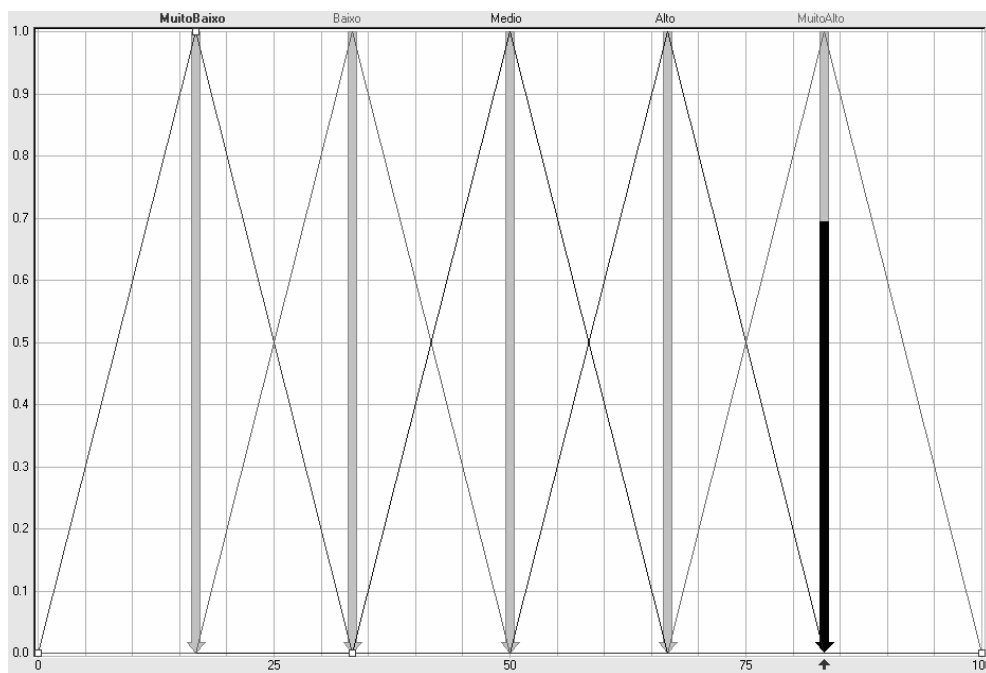


Figura 34. IVODM para a Sub-bacia 1 (83,33 %)

Tivemos 3 sub-bacias com valor obtido de IVODM igual a 50,00 %, para o termo lingüístico “Médio”. São as Sub-bacias 2, 8 e 9. Na **figura 35** observamos o resultado da desfuzzificação graficamente.

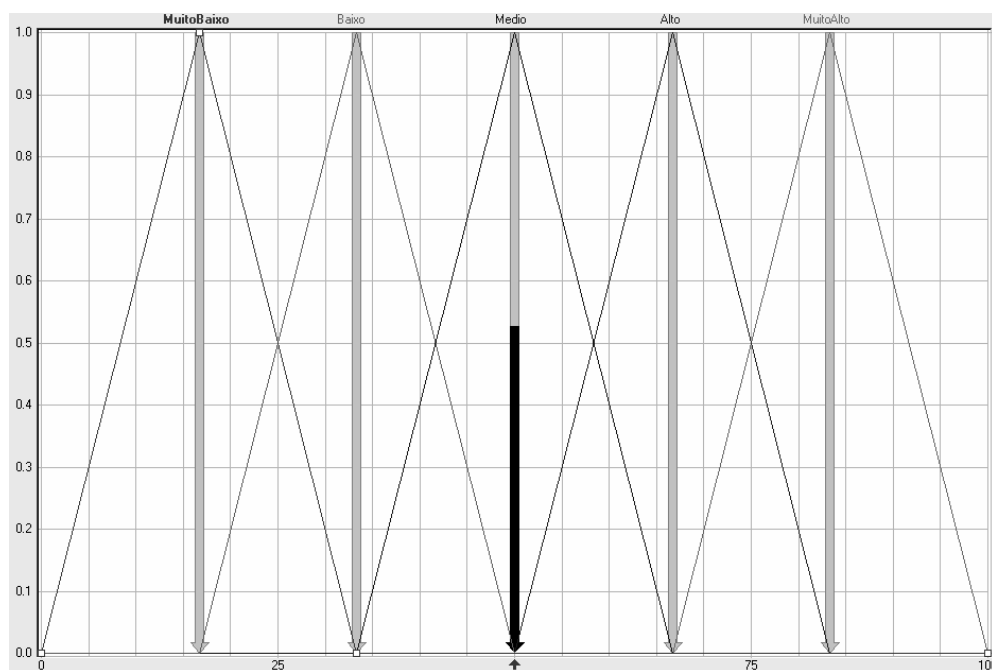


Figura 35. IVODM:para a Sub-bacia 2, 8 e 9 (50,00 %)

A sub-bacia 6 apresentou um IVODM de 42,79 %, para o termo lingüístico “Médio”. Na **figura 36** observamos o resultado da desfuzzificação graficamente.

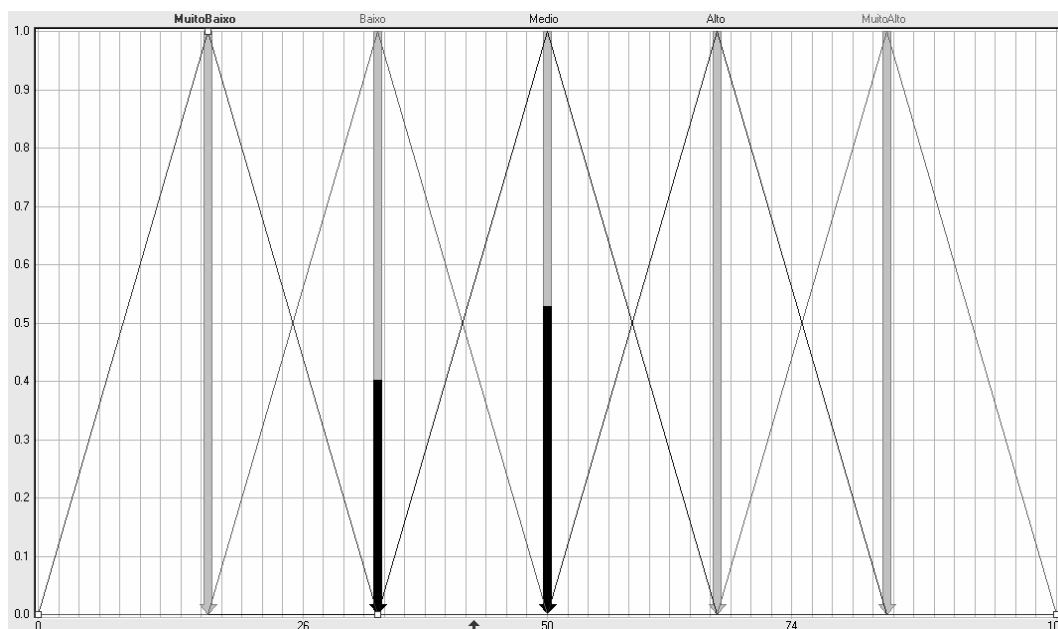


Figura 36. IVODM:para a Sub-bacia 6 (42,79 %)

A sub-bacia 3 apresentou um IVODM de 36,30 %, para o termo lingüístico “Baixo”. Na **figura 37** observamos o resultado da desfuzzificação graficamente.

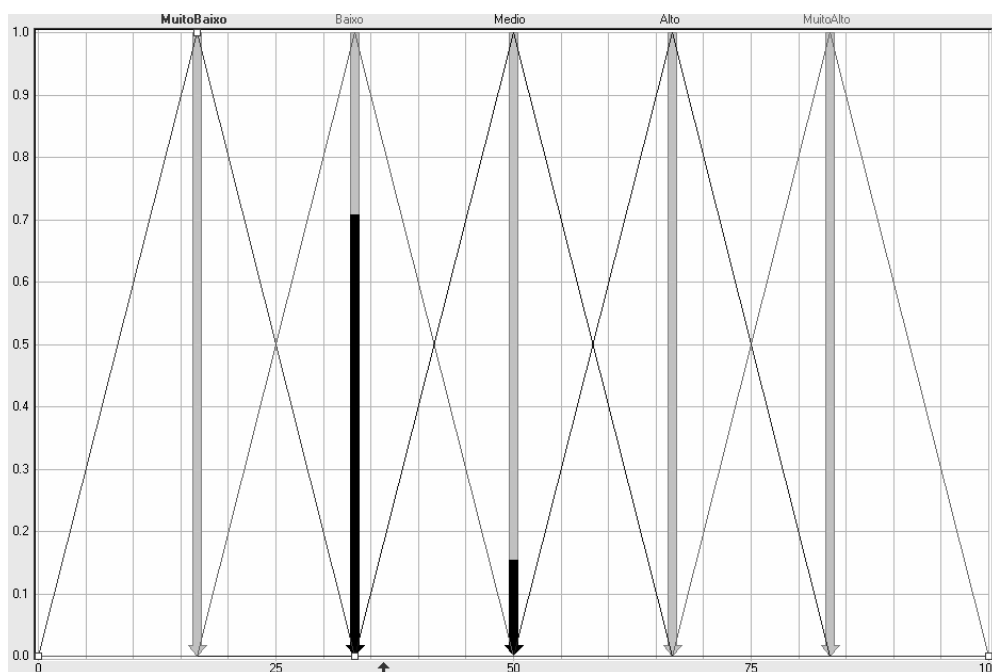


Figura 37. IVODM para a Sub-bacia 3 (36,30 %)

A sub-bacia 4 e 7 apresentou um IVODM de 33,30 %, para o termo lingüístico “Baixo”. Na **Figura 38** observamos o resultado da desfuzzificação graficamente.

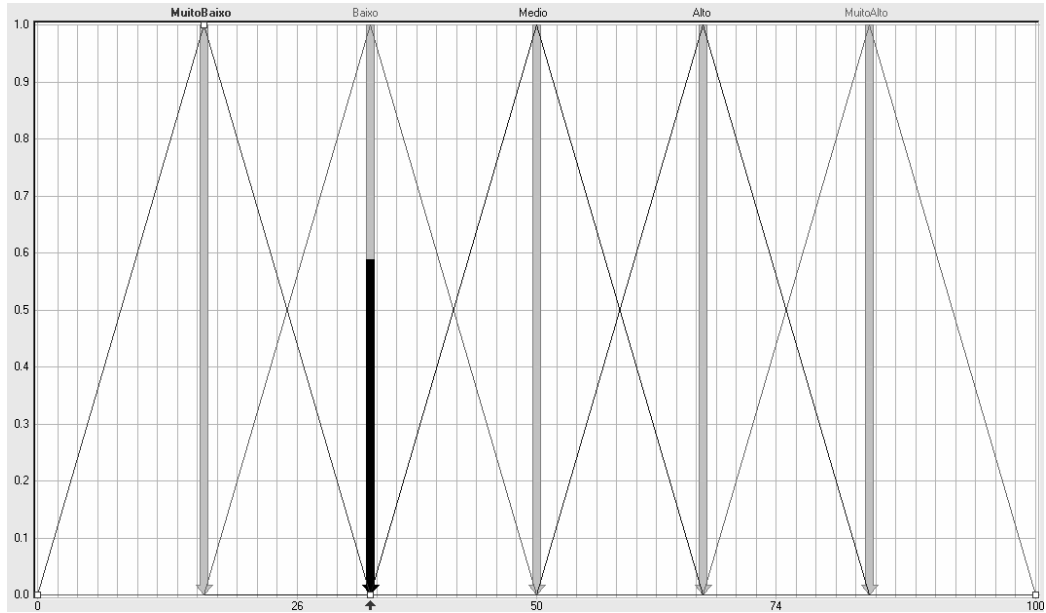


Figura 38. IVODM:para a Sub-bacia 4 e 7 (33,33 %)

7 CONCLUSÕES

A sub-bacia 1 do anil apresentou uma vulnerabilidade Muito alta com IVODM igual à 83,33%, seguida das sub-bacias 2, 8, 9 que apresentaram uma vulnerabilidade Média à ocupação direta de mangue com IVODM igual à 50,00 %. A sub-bacia 6 apresentou também uma vulnerabilidade média à ocupação direta de mangue, no entanto com IVODM igual à 42,79 %. Já a sub-bacia 3 e as sub-bacias 4 e 7, com IVODM respectivamente igual à 33,33% e 36,30 %, ambas consideradas sub-bacias de baixa vulnerabilidade à ocupação direta de mangue.

As falhas encontradas no **IVODM** foram observadas através da atribuição do mesmo peso a todas as variáveis de entrada do sistema fuzzy. Isso permitirá refinar o modelo e corrigir distorções no mesmo.

O índice encontra-se em fase de refinamento teórico e de testes, embora tenha se mostrado muito interessante sob os aspectos da flexibilidade para alterações nas variáveis de entrada, bases de regras, variáveis de saída e métodos de inferência.

Um dos problemas observados no sistema fuzzy foi a limitação na elaboração de cenários. Isso ocorreu porque não consideramos as variáveis das sub-bacias das margens direita e esquerda de forma dinâmica (Com pesos diferenciados), mas sim de forma pontual. Além disto, o caráter do **IVODM** é apenas diagnóstico, uma vez que é constituído por poucas variáveis de tendência.

A análise pontual não permitiu uma comparação eficiente entre as sub-bacias de margens diferentes neste sistema, uma vez que não atribuíram-se pesos às variáveis de entrada das sub-bacias. Mas permitiu identificar algumas falhas para posterior refinamento.

A análise diagnóstica, não permitiu projetar situações futuras, uma vez que incorpora poucas variáveis de tendência. Mas apresentou um retrato da situação atual das sub-bacias do anil com relação ao **IVODM**.

Políticas públicas como o programa de aceleração do crescimento para habitação do rio Anil (PAC-Rio-Anil) que ocorre na margem esquerda submete a mesma a diversas pressões de ocupação sobre o manguezal, o que altera as dinâmicas de ocupação nesta margem. Essa política pública deve ser considerada em futuros estudos que atribuirão pesos nas variáveis de entrada e sub-bacias.

Dessa maneira a metodologia fuzzy mostrou-se uma ferramenta eficiente para a determinação de índices e indicadores, no entanto, necessita como em qualquer outro método para a elaboração de índices de bons indicadores (variáveis) eficientes para compor a base de conhecimento e necessita também de inúmeros testes com o propósito de refinamentos. Para que então este índice possa ser usado por gestores na tomada de decisão.

Assim para refinarmos o sistema fuzzy apresentado neste trabalho, deveremos incorporar mais variáveis dinâmicas e atribuir pesos às variáveis de entrada por sub-bacia de acordo com o contexto que se encontram as mesmas com relação ao eixo de expansão urbana de São Luís e políticas públicas como o PAC-rio Anil, para que possamos então compará-las e não mais observá-las de maneira pontual. E ainda aumentar o número de variáveis de tendência para que seja possível a elaboração de projeções de ocupação sobre o mangue.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ALONGI, D.M. **Present state and future of the world's mangroves forests.** *Environmental Conservation* 29: 331-349. 2002.
- [2] ALVES, A.S. **Avaliação do Potencial à Erosão dos Solos:** Uma Análise por Lógica Fuzzy e Sistemas de Informação Geográfica. Rio de Janeiro-RJ (Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia da Computação da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, área de concentração Geomática). 2004.
- [3] ALMEIDA, T.R.V. **Aspectos do Processo de Degradação Ambiental na Bacia do Rio Bacanga.São Luís.**(Monografia apresentada ao curso de geografia Bacharelado para a obtenção do grau de bacharel em Geografia). 1988.
- [4] ALMEIDA, P. E. M.; EVSUKOFF, A. G. **Sistemas Fuzzy.** In: REZENDE, S. O. *Sistemas Inteligentes: Fundamentos e Aplicações.* Barueri: Manole, p. 169-201. 2003.
- [5] AMBTEC. **Relatório Técnico:** Cotas de níveis de maré para São Luís-MA. São Luís-MA, 2002
- [6] BARRETO-NETO, A.A; FILHO, C.R de S. **Modelagem hidrológica Utilizando Lógica Fuzzy, SIG e Dados de Sensoriamento Remoto.** In: Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril, INPE, p. 3287-3294. 2007
- [7] BARROS, F.C.M.M. **Sistema de Inferência NeuroFuzzy Hierárquico:** Uma solução para a Compressão de Dados batimétricos. Rio de Janeiro-RJ (Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia da Computação da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, área de concentração Geomática). 2006.

- [8] BENTES DE LIMA, M.N.; REBELO-MOCHEL, F. **O Sistema de Produção do Carnqueijo *Uca Ucides cordatus cordatus* (Decapoda: Brachyura) (Linnaeus, 1763) na Área de Proteção Ambiental das Reentrâncias Maranhenses, Brasil. São Luís-MA. 2004.** (Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de pós graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas da Universidade Federal do Maranhão, 2004)
- [9] BEZDEK, J. C.. A Review of Probabilistic, *Fuzzy*, and Neural Models for Pattern Recognition. In: CHEN, C.H. **Fuzzy Logic and Neural Network Handbook**, Estados Unidos: McGraw-Hill, 1996, p.2.1-2.33.
- [10] BITTENCOURT, J.R.; OSÓRIO, F.S. **FUZZYF-Fuzzy logic Framework**: Uma solução software livre para desenvolvimento, Ensino e Pesquisa de Aplicações de Inteligência Artificial Multiplataforma. In: III Workshop sobre software Livre, Porto Alegre, 2002.
- [11] BORBA, J.A; MURCIA, F.Dal Ri; MAIOR, C.D.S. **Fuzzy ABC**: modelando a incerteza na alocação dos custos ambientais. IN: RBGN, São Paulo, vol.9, n.24, p.60-74, maio/ago. 2007
- [12] BOSSEL, H. **Indicators for Sustainable Development**: Theory, Method, Applications: A report to the Balaton Group. Winnipeg: IISD. 1999.
- [13] BUENO, M. do C. D. **Utilização de Dependência e Lógica Nebulosa em Estudos de Avaliação Ambiental**. Rio de Janeiro-RJ, (Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia da Computação da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, área de concentração Geomática). 2003.
- [14] CAVALCANTE, P.R.S.; GUEIROS, B.B.; REBELO-MOCHEL, F.; CANTANHEDE, E.K.P. **Distribuição de Metais Pesados em Perfis de Sedimentos de um ecossistema de manguezal sob influência de atividades portuárias, São Luís, MA, Brasil. Salvador-BA. Anais do Mangrove 2003.p. 255-256. 2003a.**

- [15] CAVALCANTE, P.R.S.;GUEIROS, B.B.;REBELO-MOCHEL, F.;COELHO, S.L.;AROUCHE, I.M. **Composição química foliar de espécies de mangue de uma zona portuária sob influência da estocagem e manuseio de minérios de ferro em São Luís, MA (Brasil). Salvador-BA.** Anais do Mangrove 2003. p. 263-263. 2003b.
- [16] CANEPARO, S.C. **Análise da Dinâmica e dos Impactos Ambientais causados pela ocupação Antrópica em Áreas de Manguezais de Paranaguá-Paraná, através de Técnicas de Geoprocessamento.** In: Anais X SBSR, Foz do Iguaçu, 21-26 abril 2001, INPE, 2001. p.561-566, sessão pôster.
- [17] CINTRÓN, G.; SCHAFFER-NOVELLI, Y. **Introducción a la Ecología del Mangar. Oficina Regional de Ciencia e Tecnología de la UNESCO para a América Latina y el Caribe,** Montevideo: ROSTRAC/UNESCO, 1983. 109p.
- [18] CHEN, Z. **Computational Intelligence for Decision. Support.** New York: CRC Press LLC. 2000.
- [19] COSTA, M.R.P. **Análise da Sustentabilidade das áreas de manguezal frente à implementação do pólo Ecoturístico da Floresta dos Guarás- Área de Proteção Ambiental das Reentrâncias Maranhenses, Cururupu-MA, Brasil.** São Luís. 2004. 110p. (Dissertação de Mestrado-PPGSE, UFMA).
- [20] CARNEIRO, T.A de V.C. **Deteção de Mudanças na Superfície Terrestre usando Imagens de Sensoriamento Remoto e Técnicas de Inteligência Computacional.** Rio de Janeiro-RJ (Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia da Computação da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, área de concentração Geomática). 2004.
- [21] CARVALHO-NETA, R.N.F. **Relações Econômicas, sociais e culturais entre homem e manguezal na região metropolitana de São Luís do Maranhão. Salvador-BA.** Anais do MANGROVE 2003. p.412. 2003.

- [22] CLOUGH, B.F. **The economic and environmental values of mangrove forest and their present state of conservation in the south-east Asia/Pacific region.** Mangrove Ecosystem Technical Report No. 1. ITTO/ISME, Okinawa, 1993. 202 p.
- [23] COELHO, C.J.da C. **Aspectos da Disponibilidade e dos usos da água na bacia do rio Bacanga/Ilha do Marnhão (I. de São Luís)-MA, São Luís** (Monografia do curso de Graduação em Ciências Aquáticas, UFMA, 2006). 2006.
- [24] CORTES, O.A.C.; et.al. **Algoritmos Evolutivos Nebulosos.** In: VII SBAI / II IEEE LARS. São Luís, setembro de 2005.
- [25] CORTES, O.A.C. **Integração entre Lógica Nebulosa e Algoritmos Evolutivos.** In: Infocomp Journal of Computer Science. VOLUME 3, NUMBER 1. Federal University of Lavras (Brazil). 2004. p.36-42.
- [26] CUNHA, E.M.S. **Evolución reciente del litoral de Natal (RN – Brasil) y su aplicación a la gestión integrada.** Tese de Doutorado, Universidad de Barcelona, 2004. 384 p.
- [27] DAMÁSIO, E. **Contribuição ao Conhecimento da Vegetação dos Manguezais da Ilha de São Luís-MA – Parte I.** Boletim do Laboratório de Hidrobiologia, 3(1): 17-56. 1979/80a.
- [28] DAMÁSIO, E. **Contribuição ao Conhecimento da Vegetação dos Manguezais da Ilha de São Luís-MA – Parte II.** Boletim do Laboratório de Hidrobiologia, 3(1): 57-76. 1979/80b.
- [29] DAMÁSIO, E. & SANTOS, M.C.F.V. **Mapeamento do Médio Litoral com Mangue do Sul da Ilha de São Luís-MA.** Anais do 3º Encontro Brasileiro de Gerenciamento Costeiro, Fortaleza-CE. 1986.111-121p.
- [30] DIOP, E.S. **Conservation and sustainable utilization of mangrove forest in Latin America and Africa regions.** Part II - Africa. Mangrove Ecosystem Technical Report No. 3. ITTO/ISME, Okinawa, 1993.262 pp.

- [31] DUKE, N.C, BALL, M.C., ELLISON, J.C. **Factors influencing biodiversity and distributional gradients in mangroves.** *Global Ecology and Biogeography Letters*, 7: 27-47. 1998.
- [32] EVSUKOFF, A. G.; ALMEIDA, P. E. M. **Sistemas Neuro Fuzzy.** In: REZENDE, S. O. *Sistemas Inteligentes Fundamentos e Aplicações.* Barueri: Manole, 2003. p. 203-224.
- [33] FERNANDES, M.E.B. **Os manguezais da Costa Norte Brasileira Vol.II.** Organizado por Marcus E.B.Fernandes. Maranhão: Fundação Rio Bacanga, 2003.165p.:il.
- [34] FILHO, C.P. **Método para Apoio à decisão na Verificação da Sustentabilidade de Uma unidade de Conservação, Usando Lógica Fuzzy.** (Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para a obtenção do título de Doutor em engenharia de produção.) 2004.
- [35] FILHO, P.W.M.S. **Costa de Manguezais de Macromaré da Amazônia:** cenário morfológicos, mapeamento e quantificação de áreas usando dados de sensores remotos. In: *Revista Brasileira de Geofísica.* Vol.23 nº 4 São Paulo Oct/Dec. 2005
- [36] FISHER P & SPALDING MD. **Protected Areas with Mangrove Habitat.** Draft Report. World Conservation Monitoring Centre, Cambridge, UK. 1993.60 pp.
- [37] FONSECA, O. L.H. **Aplicação de Métodos de Análise Espacial e da Teoria dos Conjuntos Nebulosos em Estudos sobre a Pobreza.** Rio de Janeiro-RJ, (Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia da Computação da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, área de concentração Geomática). 2003.
- [38] FRANZINELLI E. **Evolution of the geomorphology of the coast of the State of Pará, Brazil.** In: *Évolution des littoraux de Guyane et de la Zone Caraïbe Méridionale pendant le Quaternaire.* PROST MT (Ed.). ORSTOM, Paris, 203-230. 1992.

- [39] GUEIROS, B.B.; CAVALCANTE, P.R.S.; REBELO-MOCHEL, F.; COELHO,S.L. **Concentração de metais pesados na fauna bêmica entre marés de uma zona portuária sob influência da estocagem e manuseio de minérios de ferro em São Luís, MA (Brasil). Salvador-BA. Anais do Mangrove 2003. p. 260-260. 2003.**
- [40] GUEIROS, B.B.; CAVALCANTE, P.R.S.; REBELO-MOCHEL, F.; COELHO,S.L.; CANTANHEDE, E.K.P. **Metais pesados em compartimentos bióticos e abióticos em um ecossistema de manguezal de uma zona portuária em São Luís-MA (Brasil). Salvador-BA. Anais do Mangrove 2003. p. 261-261. 2003.**
- [41] HERZ, R. **Manguezais do Brasil.** São Paulo: Universidade de São Paulo. 1991.239p.
- [42] IBGE/CIDADES@. **Dados da População Estimada e Área da Unidade Territorial.** 2005. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>. acesso em: 29/10/2006.
- [43] IUCN. **Global Status of Mangrove Ecosystems. Commission on Ecology Papers** No. 3. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, Gland, Switzerland. 1983. 88 pp.
- [44] KARTALOPOULOS, S. V. *Fuzzy Logic.* In:_____. **Understanting Neural Networks and Fuzzy Logic.** 1 ed. Piscataway: IEEE Press, 1996, p. 121-151.
- [45] KJERFVE, B; LACERDA, L.A. 1993. **Mangroves of Brazil.** In: p: 245-272, L.D. Lacerda (ed.) *Conservation and Sustainable Utilization of Mangrove Forests in Latin America and Africa Regions. Part I. Latin America.* ITTO/ISME, Okinawa.

- [46] KJERFVE B, PERILLO GME, GARDNER LR, RINE JM, DIAS GTM & MOCHEL FR. **Morphodynamics of muddy environments along the Atlantic coasts of North and South America**. In: *Muddy Coasts of the World: Processes, Deposits and Functions*. Amsterdam, HEALY TR, WANG Y & HEALY J-A (Ed.). Elsevier, N.Y., 479-532. 2002.
- [47] JABOR, P.M. **Uso de Modelos Neuro-Fuzzy em Sistemas de Suporte a Análise de Parâmetros Oceanográficos**. Rio de Janeiro-RJ, (Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia da Computação da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, área de concentração Geomática). 2004.
- [48] JUNIOR, G.S.R. **Modelagem Térmica de um Processo de Laminação de Tubos usando Redes Neurais Fuzzy-CMAC**. Belo Horizonte-MG (Dissertação apresentada ao Curso de modelagem matemática e computacional do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em modelagem matemática e computacional.) 2005.
- [49] LABOMAR-UFC/ISME-BR. **Estudo das áreas de Manguezais do Nordeste do Brasil**: Avaliação das áreas de manguezais dos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco. Relatório: Versão Final. Fortaleza-CE, 2005.
- [50] LABOHIDRO. **Estudos Bioecológicos nos Estuários dos Rios Anil e Bacanga – Ilha de São Luis-MA**. Relatório Parcial, 1980. 46 p.
- [51] LACERDA, L.D. *Mangrove Ecosystems: Function and Management*. Springer Verlag, Berlin, 332 p. 2002.
- [52] LACERDA, L.D. **Brazil case study**. In: *Principles for a Code of Conduct for the Management and Sustainable Use of Mangrove Ecosystems*. ISME/WB/CENTER, Aahruus, 2005.p: 31-35.

- [53] LACERDA, L.D., MARINS, R.V. **River damming and changes in mangrove distribution.** *ISME/Glomis Electronic Journal* 2(1):1-4 2002..Disponível em : <http://www.glomis.com/ej/pdf/ej03.pdf>
- [54] MAMDANI, E.H.; ASSILIAN, S. , “An experiment in linguistic synthesis with a *fuzzy* logic controller. ,” **International Journal of Man-Machine Studie**, v. 7, n. 1, p. 1-13, 1975.
- [55] MARINS, R.V.; LACERDA, L.D.; ABREU, I.M.; DIAS, F.J.S. **Efeitos da açudagem no Rio Jaguaribe.** *Ciência Hoje* 33(197): 66-70. 2003.
- [56] MARINS, R.V.; FREIRE, G.S.S.; MAIA, L.P.; LIMA, J.P.R.; LACERDA, L.D. **Impacts of land-based activities on the Ceará coast, NE Brazil.** In: Lacerda, L.D.; Kremer, H.H.; Kjerfve, B.; Salomons, W.; Marshall-Crossland, J.I. & Crossland, J.C. (eds.) *South American Basins: LOICZ Global Change Assessment and Synthesis of River Catchment – Coastal Sea Interaction and Human Dimensions.* LOICZ Reports & Studies No. 21, p: 92-98. 2002.
- [57] MACHADO, Paulo Afonso Leme. **Direito Ambiental Brasileiro.** Malheiros Editoras. 1992. pg.565/579.
- [58] MARANHÃO. **Atlas do Maranhão, São Luís:** GEPLAN/ LABGEO-UEMA. 2002.
- [59] MARANHÃO, **Zoneamento Costeiro do Estado do Maranhão.** REBELO-MOCHEL, F.; CASTRO, A.C.L (Coord). São Luís, MA: GEMA. 2003. Disponível em CD-ROM.
- [60] MARANHÃO, M.R. de A. **Modelo de Seleção de Áreas para Atualização do Mapeamento Sistemático Baseado em Lógica Nebulosa.** Rio de Janeiro-RJ, (Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia da Computação da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, área de concentração Geomática). 2005.

- [61] MARTINS, A de M; CASTILHO, C.J.M.de; SILVA, H.P. da. **O Processo de Adensamento Populacional em áreas de Manguezais: o caso específico da Ilha de Deus, Recife-PE, numa perspectiva de análise que tenta ultrapassar o nível quantitativo.** IN: XV Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP, realizado em Caxambu-MG – Brasil, de 18 a 22 de setembro de 2006.
- [62] MENDEL, J.M. **Fuzzy Logic Systems for Engineerings: a tutorial**, IEEE, 1995
- [63] MOHAMED, A.D. **Mangrove Forests: Valuable Resouces Ander the Treta of Development Pressure.** Dalhousie University, Canada. V.12, 1996.247-269p.
- [64] NEMRH (Núcleo de Estudos de Meteorologia e Recursos Hídricos). **Boletim de Meteorologia**, São Luís-MA:UEMA. 1999.
- [65] NOGUCHI, M.T.G. **Um sistema baseado em regras fuzzy para a classificação supervisionada de imagens multiespectrais de alta resolução.** (Dissertação apresentada como requisito a obtençã do título de mestre no programa de Pós-Graduação em Informática da UFPR). Curitiba, 2004.
- [66] OLIVEIRA, V.M.; REBELO-MOCHEL, F. **Macroendofauna bêmica de substratos móveis de um manguezal sob impacto das atividades humanas no sudoeste da ilha de São Luís-MA.** Boletim do Laboratório de Hidrobiologia, **12**: 75-93, 1999.
- [67] OTTO, R.; NOVAES, W.; NOVAES, P. C. **Agenda 21 Brasileira: Bases para Discussão.** Brasília, DF. MMA/PNUD. 2000.196p.
- [68] PEARCE, D. et. al..**Environmental Economics.** Baltimore: The John Hopkins University Press. 1993
- [69] PEREIRA NETO, F. P. **Avaliação da Degradação da Cobertura de Manguezais da Ilha do Maranhão Utilizando Sensoriamento Remoto.** São Luís. 30p. (Monografia do curso de Graduação em Ciências Biológicas, UFMA, 2001). 2001.

- [70] PRESCOTT-ALLEN, R. **The Wellbeing of Nations**: a country-by-country index of quality of life and the environment. Washington: Island Press. 2001.
- [71] PRESCOTT-ALLEN, R. **Assessing Progress Toward Sustainability**: The System Assessment Method illustrated by the Wellbeing of Nations. Cambridge: IUCN. 1999.
- [72] PRESCOTT-ALLEN, R. **Barometer of Sustainability**: Measuring and communicating wellbeing and sustainable development. Cambridge: IUCN. 1997.
- [73] PROST MT. **La mangrove de front de mer en Guyane**: ses transformations sous l'influence du système de dispersion Amazonien et son suivi par télédétection. In: Mangrove ecosystem studies in Latin America and Africa, KJERFVE B, LACERDA LD & DIOP EHS (Ed.). UNESCO, Paris, 1997.111-126.
- [74] PROST, M.T.R.C.; LOUBRY, D. **Structures architecturales des paletuviers *Avicennia geerminans* et *Rhizophora mangle***: elements diagnostics de la dynamique des mangroves sur les rives du rio Marapanim (Etat du Pará, Brésil). IN: PROST, M.T.R.C e MENDES, A.C (Eds). Ecosystemas Costeiros: impactos e Gestão Ambiental. Pará: Belém: Funtec, 2000. p.51-63.
- [75] QUADROS, S.G.R. **Procedimento Neuro-Fuzzy Hierárquico para obtenção de indicadores de Desenvolvimento**. In: BIDONE, E.D.;MORALES, P. R. D. Desenvolvimento sustentável e engenharia. Rio de Janeiro: Fundação Ricardo Franco, 2004.260p.
- [76] RABUS B, EINEDER M, ROTH A & BAMLER R. 2003. **The shuttle radar topography mission - a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar**. ISPR Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 57: 241-262.
- [77] REBELO-MOCHEL, F.; FAÇANHA, F.R. **Caracterização de clareiras em áreas de manguezal na Baía de Turiaçu, Amazônia Costeira Maranhense. Belém-PA**. VI Workshop Internacional Brasil-França ECOLAB. 2002. Em CD-ROM.

- [78] REBELO-MOCHEL, F.; SILVEIRA, P.C.A. **Indicadores sócio-econômicos-ambientais e recursos faunísticos comercializados em um manguezal sob impactos de atividades humanas em Panauaçu, Maranhão, Brasil.** Boletim do V Workshop Internacional Brasil-França ECOLAB, 5: 289-295. 2000.
- [79] REBELO-MOCHEL, F. **Mangroves of Maranhão State, North Brazil.** In: Lacerda, L.D. & FIELD, C.D. Proceedings of Workshop on Conservation and Sustainable Utilization of Mangrove Forests in Latin America and Africa Regions, Niterói, Brasil. 1993. 28p.
- [80] REBELO-MOCHEL, F. **Caracterização espectral e Mapeamento dos Manguezais por Sensoriamento Remoto na Baía de Turiaçu, Maranhão, Brasil.** Niterói-RJ, Tese de Doutorado da UFF, 1999. 153p.
- [81] REBELO-MOCHEL, F. **Programa Integrado Estudos Ecológicos dos Manguezais do Estado do Maranhão.** Revista de Gerenciamento Costeiro Integrado - para países de língua portuguesa. Santa Catarina, v.1, n.2, p. 30-33, 2002.
- [82] REBELO-MOCHEL, F.; CUTRIM, M.V.J; FERREIRA-CORREIA, M.M; IBAÑEZ, M do S.R; AZEVEDO, A.C.G de; OLIVEIRA, V.M de; PESSOA, C.R.D; MAIA, D da C; SILVEIRA, P.C da; IBAÑEZ-ROJAS, M.O.A; PACHECO, C de M; COSTA, C.F.M; SILVA, L . M; PUISECK, A.M.B. **Degradação dos Manguezais na Ilha de São Luís (MA): Processos Naturais e Impactos Antrópicos.** In: Ecossistemas Costeiros: Impactos e Gestão Ambiental. Org. Maria Thereza R.C. Prost e Amílcar Mendes. BELÉM: Museu Paraense Emílio Goeldi, p.113-130. 2001
- [83] REBELO-MOCHEL, F. **Mangroves on São Luís Island, Maranhão Brazil.** In: Mangrove ecosystem studies in Latin America and Africa, KJERFVE B, LACERDA LD & DIOP EHS (Ed.). UNESCO, Paris, 145-154. 1997.

- [84] REBELO-MOCHEL, F.; CAVALCANTE, P.R.S.; GUEIROS, B.B.; CUTRIM, M.V.J.; VIEIRA, I. **Danos ambientais decorrentes de um vazamento de óleo diesel em um manguezal da Ilha de São Luís, Maranhão, Brasil. Salvador-BA.** Anais do Mangrove 2003. p. 440-440. 2003.
- [85] ROSOT, M.A.D et al. **Análise da Vulnerabilidade do Manguezal do Itacorubi a Ações Antrópicas Utilizando Imagens de Satélite e Técnicas de Geoprocessamento.** In: COBRAC 2000 · Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário · UFSC Florianópolis · 15 a 19 de Outubro 2000
- [86] SANTOS, D.T dos. **Sistemas Híbridos:** Como combinar Redes Neurais Artificiais, Lógica Nebulosa e Algoritmos Genéticos, Londrina-PR. (Monografia do Curso de graduação em Ciência da Computação da Universidade Estadual de Londrina). 2004.
- [87] SANTOS, I.V.;REBELO-MOCHEL, F. **Diagnóstico de Danos Ambientais em Manguezal, decorrentes do vazamento de óleo diesel em 05/05/2000, nas dependências da Companhia Vale do Rio Doce, Ilha de São Luís-MA.** Belém-PA. Anais de 54º Congresso Nacional de Botânica. 2003. Em CD-ROM.
- [88] SHAW, I.S; SIMÕES, M.G. **Controle e modelagem Fuzzy.** 1ª ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1999.
- [89] SERAGELDIN, I; STEER, A. **Epilogue: expanding the capital stock.** In: SERAGELDIN, I; STEER, A. (eds). Making Development Sustainable: from concepts to action. Enviromentally Sustainable Development Occasional Papers 2. Washington, D.C.: The World Bank. 1994.
- [90] SCHAEFFER-NOVELLI Y. **Manguezal:** Ecossistema entre a terra e o mar.[S.I]: Caribe Ecological Research, 1995.64p.
- [91] SCHAEFFER-NOVELLI Y. **Perfil dos ecossistemas litorâneos brasileiros, com especial ênfase sobre o ecossistema manguezal.** Pub. Esp. do Instituto Oceanográfico, 7: 1-16. 1989.

- [92] SCHAEFFER-NOVELLI Y. **Avaliação e Ações prioritárias para a Conservação da Biodiversidade da Zona Costeira e Marinha. Grupo de Ecossistemas: Manguezal, Marisma e Apicum. Incluindo os principais vetores de pressão e as perspectivas para a sua conservação e uso sustentável.** [Online]. São Paulo-SP, MMA/PRONABIO, 1999 [citado em: 21/11/2002]. Disponível em: <http://www.bdt.fat.org.br/workshop/costa/mangue/>
- [93] SCHAEFFER-NOVELLI Y & CINTRÓN-MOLERO G. **Brazilian mangroves: a historical ecology.** *Jornal Ciência e Cultura*, 51: 274-286.1999.
- [94] SCHAEFFER-NOVELLI Y, CINTRÓN-MOLERO G, ADAIMA RR. **Variability of mangrove ecosystems along the Brazilian coast.** *Estuaries*, 13: 204-218. 1990.
- [95] SILVA, L.N.M. **Aspectos ecológicos da epifauna bêntica de substratos móveis mesolitorais dos manguezais de Parna-açu, São Luís-MA.** Monografia de conclusão do curso de graduação em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), São Luís-MA, 1997.
- [96] SILVA, M.A.S. da. et al. **Computação Inteligente e Sistema de Informação Geográfica na Análise Espacial: Estudo da Vulnerabilidade aos Movimentos da Massa no Município de Caraguatatuba-SP através da Lógica Nebulosa.** In: Anais- I Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, Aracaju/SE, 17 e 18 de outubro de 2002.
- [97] SILVA, W.R.C.; et al. **Previsão na Demanda de Vendas baseado em Regras Lingüísticas e Lógica Fuzzy.** In: *Infocomp Journal of Computer Science*. VOLUME 5, NUMBER 3. Federal University of Lavras (Brazil), 2006. p.52-58.
- [98] SIQUEIRA, A.M.F. **Efeitos da poluição por efluentes domésticos e industriais sobre o rio Anil.** Monografia, Universidade Federal do Maranhão, 1987. 54 p.

- [99] SOUZA FILHO, P.W.M. **Costa de Manguezais de Macromaré da Amazônia:** cenários morfológicos, mapeamento e quantificação do maior cinturão de manguezais do mundo. *Revista de Gerenciamento Costeiro Integrado*. (No prelo) 2003
- [100] SPALDING, M.; BLASCO, F.; FIELD, C. **World Mangrove atlas**. Japão: Okinawa: ISME, 178p. 1997.
- [101] SUGENO, M. Industrial applications of *fuzzy* control. **Elsevier Science**, 1985.
- [102] THEVAND, A.; REBELO-MOCHEL, F.; GOND, V. & FROMARD, F. **Regeneração dos Manguezais nas clareiras da Ilha de Japariquara, Baía de Turiacu-MA (Brasil): Estudo com dados de Campo e Sensoriamento Remoto.** Recueil des Resumes du ECOLAB – Ecosystemes Côtiers Amazoniens. p. 17-17.2004.
- [103] TURBAN, E; ARONSON, J.E. **Decision Support systems and intelligent systems**. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1998.
- [104] UFMA/LABOHIDRO. **Estudos Ecológicos dos Manguezais do Estado do Maranhão** (Relatório Final- Ilha de São Luís), janeiro/95 a Julho/96. 1996
- [105] WANG, Li –Xin. **A Course in Fuzzy Systems and Control**. 1997.
- [106] VALENTIN, J.L. **Ecologia Numérica:** uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos. Rio de Janeiro-RJ: Interciência. 2000.
- [107] VERSTAPPEN HT & VAN ZUIDAM RA. **The ITC system of geomorphologic survey**. ITC Publication n. 10, Netherlands, 1991. 89 pp.

SOFTWARES E ARQUIVOS DIGITAIS

- [1] **AEROCONSULT/ PREFEITURA SÃO LUÍS** Curvas de Nível para a bacia do Anil, 2001
- [2] **ARC VIEW GIS 3.2.** Environmental Systems Resarch Institute, Inc, 1991-1996
- [3] **AUTODESK MAP 2004.** The Apache software Foudation, 1999-2002
- [4] **FUZZY TECH 5.54d Professional Edition.** Inform Software Corporation,1991-2003
- [5] **PROSPEC S.A/ PREFEITURA SÃO LUÍS-SURPLAN** Fotos Aéreas da Ilha de São Luís-MA; escala 1:2000, (1975)
- [6] **GOOGLE EARTH.** Imagem de satélite para Bacia do Anil em São Luís-MA, (2007)

LEGISLAÇÃO CONSULTADA

- [1] BRASIL. **Constituição (1988)**. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 1988.
- [2] BRASIL. **Lei 7661, de 16 de maio de 1988**. Instituiu o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC). Brasília, DF, 1988
- [3] CIRM/CONAMA. **Resolução nº 01 de 21 de Novembro de 1990** da Comissão Interministerial para os recursos do mar- CIRM, que aprova o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro. 1990
- [4] BRASIL. **Lei 4.771 de 15.09.65**. Código Florestal. Brasília, DF, 1965
- [5] BRASIL. **Lei 5.197/67**. A Lei de Proteção da Fauna. Brasília, DF, 1967
- [6] BRASIL. **Código Penal**. Brasília, DF, 1940
- [7] BRASIL. **Decreto presidencial nº 000, de 2 de junho de 2004**. Criação da reserva extrativista marinha de Cururupu e Serrando do Maranhão
- [8] BRASIL. **Lei 6766/1979**. Lei de Parcelamento do Solo. Brasília, DF, 1979.
- [9] BRASIL. **Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. SNUC- Sistema Nacional de Unidades de Conservação. Brasília, DF, 2000
- [10] BRASIL. **Lei 6.938 de 31 de agosto de 1981**. Instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente. Brasília, DF, 1981.
- [11] BRASIL. **medida provisória nº 2.166-66, de 26 de julho de 2001**. que restringe a supressão de vegetação nativa protetora de nascentes, ou de dunas e mangues, apenas no caso de utilidade pública. Brasília, DF, 2001
- [12] BRASIL. **Lei 7.347/85**, Lei da Ação Civil Pública. Brasília, DF, 1985
- [13] BRASIL. **Lei 9.605/98**, Crimes Ambientais. Brasília, DF, 1998

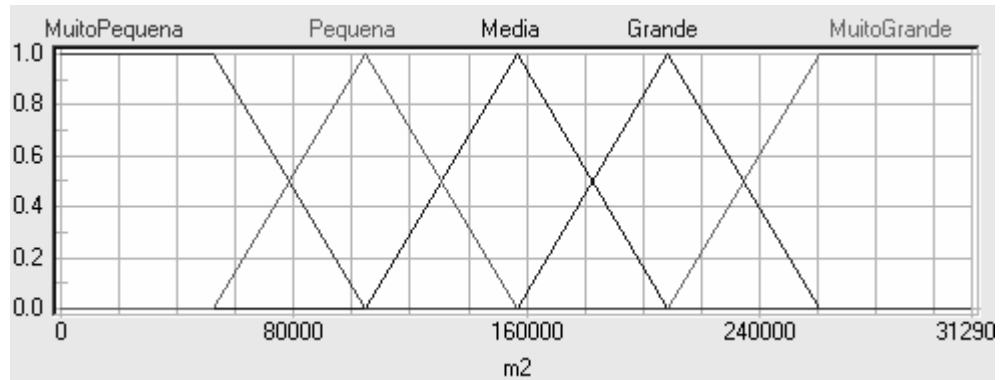
- [14] BRASIL. **Lei 7.804 de 18 de Julho de 1989**. pena de reclusão e multa ao poluidor que expuser a perigo a incolumidade humana, animal ou vegetal, ou venha a agravar esta situação. Brasília, DF, 1989
- [15] CONAMA. Resolução nº 004, de 18 de setembro de 1985. Trata das Reservas Ecológicas.
- [16] CONAMA. Resolução nº 303 de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente.
- [17] BAHIA. **Constituição Estadual da Bahia**. Salvador, BA, 1988
- [18] CEARÁ. **Constituição Estadual do Ceará**. Fortaleza, CE, 1989
- [19] MARANHÃO. **Constituição Estadual do Maranhão**, São Luís, MA, 1989
- [20] MARANHÃO. **Decreto Estadual nº 11.901, de 11 de julho de 1991, reeditando em 09 de junho de 1991**. Criação da área de proteção ambiental das reentrâncias maranhenses
- [21] PARAÍBA. **Constituição Estadual da Paraíba**, João Pessoa, PB, 1989
- [22] PIAUÍ. **Constituição Estadual do Piauí**, Teresina, PI, 1989
- [23] RIO DE JANEIRO. **Constituição Estadual do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, RJ, 1989
- [24] SÃO PAULO. **Constituição Estadual de São Paulo**, São Paulo, SP, 1989
- [25] RAMSAR. **Convenção Internacional de Ramsar de 2 de Fevereiro de 1971**. Dispõe da conservação e uso racional de zonas úmidas. RAMSAR, Irã. 1971

APÊNDICES

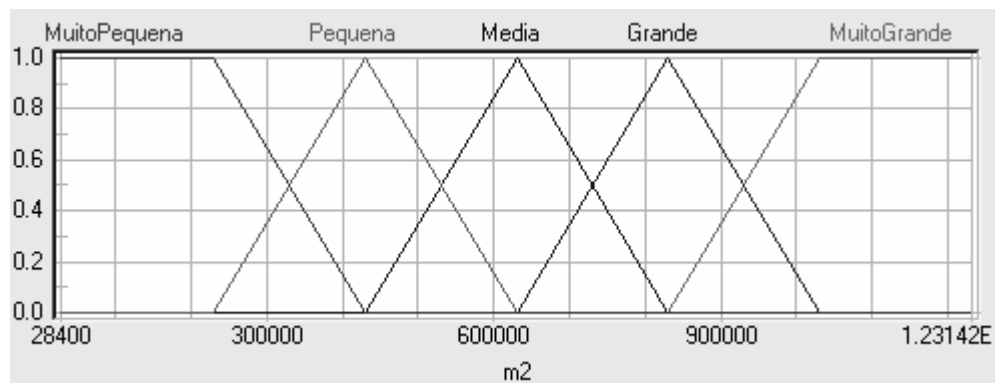
APÊNDICE 1 Funções de Pertinência das Variáveis de Entrada e de Saída

Funções de Pertinência das variáveis de entrada

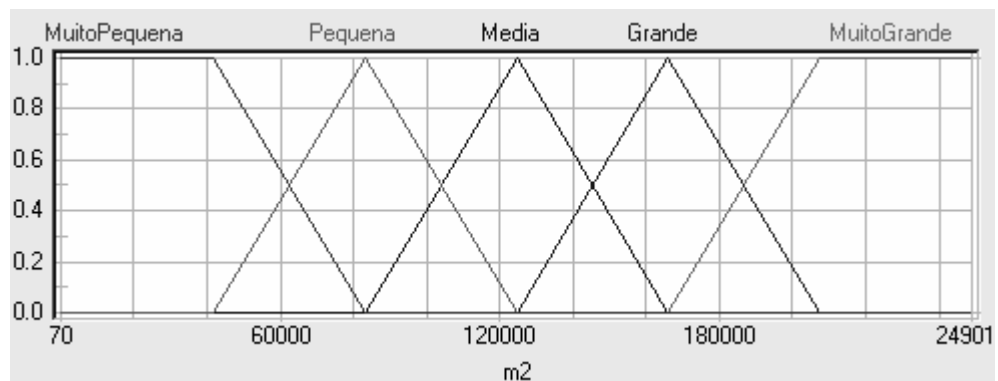
Variável de Entrada "ADispAbaixo7_0"



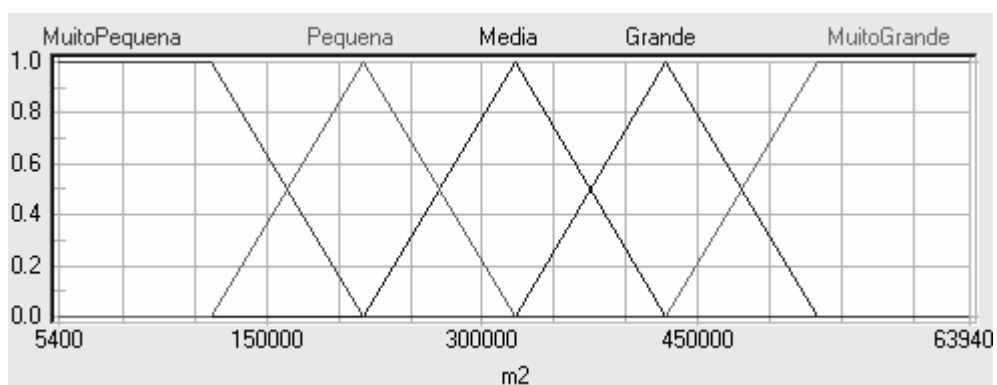
2) Variável de Entrada "ADispAcima7_0"



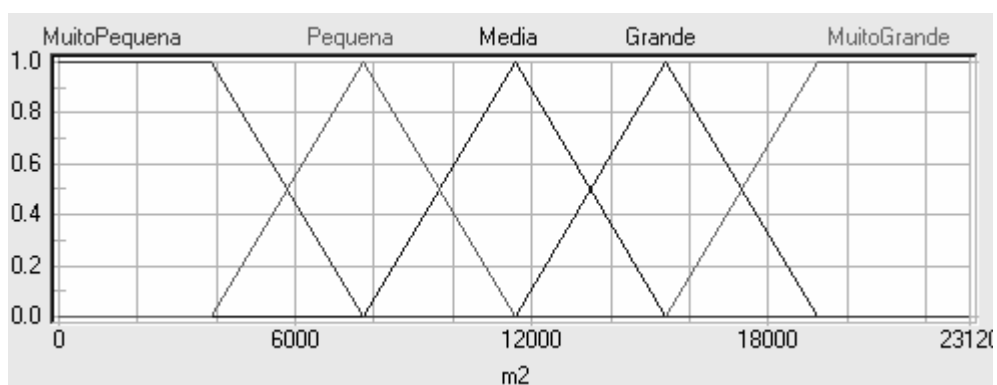
3) Variável de Entrada "AreaUrb2_5e4_0"



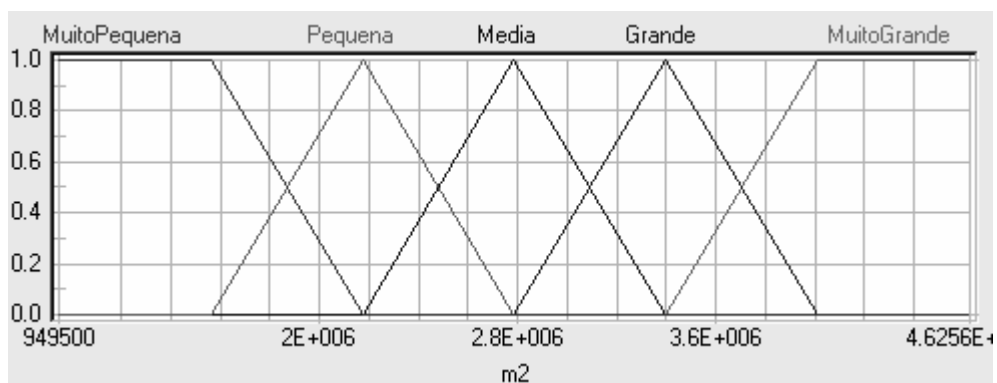
4) Variável de Entrada "AreaUrb4_0e7_0"



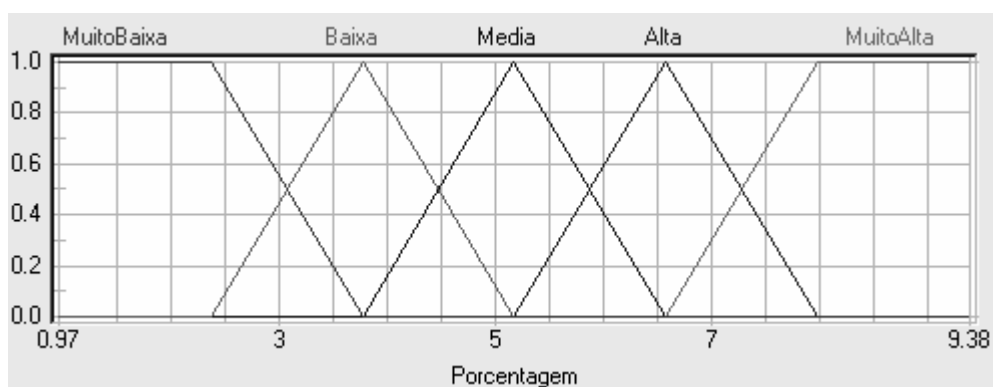
5) Variável de Entrada "AreaUrbAbaixo2_5"



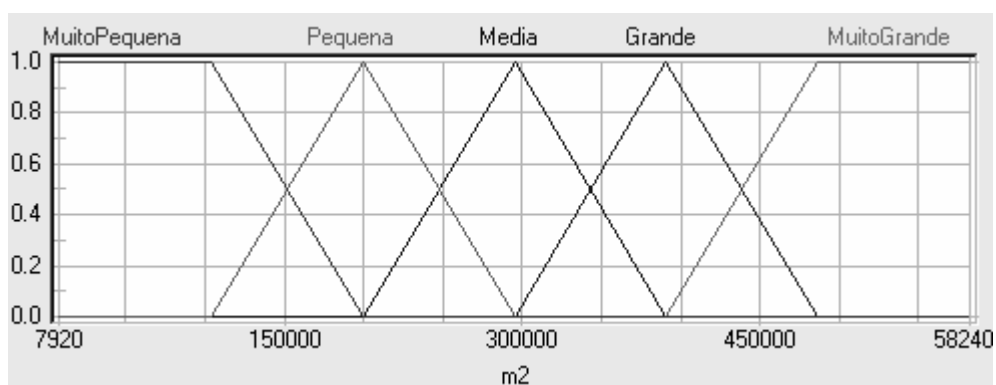
6) Variável de Entrada "AreaUrbAcima7_0"



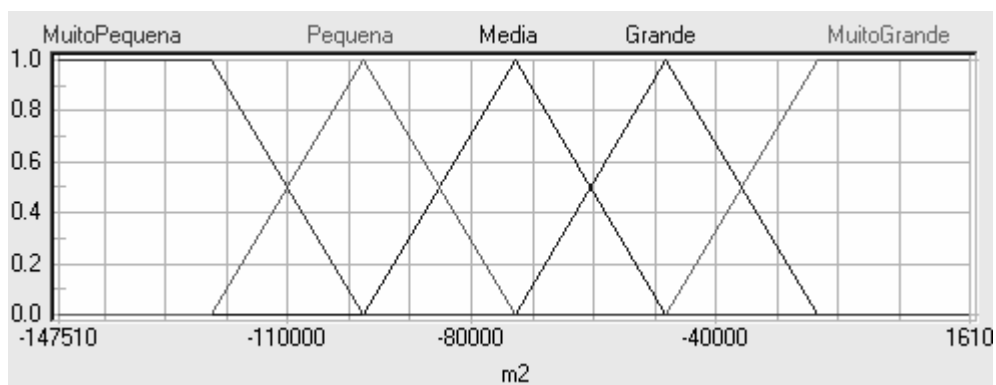
7) Variável de Entrada "Declividade"



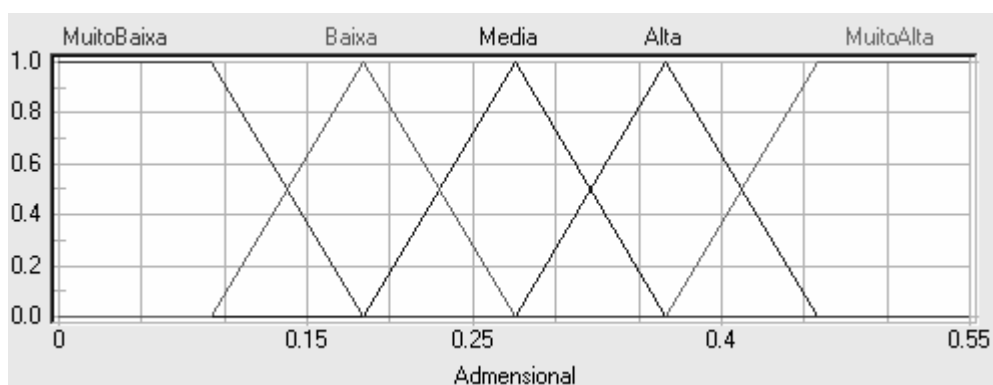
8) Variável de Entrada "ManguePerd2_5e4"



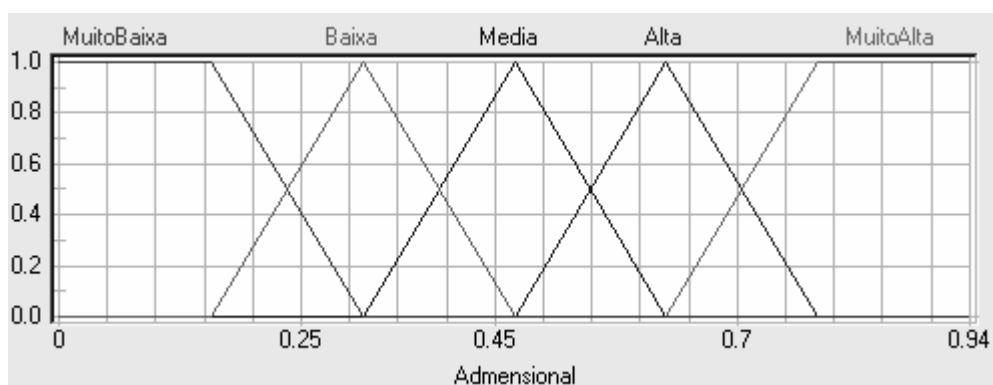
9) Variável de Entrada "ManguePerdInf2_5"



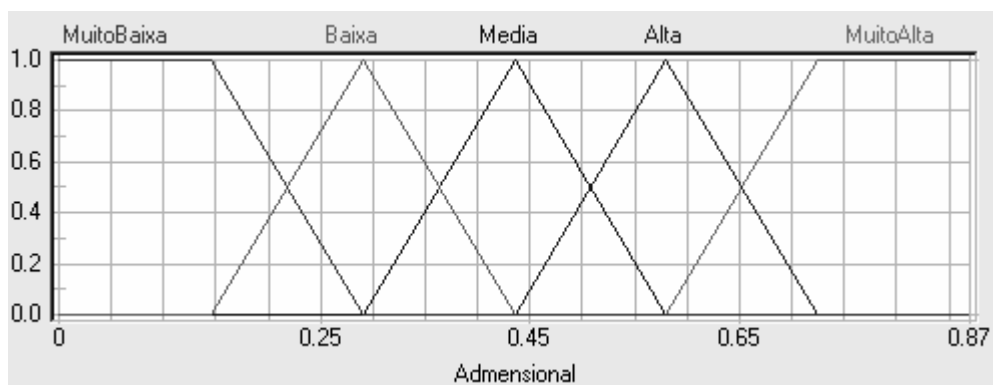
10) Variável de Entrada "RelADisp2_5e40"



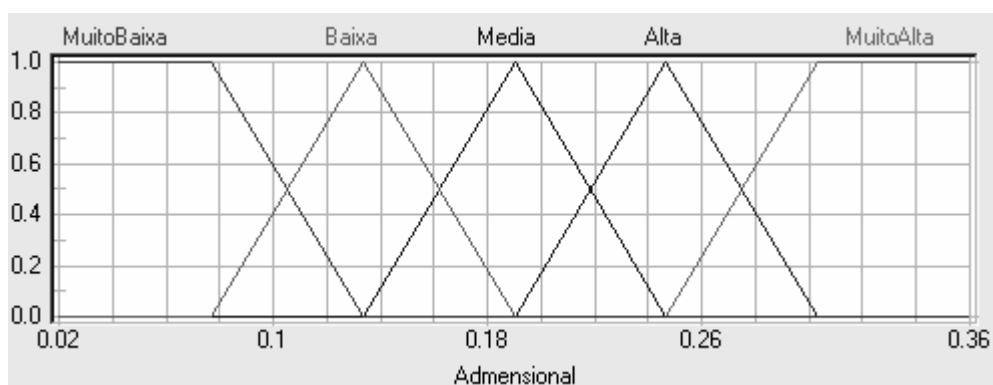
11) Variável de Entrada "RelADisp4_0e70"



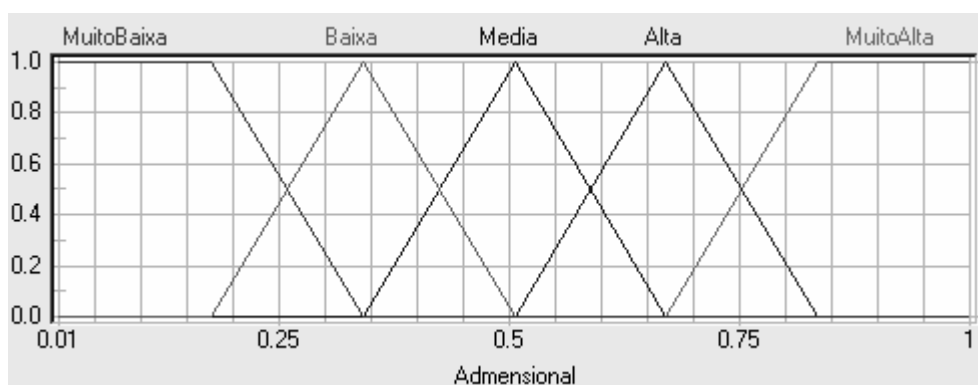
12) Variável de Entrada "RelADispAbaix7_0"



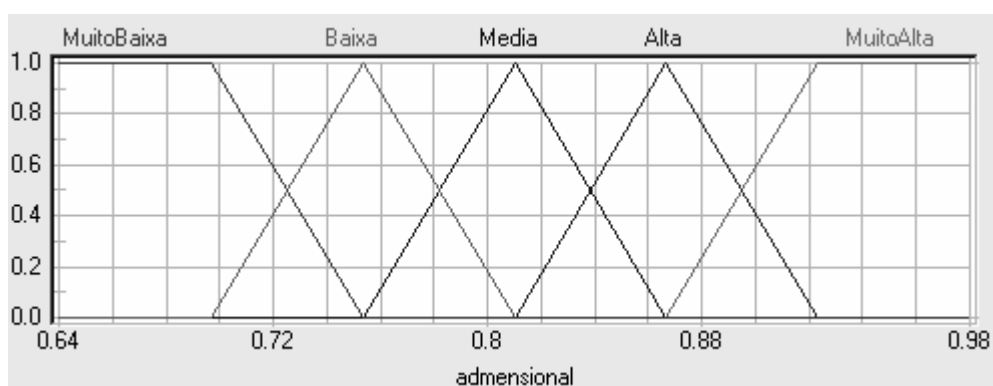
13) Variável de Entrada "RelADispAcima7_0"

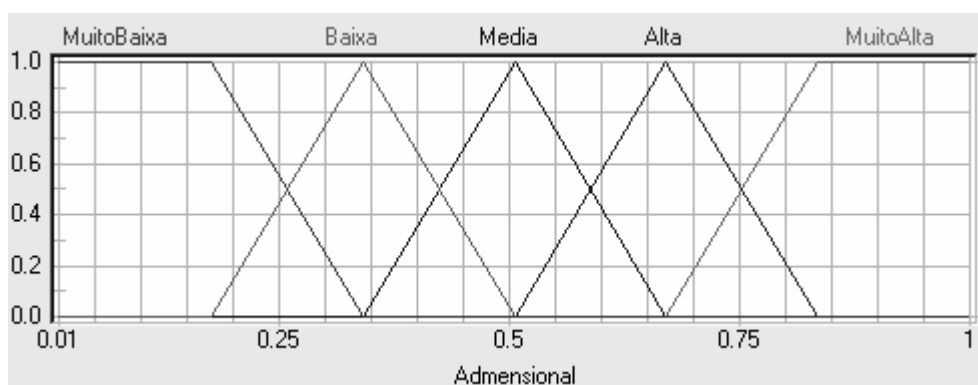
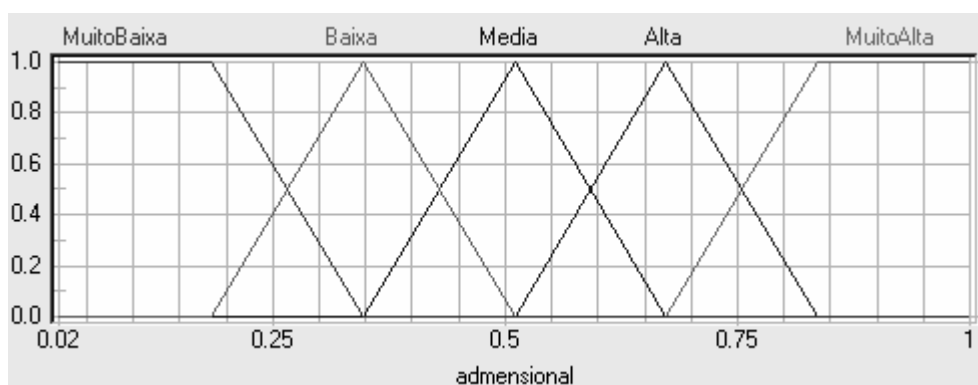
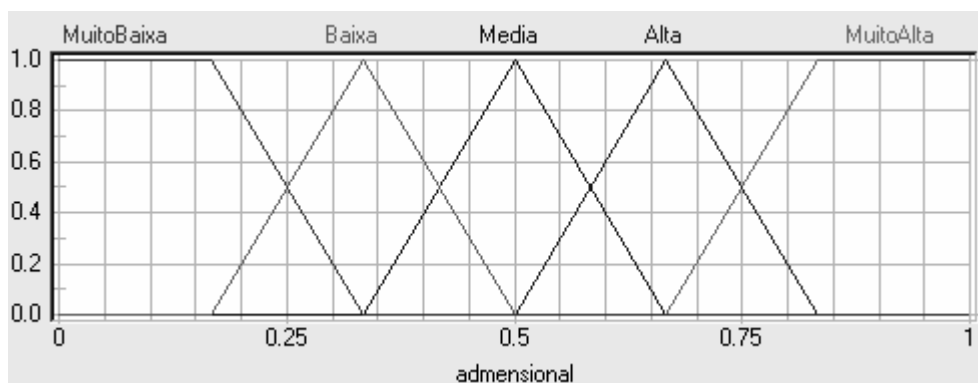


14) Variável de Entrada "RelAreaUrbAbaix7"

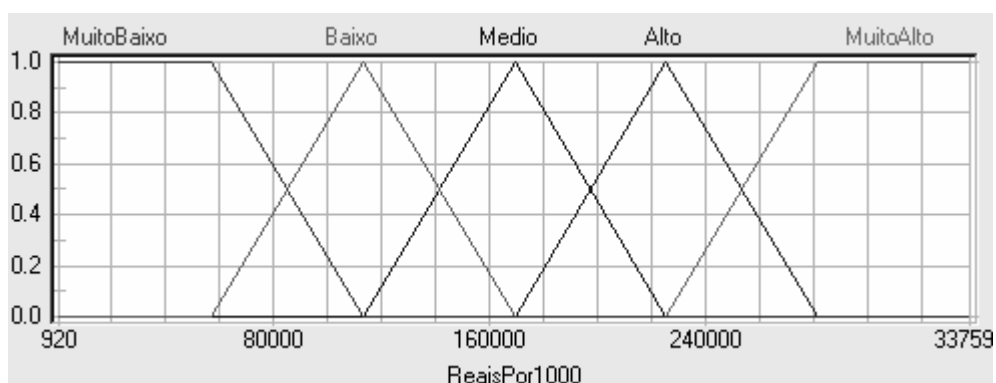


15) Variável de Entrada "RelAreaUrbAcima7"

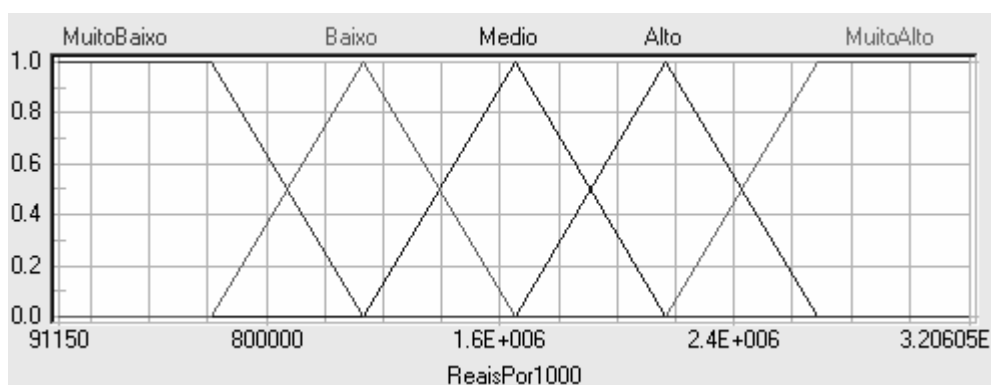


16) Variável de Entrada "RelUrb2_5e4"**17) Variável de Entrada "RelUrba4e7"****18) Variável de Entrada "RelUrbabaixo2_5"**

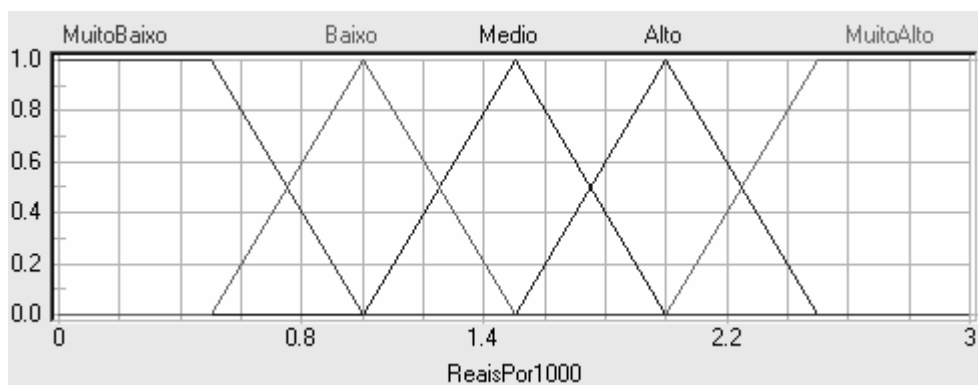
19) Variável de Entrada "ValorConstAbaix7"

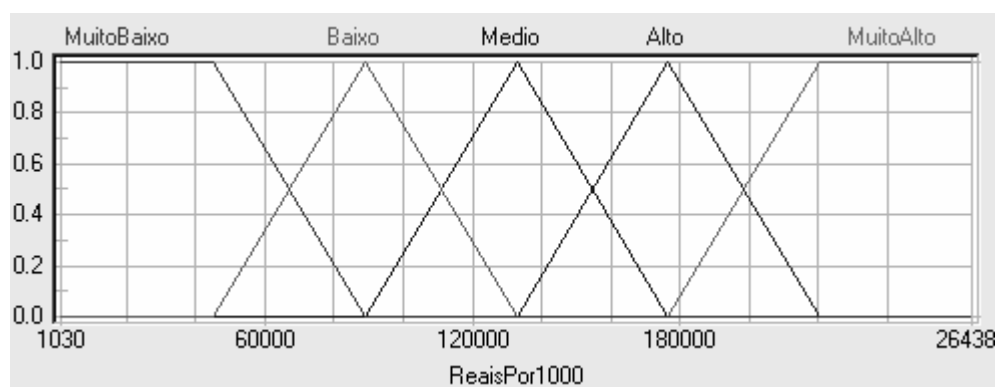


20) Variável de Entrada "ValorConstrAcim7"



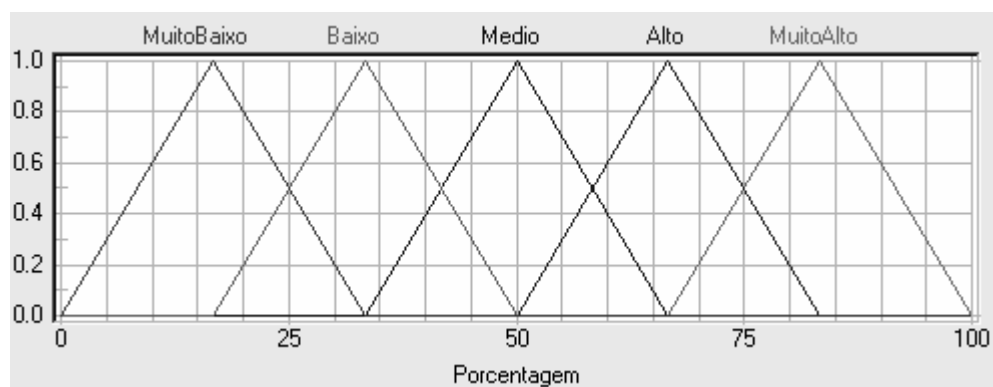
21) Variável de Entrada "ValorTerrAbaix7"



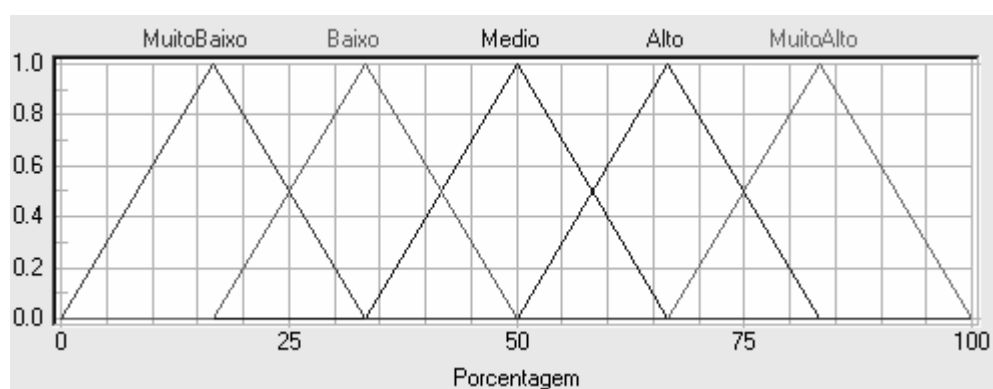
22) Variável de Entrada "ValorTerrAcim7"

Funções de Pertinência das Variáveis de Saída

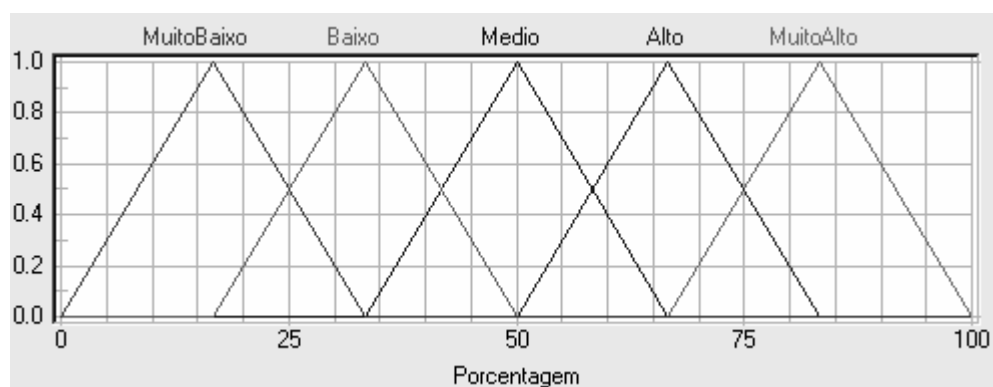
1) Variável de Saída "CruzAUrba2"



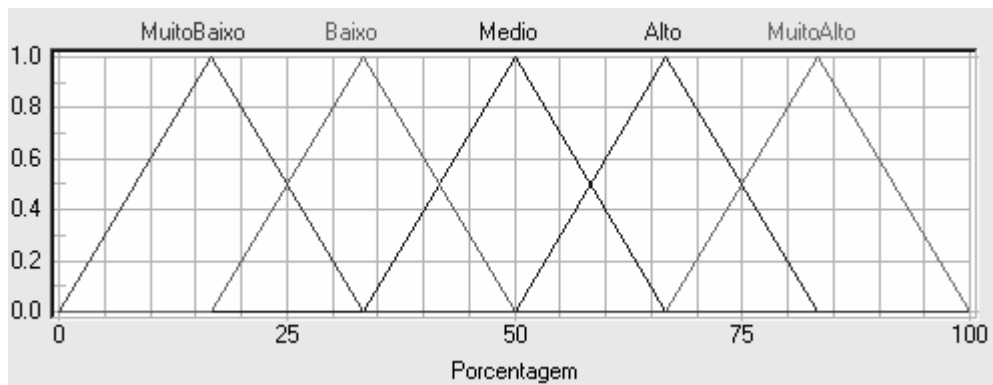
2) Variável de Saída "CruzAUrban1"



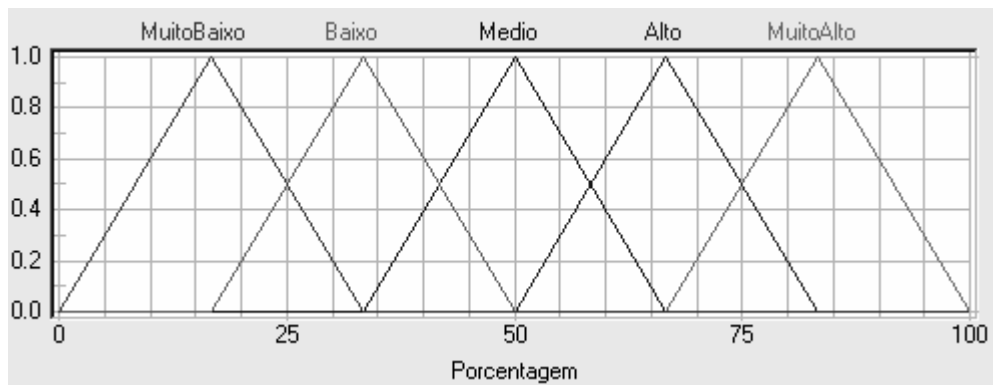
3) Variável de Saída "CruzManguePerdi"



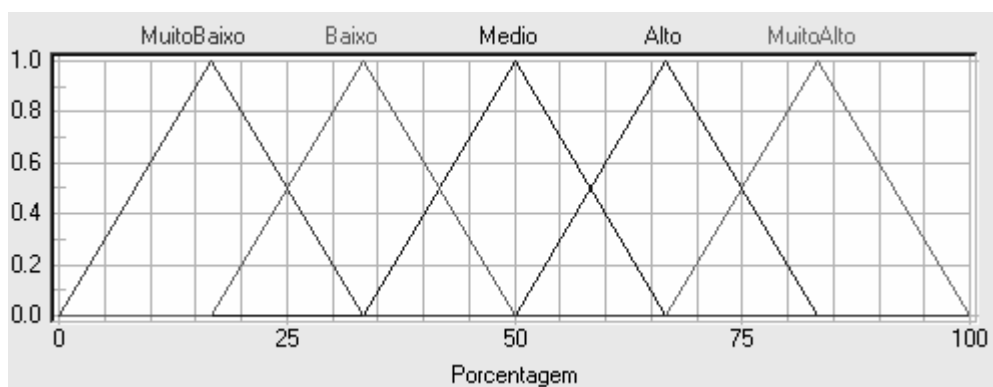
4) Variável de Saída "CruzmangueUrbDis"



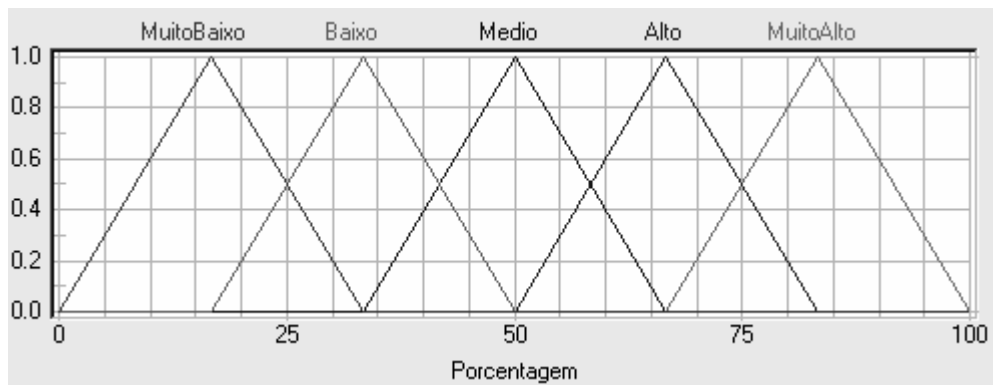
5) Variável de Saída "CruzRelEADisponi"



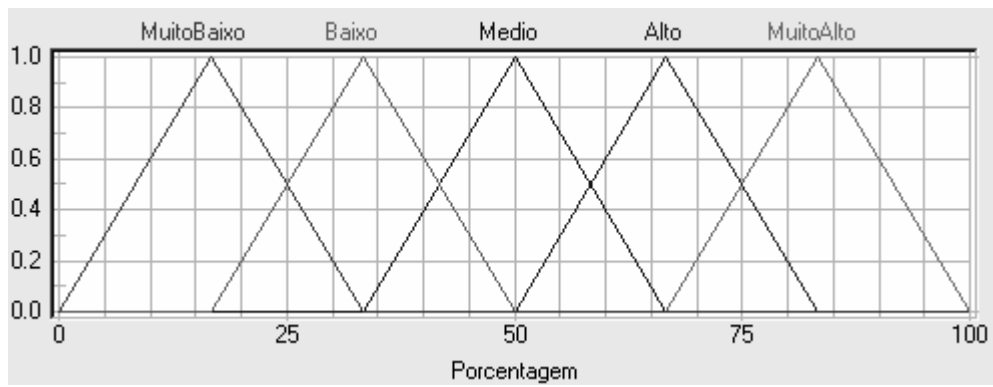
6) Variável de Saída "CruzRelUrb2"



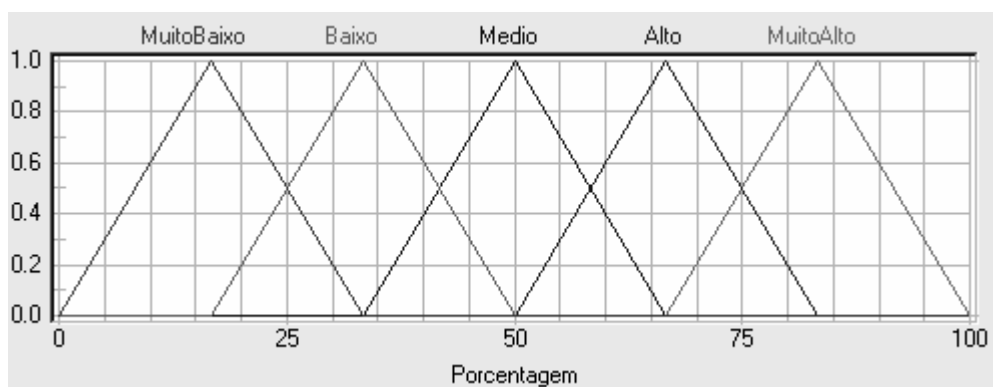
7) Variável de Saída "CruzRelUrba1"

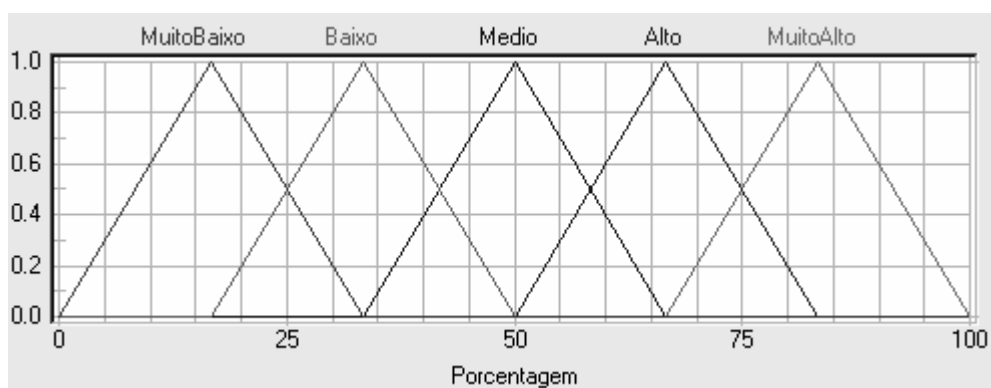
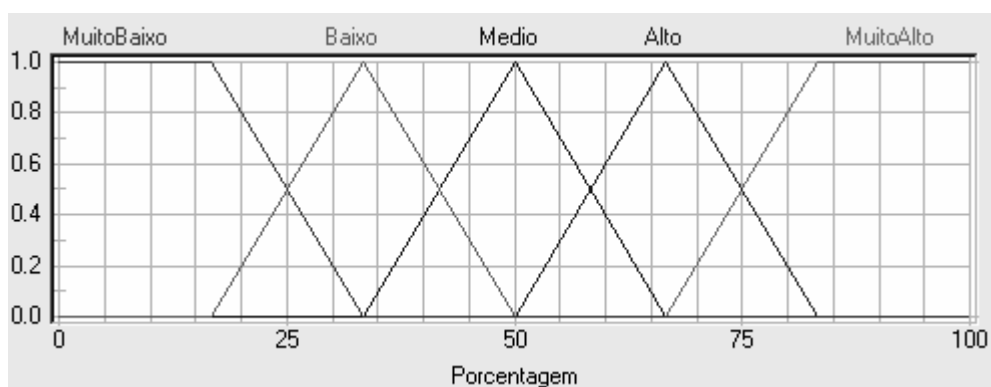
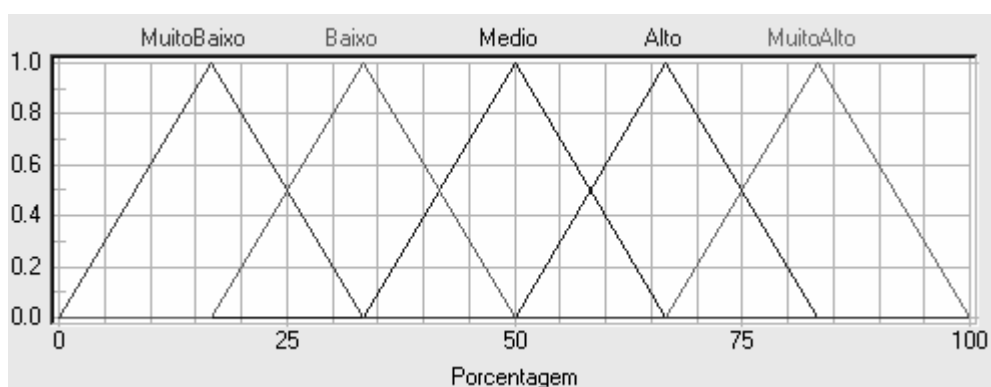


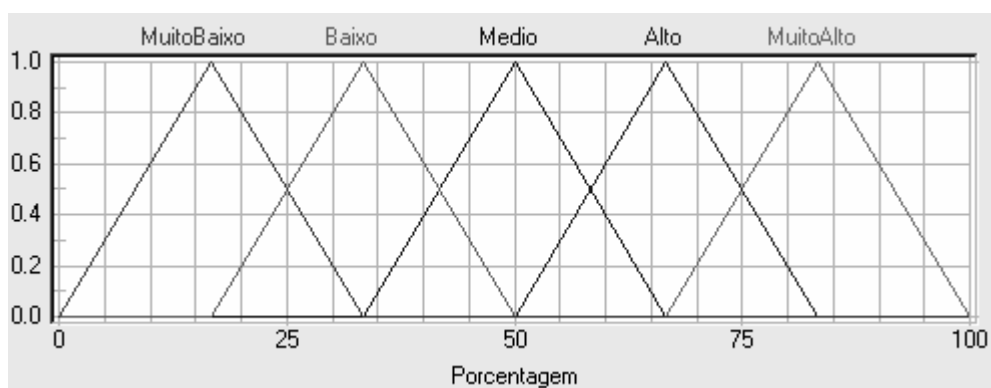
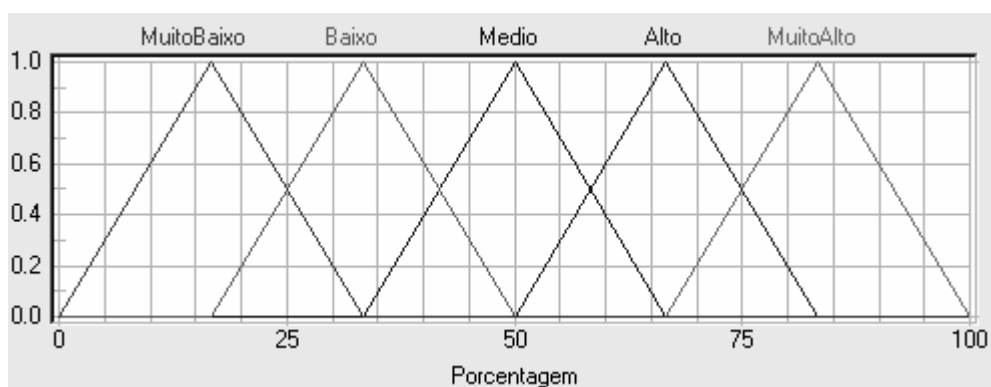
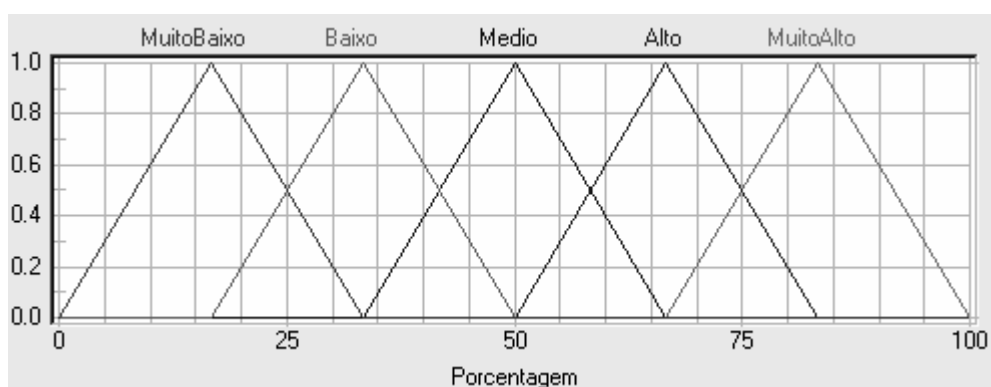
8) Variável de Saída "CrzValorDeclive"

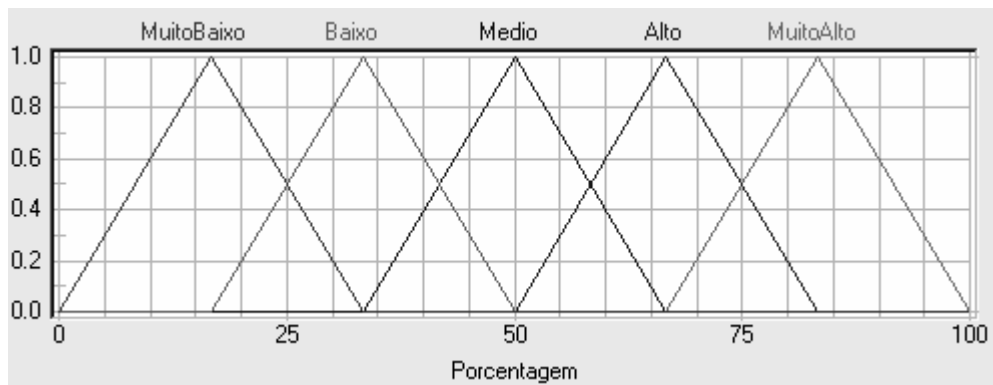
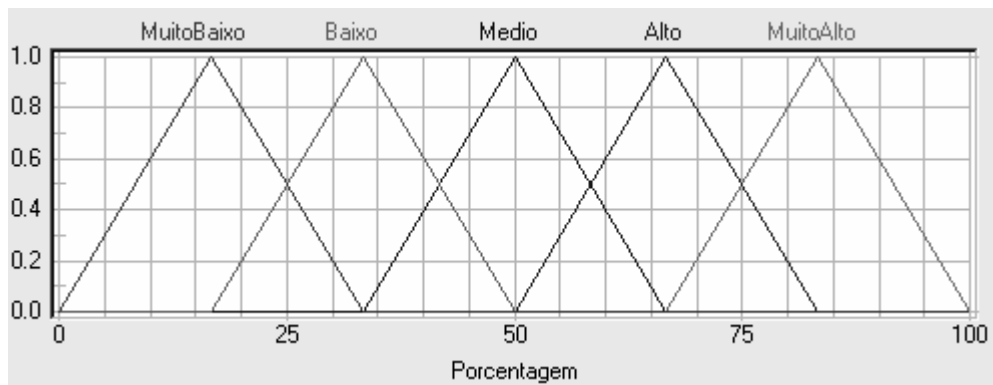
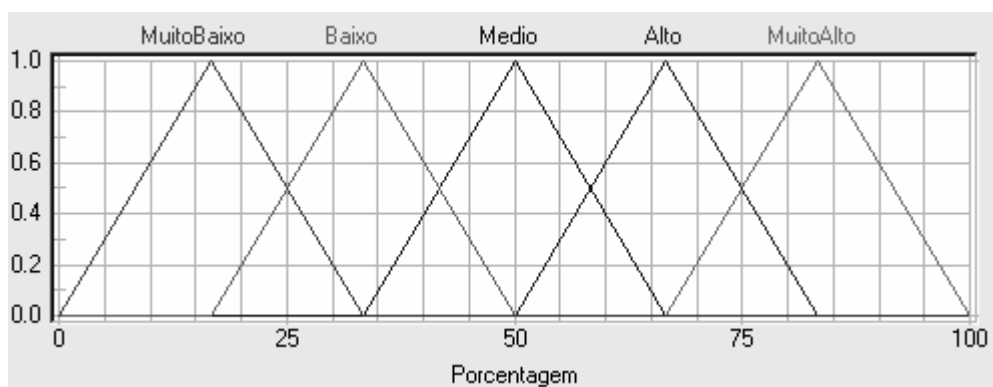


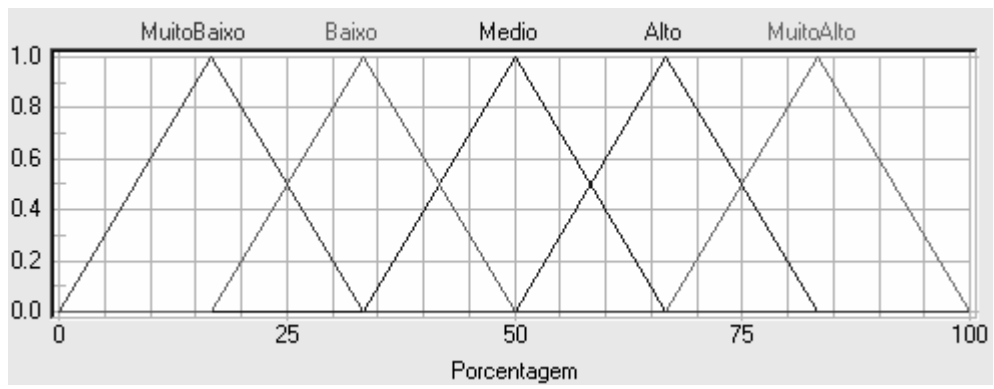
9) Variável de Saída "IVODM"



10) Variável de Saída "RelacoesFinais"**11) Variável de Saída "RelADipon2"****12) Variável de Saída "RelADispon1"**

13) Variável de Saída "ResCruzValor"**14) Variável de Saída "ResultAdisp"****15) Variável de Saída "ResultCruzUrba"**

16) Variável de Saída "ResValorAbaixo7"**17) Variável de Saída "ResValorAcima7"****18) Variável de Saída "SomaRelADispo1e2"**

19) Variável de Saída "UrbanaFinal"

APÊNDICE 2 Bases de Regras

1) Bloco de Regras "CruzAUrb1"

Base de Regras do cruzamento entre as variáveis (AreaUrb4_0e7_0) e (AreaUrbAcima7_0)

IF		THEN	
AreaUrb4_0e7_0	AreaUrbAcima7_0	DoS	CruzAUrb1
MuitoPequena	MuitoPequena	1.00	MuitoBaixo
MuitoPequena	Pequena	1.00	MuitoBaixo
MuitoPequena	Media	1.00	Baixo
MuitoPequena	Grande	1.00	Medio
MuitoPequena	MuitoGrande	1.00	Medio
Pequena	MuitoPequena	1.00	Baixo
Pequena	Pequena	1.00	Baixo
Pequena	Media	1.00	Medio
Pequena	Grande	1.00	Medio
Pequena	MuitoGrande	1.00	Medio
Media	MuitoPequena	1.00	Baixo
Media	Pequena	1.00	Medio
Media	Media	1.00	Medio
Media	Grande	1.00	Alto
Media	MuitoGrande	1.00	MuitoAlto
Grande	MuitoPequena	1.00	Medio
Grande	Pequena	1.00	Medio
Grande	Media	1.00	Alto
Grande	Grande	1.00	MuitoAlto
Grande	MuitoGrande	1.00	MuitoAlto
MuitoGrande	MuitoPequena	1.00	Medio
MuitoGrande	Pequena	1.00	Medio
MuitoGrande	Media	1.00	Alto
MuitoGrande	Grande	1.00	MuitoAlto
MuitoGrande	MuitoGrande	1.00	MuitoAlto

2) Bloco de Regras "CruzAurb2"

Base de Regras do cruzamento entre as variáveis (AreaUrb2_5e4_0) e (AreaUrbAbaixo2_5)

IF		THEN	
AreaUrb2_5e4_0	AreaUrbAbaixo2_5	DoS	CruzAurba2
MuitoPequena	MuitoPequena	1.00	MuitoBaixo
MuitoPequena	Pequena	1.00	MuitoBaixo
MuitoPequena	Media	1.00	Baixo
MuitoPequena	Grande	1.00	Medio
MuitoPequena	MuitoGrande	1.00	Medio
Pequena	MuitoPequena	1.00	Baixo
Pequena	Pequena	1.00	Baixo
Pequena	Media	1.00	Medio
Pequena	Grande	1.00	Medio
Pequena	MuitoGrande	1.00	Medio
Media	MuitoPequena	1.00	Baixo
Media	Pequena	1.00	Medio
Media	Media	1.00	Medio
Media	Grande	1.00	Alto
Media	MuitoGrande	1.00	MuitoAlto
Grande	MuitoPequena	1.00	Medio
Grande	Pequena	1.00	Medio
Grande	Media	1.00	Alto
Grande	Grande	1.00	MuitoAlto
Grande	MuitoGrande	1.00	MuitoAlto
MuitoGrande	MuitoPequena	1.00	Medio
MuitoGrande	Pequena	1.00	Medio
MuitoGrande	Media	1.00	Alto
MuitoGrande	Grande	1.00	MuitoAlto
MuitoGrande	MuitoGrande	1.00	MuitoAlto

3) Bloco de Regras "CruzMangueUrbanaDispo"

Base de Regras do cruzamento entre as variáveis (CruzManguePerdi) , (CruzRelEADisponi) e (UrbanaFinal)

IF			THEN	
CruzManguePerdi	CruzRelEADisponi	UrbanaFinal	DoS	CruzMangueUrbDis
MuitoBaixo	MuitoBaixo	MuitoBaixo	1.00	Baixo
MuitoBaixo	MuitoBaixo	Baixo	1.00	Baixo
MuitoBaixo	MuitoBaixo	Medio	1.00	Medio
MuitoBaixo	MuitoBaixo	Alto	1.00	Alto
MuitoBaixo	MuitoBaixo	MuitoAlto	1.00	MuitoAlto
MuitoBaixo	Baixo	MuitoBaixo	1.00	MuitoBaixo
MuitoBaixo	Baixo	Baixo	1.00	Baixo
MuitoBaixo	Baixo	Medio	1.00	Medio
MuitoBaixo	Baixo	Alto	1.00	Alto
MuitoBaixo	Baixo	MuitoAlto	1.00	MuitoAlto
MuitoBaixo	Medio	MuitoBaixo	1.00	MuitoBaixo
MuitoBaixo	Medio	Baixo	1.00	Baixo
MuitoBaixo	Medio	Medio	1.00	Medio
MuitoBaixo	Medio	Alto	1.00	Medio
MuitoBaixo	Medio	MuitoAlto	1.00	Alto
MuitoBaixo	Alto	MuitoBaixo	1.00	MuitoBaixo
MuitoBaixo	Alto	Baixo	1.00	MuitoBaixo
MuitoBaixo	Alto	Medio	1.00	Medio
MuitoBaixo	Alto	Alto	1.00	Alto
MuitoBaixo	Alto	MuitoAlto	1.00	Alto
MuitoBaixo	MuitoAlto	MuitoBaixo	1.00	MuitoBaixo
MuitoBaixo	MuitoAlto	Baixo	1.00	MuitoBaixo
MuitoBaixo	MuitoAlto	Medio	1.00	Medio
MuitoBaixo	MuitoAlto	Alto	1.00	Alto
MuitoBaixo	MuitoAlto	MuitoAlto	1.00	MuitoAlto
Baixo	MuitoBaixo	MuitoBaixo	1.00	Baixo
Baixo	MuitoBaixo	Baixo	1.00	Baixo
Baixo	MuitoBaixo	Medio	1.00	Medio
Baixo	MuitoBaixo	Alto	1.00	Alto
Baixo	MuitoBaixo	MuitoAlto	1.00	MuitoAlto
Baixo	Baixo	MuitoBaixo	1.00	Baixo
Baixo	Baixo	Baixo	1.00	Baixo
Baixo	Baixo	Medio	1.00	Medio
Baixo	Baixo	Alto	1.00	Alto
Baixo	Baixo	MuitoAlto	1.00	MuitoAlto
Baixo	Medio	MuitoBaixo	1.00	MuitoBaixo
Baixo	Medio	Baixo	1.00	MuitoBaixo
Baixo	Medio	Medio	1.00	Medio
Baixo	Medio	Alto	1.00	Alto
Baixo	Medio	MuitoAlto	1.00	MuitoAlto
Baixo	Alto	MuitoBaixo	1.00	MuitoBaixo

IF			THEN	
Baixo	Alto	Baixo	1.00	MuitoBaixo
Baixo	Alto	Medio	1.00	Medio
Baixo	Alto	Alto	1.00	Alto
Baixo	Alto	MuitoAlto	1.00	MuitoAlto
Baixo	MuitoAlto	MuitoBaixo	1.00	MuitoBaixo
Baixo	MuitoAlto	Baixo	1.00	MuitoBaixo
Baixo	MuitoAlto	Medio	1.00	Medio
Baixo	MuitoAlto	Alto	1.00	Alto
Baixo	MuitoAlto	MuitoAlto	1.00	Alto
Medio	MuitoBaixo	MuitoBaixo	1.00	Baixo
Medio	MuitoBaixo	Baixo	1.00	Baixo
Medio	MuitoBaixo	Medio	1.00	Medio
Medio	MuitoBaixo	Alto	1.00	Alto
Medio	MuitoBaixo	MuitoAlto	1.00	MuitoAlto
Medio	Baixo	MuitoBaixo	1.00	Baixo
Medio	Baixo	Baixo	1.00	Baixo
Medio	Baixo	Medio	1.00	Medio
Medio	Baixo	Alto	1.00	Alto
Medio	Baixo	MuitoAlto	1.00	MuitoAlto
Medio	Medio	MuitoBaixo	1.00	Medio
Medio	Medio	Baixo	1.00	Medio
Medio	Medio	Medio	1.00	Medio
Medio	Medio	Alto	1.00	Alto
Medio	Medio	MuitoAlto	1.00	MuitoAlto
Medio	Alto	MuitoBaixo	1.00	Baixo
Medio	Alto	Baixo	1.00	Baixo
Medio	Alto	Medio	1.00	Alto
Medio	Alto	Alto	1.00	Alto
Medio	Alto	MuitoAlto	1.00	MuitoAlto
Medio	MuitoAlto	MuitoBaixo	1.00	Baixo
Medio	MuitoAlto	Baixo	1.00	Baixo
Medio	MuitoAlto	Medio	1.00	Medio
Medio	MuitoAlto	Alto	1.00	Alto
Medio	MuitoAlto	MuitoAlto	1.00	MuitoAlto
Alto	MuitoBaixo	MuitoBaixo	1.00	MuitoBaixo
Alto	MuitoBaixo	Baixo	1.00	Baixo
Alto	MuitoBaixo	Medio	1.00	Medio
Alto	MuitoBaixo	Alto	1.00	Alto
Alto	MuitoBaixo	MuitoAlto	1.00	MuitoAlto
Alto	Baixo	MuitoBaixo	1.00	Baixo
Alto	Baixo	Baixo	1.00	Baixo
Alto	Baixo	Medio	1.00	Medio
Alto	Baixo	Alto	1.00	Alto
Alto	Baixo	MuitoAlto	1.00	MuitoAlto
Alto	Medio	MuitoBaixo	1.00	Baixo
Alto	Medio	Baixo	1.00	Medio

IF			THEN	
Alto	Medio	Medio	1.00	Medio
Alto	Medio	Alto	1.00	Alto
Alto	Medio	MuitoAlto	1.00	MuitoAlto
Alto	Alto	MuitoBaixo	1.00	Baixo
Alto	Alto	Baixo	1.00	Baixo
Alto	Alto	Medio	1.00	Medio
Alto	Alto	Alto	1.00	Alto
Alto	Alto	MuitoAlto	1.00	MuitoAlto
Alto	MuitoAlto	MuitoBaixo	1.00	Baixo
Alto	MuitoAlto	Baixo	1.00	Baixo
Alto	MuitoAlto	Medio	1.00	Medio
Alto	MuitoAlto	Alto	1.00	Alto
Alto	MuitoAlto	MuitoAlto	1.00	MuitoAlto
MuitoAlto	MuitoBaixo	MuitoBaixo	1.00	Medio
MuitoAlto	MuitoBaixo	Baixo	1.00	Medio
MuitoAlto	MuitoBaixo	Medio	1.00	Alto
MuitoAlto	MuitoBaixo	Alto	1.00	Alto
MuitoAlto	MuitoBaixo	MuitoAlto	1.00	MuitoAlto
MuitoAlto	Baixo	MuitoBaixo	1.00	Baixo
MuitoAlto	Baixo	Baixo	1.00	Medio
MuitoAlto	Baixo	Medio	1.00	Alto
MuitoAlto	Baixo	Alto	1.00	Alto
MuitoAlto	Baixo	MuitoAlto	1.00	MuitoAlto
MuitoAlto	Medio	MuitoBaixo	1.00	Baixo
MuitoAlto	Medio	Baixo	1.00	Baixo
MuitoAlto	Medio	Medio	1.00	Medio
MuitoAlto	Medio	Alto	1.00	Alto
MuitoAlto	Medio	MuitoAlto	1.00	MuitoAlto
MuitoAlto	Alto	MuitoBaixo	1.00	Baixo
MuitoAlto	Alto	Baixo	1.00	Baixo
MuitoAlto	Alto	Medio	1.00	Alto
MuitoAlto	Alto	Alto	1.00	Alto
MuitoAlto	Alto	MuitoAlto	1.00	MuitoAlto
MuitoAlto	MuitoAlto	MuitoBaixo	1.00	Baixo
MuitoAlto	MuitoAlto	Baixo	1.00	Baixo
MuitoAlto	MuitoAlto	Medio	1.00	Alto
MuitoAlto	MuitoAlto	Alto	1.00	MuitoAlto
MuitoAlto	MuitoAlto	MuitoAlto	1.00	MuitoAlto

4) Bloco de Regras "CruzPerdaMANGUE"

Base de Regras do cruzamento entre as variáveis (ManguePerd2_5e4) e (ManguePerdInf2_5)

IF		THEN	
ManguePerd2_5e4	ManguePerdInf2_5	DoS	CruzManguePerdi
MuitoPequena	MuitoPequena	1.00	MuitoBaixo
MuitoPequena	Pequena	1.00	MuitoBaixo
MuitoPequena	Media	1.00	Baixo
MuitoPequena	Grande	1.00	Medio
MuitoPequena	MuitoGrande	1.00	Medio
Pequena	MuitoPequena	1.00	Baixo
Pequena	Pequena	1.00	Baixo
Pequena	Media	1.00	Medio
Pequena	Grande	1.00	Medio
Pequena	MuitoGrande	1.00	Medio
Media	MuitoPequena	1.00	Baixo
Media	Pequena	1.00	Medio
Media	Media	1.00	Medio
Media	Grande	1.00	Alto
Media	MuitoGrande	1.00	MuitoAlto
Grande	MuitoPequena	1.00	Medio
Grande	Pequena	1.00	Medio
Grande	Media	1.00	Alto
Grande	Grande	1.00	MuitoAlto
Grande	MuitoGrande	1.00	MuitoAlto
MuitoGrande	MuitoPequena	1.00	Medio
MuitoGrande	Pequena	1.00	Medio
MuitoGrande	Media	1.00	Alto
MuitoGrande	Grande	1.00	MuitoAlto
MuitoGrande	MuitoGrande	1.00	MuitoAlto

5) Bloco de Regras "CruzRelUrbal"

Base de Regras do cruzamento das variáveis (RelAreaUrbAbaixo7) e (RelAreaUrbAcima7)

IF		THEN	
RelAreaUrbAbaix7	RelAreaUrbAcima7	DoS	CruzRelUrbal
MuitoBaixa	MuitoBaixa	1.00	MuitoBaixo
MuitoBaixa	Baixa	1.00	MuitoBaixo
MuitoBaixa	Media	1.00	Baixo
MuitoBaixa	Alta	1.00	Medio
MuitoBaixa	MuitoAlta	1.00	Medio
Baixa	MuitoBaixa	1.00	Baixo
Baixa	Baixa	1.00	Baixo
Baixa	Media	1.00	Medio
Baixa	Alta	1.00	Medio
Baixa	MuitoAlta	1.00	Medio
Media	MuitoBaixa	1.00	Baixo
Media	Baixa	1.00	Medio
Media	Media	1.00	Medio
Media	Alta	1.00	Alto
Media	MuitoAlta	1.00	MuitoAlto
Alta	MuitoBaixa	1.00	Medio
Alta	Baixa	1.00	Medio
Alta	Media	1.00	Alto
Alta	Alta	1.00	MuitoAlto
Alta	MuitoAlta	1.00	MuitoAlto
MuitoAlta	MuitoBaixa	1.00	Medio
MuitoAlta	Baixa	1.00	Medio
MuitoAlta	Media	1.00	Alto
MuitoAlta	Alta	1.00	MuitoAlto
MuitoAlta	MuitoAlta	1.00	MuitoAlto

6) Bloco de Regras "CruzRelUrba2"

Base de Regras do cruzamento das variáveis (RelUrb2_5e4) e (RelUrba4e7)

IF		THEN	
RelUrb2_5e4	RelUrba4e7	DoS	CruzRelUrb2
MuitoBaixa	MuitoBaixa	1.00	MuitoBaixo
MuitoBaixa	Baixa	1.00	MuitoBaixo
MuitoBaixa	Media	1.00	Baixo
MuitoBaixa	Alta	1.00	Medio
MuitoBaixa	MuitoAlta	1.00	Medio
Baixa	MuitoBaixa	1.00	Baixo
Baixa	Baixa	1.00	Baixo
Baixa	Media	1.00	Medio
Baixa	Alta	1.00	Medio
Baixa	MuitoAlta	1.00	Medio
Media	MuitoBaixa	1.00	Baixo
Media	Baixa	1.00	Medio
Media	Media	1.00	Medio
Media	Alta	1.00	Alto
Media	MuitoAlta	1.00	MuitoAlto
Alta	MuitoBaixa	1.00	Medio
Alta	Baixa	1.00	Medio
Alta	Media	1.00	Alto
Alta	Alta	1.00	MuitoAlto
Alta	MuitoAlta	1.00	MuitoAlto
MuitoAlta	MuitoBaixa	1.00	Medio
MuitoAlta	Baixa	1.00	Medio
MuitoAlta	Media	1.00	Alto
MuitoAlta	Alta	1.00	MuitoAlto
MuitoAlta	MuitoAlta	1.00	MuitoAlto

7) Bloco de Regras "CruzValorAbaixo7"

Base de Regras do cruzamento entre as variáveis (ValorConstAbaix7) e (ValorTerrAbaix7)

IF		THEN	
ValorConstAbaix7	ValorTerrAbaix7	DoS	ResValorAbaixo7
MuitoBaixo	MuitoBaixo	1.00	MuitoBaixo
MuitoBaixo	Baixo	1.00	MuitoBaixo
MuitoBaixo	Medio	1.00	Baixo
MuitoBaixo	Alto	1.00	Medio
MuitoBaixo	MuitoAlto	1.00	Medio
Baixo	MuitoBaixo	1.00	Baixo
Baixo	Baixo	1.00	Baixo
Baixo	Medio	1.00	Medio
Baixo	Alto	1.00	Medio
Baixo	MuitoAlto	1.00	Medio
Medio	MuitoBaixo	1.00	Baixo
Medio	Baixo	1.00	Medio
Medio	Medio	1.00	Medio
Medio	Alto	1.00	Alto
Medio	MuitoAlto	1.00	MuitoAlto
Alto	MuitoBaixo	1.00	Medio
Alto	Baixo	1.00	Medio
Alto	Medio	1.00	Alto
Alto	Alto	1.00	MuitoAlto
Alto	MuitoAlto	1.00	MuitoAlto
MuitoAlto	MuitoBaixo	1.00	Medio
MuitoAlto	Baixo	1.00	Medio
MuitoAlto	Medio	1.00	Alto
MuitoAlto	Alto	1.00	MuitoAlto
MuitoAlto	MuitoAlto	1.00	MuitoAlto

8) Bloco de Regras "CruzValorAcima7"

Base de Regras do cruzamento entre as variáveis (ValorConstrAcim7) e (ValorTerrAcim7)

IF		THEN	
ValorConstrAcim7	ValorTerrAcim7	DoS	ResValorAcima7
MuitoBaixo	MuitoBaixo	1.00	MuitoBaixo
MuitoBaixo	Baixo	1.00	MuitoBaixo
MuitoBaixo	Medio	1.00	Baixo
MuitoBaixo	Alto	1.00	Medio
MuitoBaixo	MuitoAlto	1.00	Medio
Baixo	MuitoBaixo	1.00	Baixo
Baixo	Baixo	1.00	Baixo
Baixo	Medio	1.00	Medio
Baixo	Alto	1.00	Medio
Baixo	MuitoAlto	1.00	Medio
Medio	MuitoBaixo	1.00	Baixo
Medio	Baixo	1.00	Medio
Medio	Medio	1.00	Medio
Medio	Alto	1.00	Alto
Medio	MuitoAlto	1.00	MuitoAlto
Alto	MuitoBaixo	1.00	Medio
Alto	Baixo	1.00	Medio
Alto	Medio	1.00	Alto
Alto	Alto	1.00	MuitoAlto
Alto	MuitoAlto	1.00	MuitoAlto
MuitoAlto	MuitoBaixo	1.00	Medio
MuitoAlto	Baixo	1.00	Medio
MuitoAlto	Medio	1.00	Alto
MuitoAlto	Alto	1.00	MuitoAlto
MuitoAlto	MuitoAlto	1.00	MuitoAlto

9) Bloco de Regras "CruzValorDeclive"

Base de Regras do cruzamento das variáveis (Declividade) e (ResCruzValor)

IF		THEN	
Declividade	ResCruzValor	DoS	CrzValorDeclive
MuitoBaixa	MuitoBaixo	1.00	MuitoBaixo
MuitoBaixa	Baixo	1.00	Baixo
MuitoBaixa	Medio	1.00	Alto
MuitoBaixa	Alto	1.00	MuitoAlto
MuitoBaixa	MuitoAlto	1.00	MuitoAlto
Baixa	MuitoBaixo	1.00	Baixo
Baixa	Baixo	1.00	Baixo
Baixa	Medio	1.00	Alto
Baixa	Alto	1.00	MuitoAlto
Baixa	MuitoAlto	1.00	MuitoAlto
Media	MuitoBaixo	1.00	Baixo
Media	Baixo	1.00	Baixo
Media	Medio	1.00	Medio
Media	Alto	1.00	Alto
Media	MuitoAlto	1.00	Alto
Alta	MuitoBaixo	1.00	MuitoBaixo
Alta	Baixo	1.00	Baixo
Alta	Medio	1.00	Baixo
Alta	Alto	1.00	Medio
Alta	MuitoAlto	1.00	Medio
MuitoAlta	MuitoBaixo	1.00	MuitoBaixo
MuitoAlta	Baixo	1.00	MuitoBaixo
MuitoAlta	Medio	1.00	Baixo
MuitoAlta	Alto	1.00	Medio
MuitoAlta	MuitoAlto	1.00	Alto

10) Bloco de Regras "IVODM"

Base de Regras do Cruzamento entre as variáveis (CruzMangueUrbDis) e (CrzValorDeclive)

IF		THEN	
CruzMangueUrbDis	CrzValorDeclive	DoS	IVODM
MuitoBaixo	MuitoBaixo	1.00	MuitoBaixo
MuitoBaixo	Baixo	1.00	MuitoBaixo
MuitoBaixo	Medio	1.00	Baixo
MuitoBaixo	Alto	1.00	Medio
MuitoBaixo	MuitoAlto	1.00	Medio
Baixo	MuitoBaixo	1.00	Baixo
Baixo	Baixo	1.00	Baixo
Baixo	Medio	1.00	Medio
Baixo	Alto	1.00	Medio
Baixo	MuitoAlto	1.00	Medio
Medio	MuitoBaixo	1.00	Baixo
Medio	Baixo	1.00	Medio
Medio	Medio	1.00	Medio
Medio	Alto	1.00	Alto
Medio	MuitoAlto	1.00	MuitoAlto
Alto	MuitoBaixo	1.00	Medio
Alto	Baixo	1.00	Medio
Alto	Medio	1.00	Alto
Alto	Alto	1.00	MuitoAlto
Alto	MuitoAlto	1.00	MuitoAlto
MuitoAlto	MuitoBaixo	1.00	Medio
MuitoAlto	Baixo	1.00	Medio
MuitoAlto	Medio	1.00	Alto
MuitoAlto	Alto	1.00	MuitoAlto
MuitoAlto	MuitoAlto	1.00	MuitoAlto

11) Bloco de Regras "RegraAreaDisponivelFinal"

Base de Regras do Cruzamento entre as variáveis (ResultAdisp) e (SomaRelADispo1e2)

IF		THEN	
ResultAdisp	SomaRelADispo1e2	DoS	CruzRelEADisponi
MuitoBaixo	MuitoBaixo	1.00	MuitoAlto
MuitoBaixo	Baixo	1.00	MuitoAlto
MuitoBaixo	Medio	1.00	Alto
MuitoBaixo	Alto	1.00	Medio
MuitoBaixo	MuitoAlto	1.00	Medio
Baixo	MuitoBaixo	1.00	MuitoAlto
Baixo	Baixo	1.00	Alto
Baixo	Medio	1.00	Alto
Baixo	Alto	1.00	Medio
Baixo	MuitoAlto	1.00	Medio
Medio	MuitoBaixo	1.00	Medio
Medio	Baixo	1.00	Medio
Medio	Medio	1.00	Medio
Medio	Alto	1.00	Baixo
Medio	MuitoAlto	1.00	Baixo
Alto	MuitoBaixo	1.00	Medio
Alto	Baixo	1.00	Medio
Alto	Medio	1.00	Baixo
Alto	Alto	1.00	Baixo
Alto	MuitoAlto	1.00	MuitoBaixo
MuitoAlto	MuitoBaixo	1.00	Medio
MuitoAlto	Baixo	1.00	Medio
MuitoAlto	Medio	1.00	Baixo
MuitoAlto	Alto	1.00	MuitoBaixo
MuitoAlto	MuitoAlto	1.00	MuitoBaixo

12) Bloco de Regras "RelacoesADispon1"

Base de Regras do Cruzamento entre as Variáveis (RelADispAbaix7_0) e (RelADispAcima7_0)

IF		THEN	
RelADispAbaix7_0	RelADispAcima7_0	DoS	RelADispon1
MuitoBaixa	MuitoBaixa	1.00	MuitoAlto
MuitoBaixa	Baixa	1.00	MuitoAlto
MuitoBaixa	Media	1.00	Alto
MuitoBaixa	Alta	1.00	Medio
MuitoBaixa	MuitoAlta	1.00	Medio
Baixa	MuitoBaixa	1.00	Alto
Baixa	Baixa	1.00	Alto
Baixa	Media	1.00	Medio
Baixa	Alta	1.00	Medio
Baixa	MuitoAlta	1.00	Medio
Media	MuitoBaixa	1.00	Alto
Media	Baixa	1.00	Medio
Media	Media	1.00	Medio
Media	Alta	1.00	Baixo
Media	MuitoAlta	1.00	MuitoBaixo
Alta	MuitoBaixa	1.00	Medio
Alta	Baixa	1.00	Medio
Alta	Media	1.00	Baixo
Alta	Alta	1.00	MuitoBaixo
Alta	MuitoAlta	1.00	MuitoBaixo
MuitoAlta	MuitoBaixa	1.00	Medio
MuitoAlta	Baixa	1.00	Medio
MuitoAlta	Media	1.00	Baixo
MuitoAlta	Alta	1.00	MuitoBaixo
MuitoAlta	MuitoAlta	1.00	MuitoBaixo

13) Bloco de Regras "RelacoesADispon2"

Base de Regras do cruzamento entre as variáveis (RelADisp2_5e40) e (RelADisp4_0e70)

IF		THEN	
RelADisp2_5e40	RelADisp4_0e70	DoS	RelADipon2
MuitoBaixa	MuitoBaixa	1.00	MuitoAlto
MuitoBaixa	Baixa	1.00	MuitoAlto
MuitoBaixa	Media	1.00	Alto
MuitoBaixa	Alta	1.00	Medio
MuitoBaixa	MuitoAlta	1.00	Medio
Baixa	MuitoBaixa	1.00	MuitoAlto
Baixa	Baixa	1.00	Alto
Baixa	Media	1.00	Alto
Baixa	Alta	1.00	Medio
Baixa	MuitoAlta	1.00	Medio
Media	MuitoBaixa	1.00	Medio
Media	Baixa	1.00	Medio
Media	Media	1.00	Medio
Media	Alta	1.00	Baixo
Media	MuitoAlta	1.00	Baixo
Alta	MuitoBaixa	1.00	Medio
Alta	Baixa	1.00	Medio
Alta	Media	1.00	Baixo
Alta	Alta	1.00	Baixo
Alta	MuitoAlta	1.00	MuitoBaixo
MuitoAlta	MuitoBaixa	1.00	Medio
MuitoAlta	Baixa	1.00	Medio
MuitoAlta	Media	1.00	Baixo
MuitoAlta	Alta	1.00	MuitoBaixo
MuitoAlta	MuitoAlta	1.00	MuitoBaixo

14) Bloco de Regras "RelacoesFinais"

Base de Regras do Cruzamento entre as variáveis (RelUrbabaixo2_5), (CruzRelUrb2) e (CruzRelUrb1)

IF			THEN	
CruzRelUrb2	CruzRelUrb1	RelUrbabaixo2_5	DoS	RelacoesFinais
MuitoBaixo	MuitoBaixo	MuitoBaixa	1.00	MuitoBaixo
MuitoBaixo	MuitoBaixo	Baixa	1.00	MuitoBaixo
MuitoBaixo	MuitoBaixo	Media	1.00	Baixo
MuitoBaixo	MuitoBaixo	Alta	1.00	Medio
MuitoBaixo	MuitoBaixo	MuitoAlta	1.00	Alto
MuitoBaixo	Baixo	MuitoBaixa	1.00	MuitoBaixo
MuitoBaixo	Baixo	Baixa	1.00	Baixo
MuitoBaixo	Baixo	Media	1.00	Baixo
MuitoBaixo	Baixo	Alta	1.00	Alto
MuitoBaixo	Baixo	MuitoAlta	1.00	Alto
MuitoBaixo	Medio	MuitoBaixa	1.00	Medio
MuitoBaixo	Medio	Baixa	1.00	Medio
MuitoBaixo	Medio	Media	1.00	Medio
MuitoBaixo	Medio	Alta	1.00	Alto
MuitoBaixo	Medio	MuitoAlta	1.00	MuitoAlto
MuitoBaixo	Alto	MuitoBaixa	1.00	Alto
MuitoBaixo	Alto	Baixa	1.00	Alto
MuitoBaixo	Alto	Media	1.00	Alto
MuitoBaixo	Alto	Alta	1.00	Alto
MuitoBaixo	Alto	MuitoAlta	1.00	MuitoAlto
MuitoBaixo	MuitoAlto	MuitoBaixa	1.00	MuitoAlto
MuitoBaixo	MuitoAlto	Baixa	1.00	MuitoAlto
MuitoBaixo	MuitoAlto	Media	1.00	MuitoAlto
MuitoBaixo	MuitoAlto	Alta	1.00	MuitoAlto
MuitoBaixo	MuitoAlto	MuitoAlta	1.00	MuitoAlto
Baixo	MuitoBaixo	MuitoBaixa	1.00	MuitoBaixo
Baixo	MuitoBaixo	Baixa	1.00	MuitoBaixo
Baixo	MuitoBaixo	Media	1.00	Medio
Baixo	MuitoBaixo	Alta	1.00	Alto
Baixo	MuitoBaixo	MuitoAlta	1.00	MuitoAlto
Baixo	Baixo	MuitoBaixa	1.00	MuitoBaixo
Baixo	Baixo	Baixa	1.00	Baixo
Baixo	Baixo	Media	1.00	Medio
Baixo	Baixo	Alta	1.00	Alto
Baixo	Baixo	MuitoAlta	1.00	MuitoAlto
Baixo	Medio	MuitoBaixa	1.00	Medio
Baixo	Medio	Baixa	1.00	Medio
Baixo	Medio	Media	1.00	Medio
Baixo	Medio	Alta	1.00	Alto
Baixo	Medio	MuitoAlta	1.00	MuitoAlto
Baixo	Alto	MuitoBaixa	1.00	Alto

IF			THEN	
Baixo	Alto	Baixa	1.00	Alto
Baixo	Alto	Media	1.00	Alto
Baixo	Alto	Alta	1.00	Alto
Baixo	Alto	MuitoAlta	1.00	MuitoAlto
Baixo	MuitoAlto	MuitoBaixa	1.00	MuitoAlto
Baixo	MuitoAlto	Baixa	1.00	MuitoAlto
Baixo	MuitoAlto	Media	1.00	MuitoAlto
Baixo	MuitoAlto	Alta	1.00	MuitoAlto
Baixo	MuitoAlto	MuitoAlta	1.00	MuitoAlto
Medio	MuitoBaixo	MuitoBaixa	1.00	Medio
Medio	MuitoBaixo	Baixa	1.00	Medio
Medio	MuitoBaixo	Media	1.00	Medio
Medio	MuitoBaixo	Alta	1.00	Alto
Medio	MuitoBaixo	MuitoAlta	1.00	MuitoAlto
Medio	Baixo	MuitoBaixa	1.00	Medio
Medio	Baixo	Baixa	1.00	Medio
Medio	Baixo	Media	1.00	Medio
Medio	Baixo	Alta	1.00	Alto
Medio	Baixo	MuitoAlta	1.00	MuitoAlto
Medio	Medio	MuitoBaixa	1.00	Medio
Medio	Medio	Baixa	1.00	Medio
Medio	Medio	Media	1.00	Medio
Medio	Medio	Alta	1.00	Alto
Medio	Medio	MuitoAlta	1.00	MuitoAlto
Medio	Alto	MuitoBaixa	1.00	Alto
Medio	Alto	Baixa	1.00	Alto
Medio	Alto	Media	1.00	Alto
Medio	Alto	Alta	1.00	Alto
Medio	Alto	MuitoAlta	1.00	MuitoAlto
Medio	MuitoAlto	MuitoBaixa	1.00	Medio
Medio	MuitoAlto	Baixa	1.00	MuitoAlto
Medio	MuitoAlto	Media	1.00	MuitoAlto
Medio	MuitoAlto	Alta	1.00	MuitoAlto
Medio	MuitoAlto	MuitoAlta	1.00	MuitoAlto
Alto	MuitoBaixo	MuitoBaixa	1.00	Alto
Alto	MuitoBaixo	Baixa	1.00	Alto
Alto	MuitoBaixo	Media	1.00	Alto
Alto	MuitoBaixo	Alta	1.00	Alto
Alto	MuitoBaixo	MuitoAlta	1.00	MuitoAlto
Alto	Baixo	MuitoBaixa	1.00	Alto
Alto	Baixo	Baixa	1.00	Alto
Alto	Baixo	Media	1.00	Alto
Alto	Baixo	Alta	1.00	Alto
Alto	Baixo	MuitoAlta	1.00	MuitoAlto
Alto	Medio	MuitoBaixa	1.00	Alto
Alto	Medio	Baixa	1.00	Alto

IF			THEN	
Alto	Medio	Media	1.00	Alto
Alto	Medio	Alta	1.00	Alto
Alto	Medio	MuitoAlta	1.00	MuitoAlto
Alto	Alto	MuitoBaixa	1.00	Alto
Alto	Alto	Baixa	1.00	Alto
Alto	Alto	Media	1.00	Alto
Alto	Alto	Alta	1.00	Alto
Alto	Alto	MuitoAlta	1.00	MuitoAlto
Alto	MuitoAlto	MuitoBaixa	1.00	MuitoAlto
Alto	MuitoAlto	Baixa	1.00	MuitoAlto
Alto	MuitoAlto	Media	1.00	MuitoAlto
Alto	MuitoAlto	Alta	1.00	MuitoAlto
Alto	MuitoAlto	MuitoAlta	1.00	MuitoAlto
MuitoAlto	MuitoBaixo	MuitoBaixa	1.00	MuitoAlto
MuitoAlto	MuitoBaixo	Baixa	1.00	MuitoAlto
MuitoAlto	MuitoBaixo	Media	1.00	MuitoAlto
MuitoAlto	MuitoBaixo	Alta	1.00	MuitoAlto
MuitoAlto	MuitoBaixo	MuitoAlta	1.00	MuitoAlto
MuitoAlto	Baixo	MuitoBaixa	1.00	MuitoAlto
MuitoAlto	Baixo	Baixa	1.00	MuitoAlto
MuitoAlto	Baixo	Media	1.00	MuitoAlto
MuitoAlto	Baixo	Alta	1.00	MuitoAlto
MuitoAlto	Baixo	MuitoAlta	1.00	MuitoAlto
MuitoAlto	Medio	MuitoBaixa	1.00	MuitoAlto
MuitoAlto	Medio	Baixa	1.00	MuitoAlto
MuitoAlto	Medio	Media	1.00	MuitoAlto
MuitoAlto	Medio	Alta	1.00	MuitoAlto
MuitoAlto	Medio	MuitoAlta	1.00	MuitoAlto
MuitoAlto	Alto	MuitoBaixa	1.00	MuitoAlto
MuitoAlto	Alto	Baixa	1.00	MuitoAlto
MuitoAlto	Alto	Media	1.00	MuitoAlto
MuitoAlto	Alto	Alta	1.00	MuitoAlto
MuitoAlto	Alto	MuitoAlta	1.00	MuitoAlto
MuitoAlto	MuitoAlto	MuitoBaixa	1.00	MuitoAlto
MuitoAlto	MuitoAlto	Baixa	1.00	MuitoAlto
MuitoAlto	MuitoAlto	Media	1.00	MuitoAlto
MuitoAlto	MuitoAlto	Alta	1.00	MuitoAlto
MuitoAlto	MuitoAlto	MuitoAlta	1.00	MuitoAlto

15) Bloco de Regras "ResCruzValor"

Base de Regras do cruzamento entre as variáveis (ResValorAbaixo7) e (ResValorAcima7)

IF		THEN	
ResValorAbaixo7	ResValorAcima7	DoS	ResCruzValor
MuitoBaixo	MuitoBaixo	1.00	MuitoBaixo
MuitoBaixo	Baixo	1.00	MuitoBaixo
MuitoBaixo	Medio	1.00	Baixo
MuitoBaixo	Alto	1.00	Medio
MuitoBaixo	MuitoAlto	1.00	Medio
Baixo	MuitoBaixo	1.00	Baixo
Baixo	Baixo	1.00	Baixo
Baixo	Medio	1.00	Medio
Baixo	Alto	1.00	Medio
Baixo	MuitoAlto	1.00	Medio
Medio	MuitoBaixo	1.00	Baixo
Medio	Baixo	1.00	Medio
Medio	Medio	1.00	Medio
Medio	Alto	1.00	Alto
Medio	MuitoAlto	1.00	MuitoAlto
Alto	MuitoBaixo	1.00	Medio
Alto	Baixo	1.00	Medio
Alto	Medio	1.00	Alto
Alto	Alto	1.00	MuitoAlto
Alto	MuitoAlto	1.00	MuitoAlto
MuitoAlto	MuitoBaixo	1.00	Medio
MuitoAlto	Baixo	1.00	Medio
MuitoAlto	Medio	1.00	Alto
MuitoAlto	Alto	1.00	MuitoAlto
MuitoAlto	MuitoAlto	1.00	MuitoAlto

16) Bloco de Regras "ResultAreaDisponivel"

Base de Regras do Cruzamento entre as variáveis (ADispAbaixo7_0) e (ADispAcima7_0)

IF		THEN	
ADispAbaixo7_0	ADispAcima7_0	DoS	ResultAdisp
MuitoPequena	MuitoPequena	1.00	MuitoAlto
MuitoPequena	Pequena	1.00	MuitoAlto
MuitoPequena	Media	1.00	Alto
MuitoPequena	Grande	1.00	Medio
MuitoPequena	MuitoGrande	1.00	Medio
Pequena	MuitoPequena	1.00	Alto
Pequena	Pequena	1.00	Alto
Pequena	Media	1.00	Medio
Pequena	Grande	1.00	Medio
Pequena	MuitoGrande	1.00	Medio
Media	MuitoPequena	1.00	Alto
Media	Pequena	1.00	Medio
Media	Media	1.00	Medio
Media	Grande	1.00	Baixo
Media	MuitoGrande	1.00	MuitoBaixo
Grande	MuitoPequena	1.00	Medio
Grande	Pequena	1.00	Medio
Grande	Media	1.00	Baixo
Grande	Grande	1.00	MuitoBaixo
Grande	MuitoGrande	1.00	MuitoBaixo
MuitoGrande	MuitoPequena	1.00	Medio
MuitoGrande	Pequena	1.00	Medio
MuitoGrande	Media	1.00	Baixo
MuitoGrande	Grande	1.00	MuitoBaixo
MuitoGrande	MuitoGrande	1.00	MuitoBaixo

17) Bloco de Regras "ResultCruzAreaUrbana"

Base de regras do cruzamento entre as variáveis (CruzAurba2) e (CruzAUrban1)

IF		THEN	
CruzAurba2	CruzAUrban1	DoS	ResultCruzAUrba
MuitoBaixo	MuitoBaixo	1.00	MuitoBaixo
MuitoBaixo	Baixo	1.00	MuitoBaixo
MuitoBaixo	Medio	1.00	Baixo
MuitoBaixo	Alto	1.00	Medio
MuitoBaixo	MuitoAlto	1.00	Medio
Baixo	MuitoBaixo	1.00	Baixo
Baixo	Baixo	1.00	Baixo
Baixo	Medio	1.00	Medio
Baixo	Alto	1.00	Medio
Baixo	MuitoAlto	1.00	Medio
Medio	MuitoBaixo	1.00	Baixo
Medio	Baixo	1.00	Medio
Medio	Medio	1.00	Medio
Medio	Alto	1.00	Alto
Medio	MuitoAlto	1.00	MuitoAlto
Alto	MuitoBaixo	1.00	Medio
Alto	Baixo	1.00	Medio
Alto	Medio	1.00	Alto
Alto	Alto	1.00	MuitoAlto
Alto	MuitoAlto	1.00	MuitoAlto
MuitoAlto	MuitoBaixo	1.00	Medio
MuitoAlto	Baixo	1.00	Medio
MuitoAlto	Medio	1.00	Alto
MuitoAlto	Alto	1.00	MuitoAlto
MuitoAlto	MuitoAlto	1.00	MuitoAlto

18) Bloco de Regras "SomaDasRelacoesADispon1e2"

Base de regras do cruzamento das variáveis (RelADispon2) com (RelADispon1)

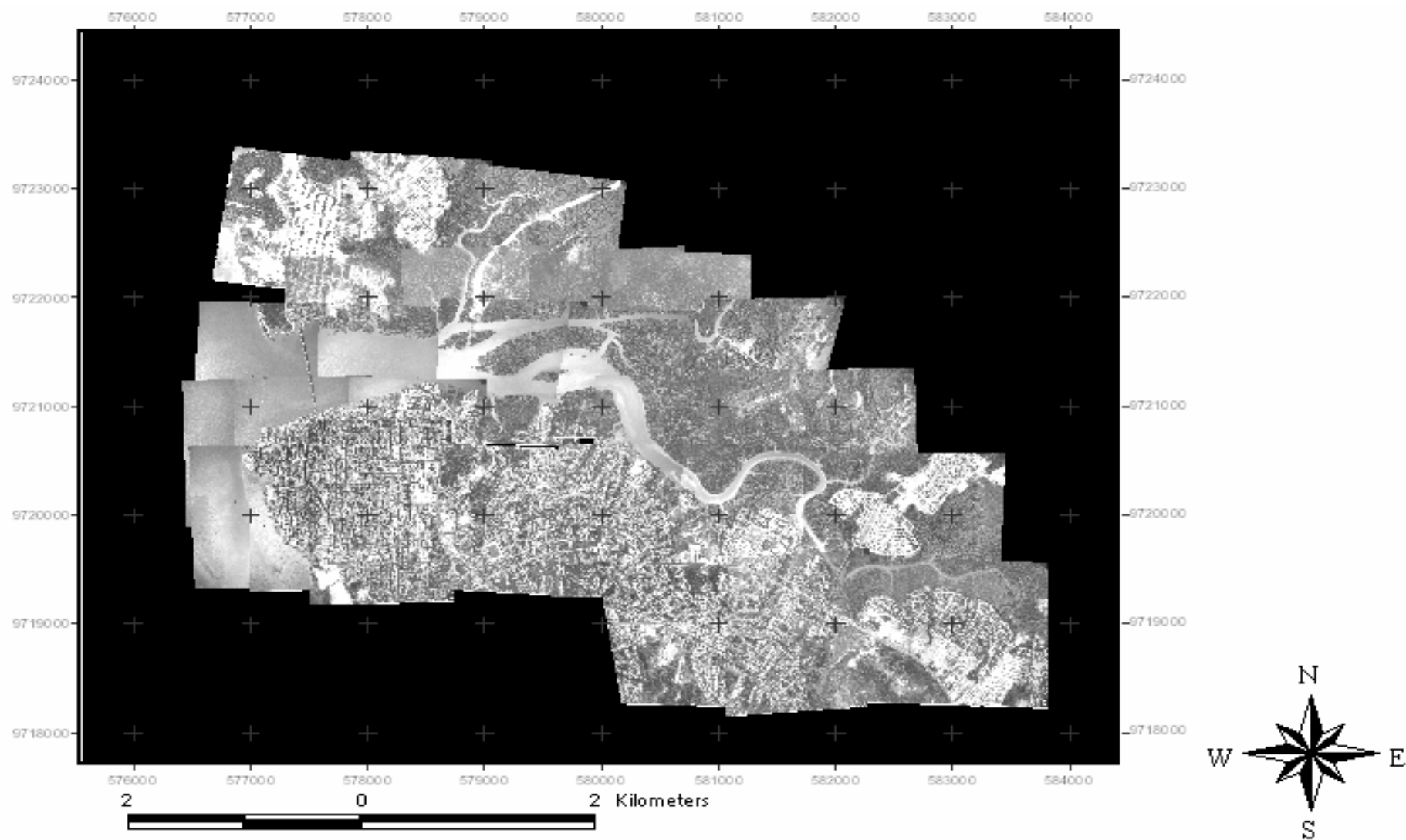
IF		THEN	
RelADipon2	RelADispon1	DoS	SomaRelADispo1e2
MuitoBaixo	MuitoBaixo	1.00	MuitoAlto
MuitoBaixo	Baixo	1.00	MuitoAlto
MuitoBaixo	Medio	1.00	Alto
MuitoBaixo	Alto	1.00	Medio
MuitoBaixo	MuitoAlto	1.00	Medio
Baixo	MuitoBaixo	1.00	MuitoAlto
Baixo	Baixo	1.00	Alto
Baixo	Medio	1.00	Alto
Baixo	Alto	1.00	Medio
Baixo	MuitoAlto	1.00	Medio
Medio	MuitoBaixo	1.00	Medio
Medio	Baixo	1.00	Medio
Medio	Medio	1.00	Medio
Medio	Alto	1.00	Baixo
Medio	MuitoAlto	1.00	Baixo
Alto	MuitoBaixo	1.00	Medio
Alto	Baixo	1.00	Medio
Alto	Medio	1.00	Baixo
Alto	Alto	1.00	Baixo
Alto	MuitoAlto	1.00	MuitoBaixo
MuitoAlto	MuitoBaixo	1.00	Medio
MuitoAlto	Baixo	1.00	Medio
MuitoAlto	Medio	1.00	Baixo
MuitoAlto	Alto	1.00	MuitoBaixo
MuitoAlto	MuitoAlto	1.00	MuitoBaixo

19) Bloco de Regras "UrbanaFinal"

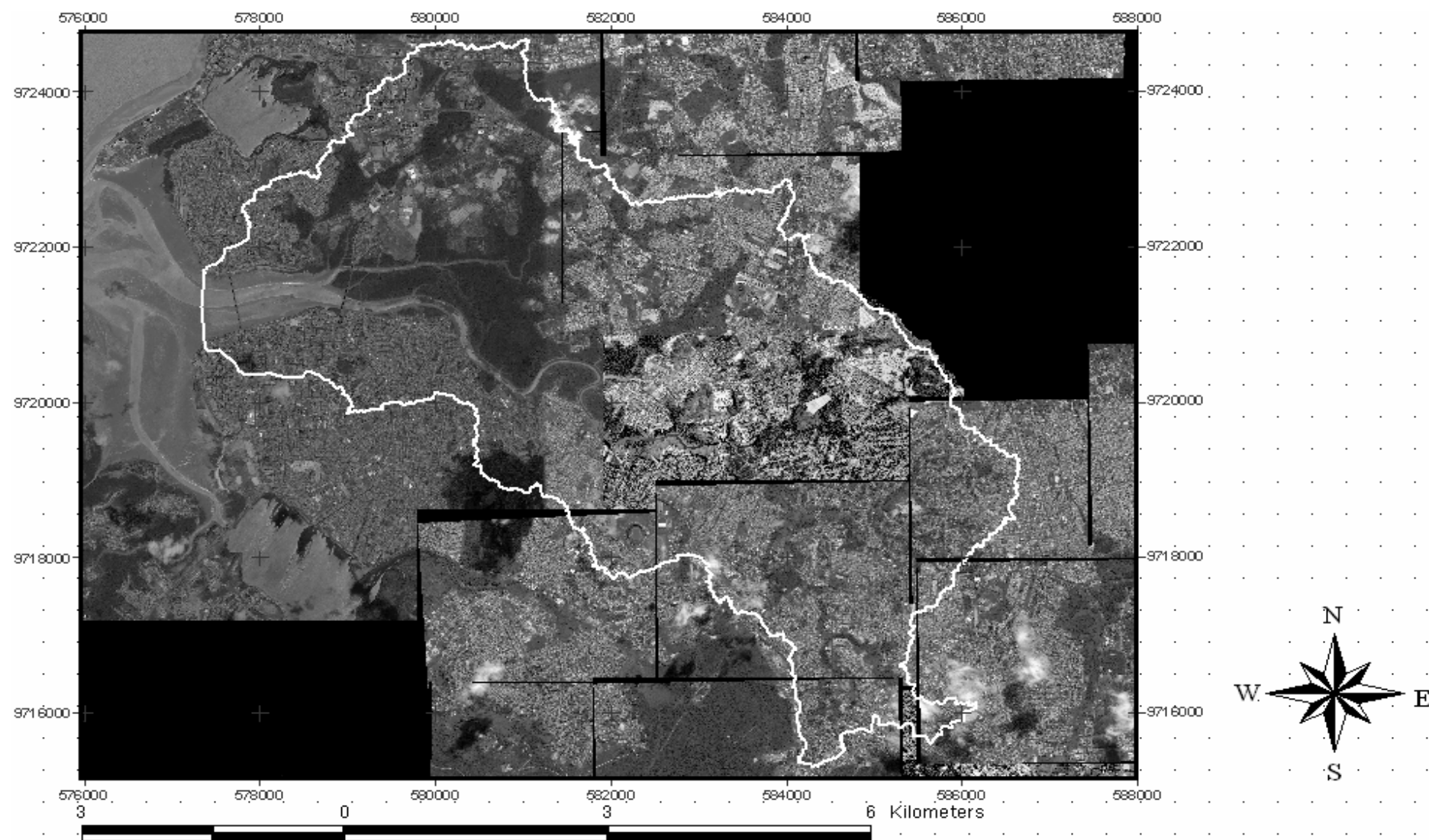
Base de Regras do cruzamento entre as variáveis (RelacoesFinais) e (ResultCruzAUrba)

IF		THEN	
RelacoesFinais	ResultCruzAUrba	DoS	UrbanaFinal
MuitoBaixo	MuitoBaixo	1.00	MuitoBaixo
MuitoBaixo	Baixo	1.00	MuitoBaixo
MuitoBaixo	Medio	1.00	Baixo
MuitoBaixo	Alto	1.00	Medio
MuitoBaixo	MuitoAlto	1.00	Medio
Baixo	MuitoBaixo	1.00	Baixo
Baixo	Baixo	1.00	Baixo
Baixo	Medio	1.00	Medio
Baixo	Alto	1.00	Medio
Baixo	MuitoAlto	1.00	Medio
Medio	MuitoBaixo	1.00	Baixo
Medio	Baixo	1.00	Medio
Medio	Medio	1.00	Medio
Medio	Alto	1.00	Alto
Medio	MuitoAlto	1.00	MuitoAlto
Alto	MuitoBaixo	1.00	Medio
Alto	Baixo	1.00	Medio
Alto	Medio	1.00	Alto
Alto	Alto	1.00	MuitoAlto
Alto	MuitoAlto	1.00	MuitoAlto
MuitoAlto	MuitoBaixo	1.00	Medio
MuitoAlto	Baixo	1.00	Medio
MuitoAlto	Medio	1.00	Alto
MuitoAlto	Alto	1.00	MuitoAlto
MuitoAlto	MuitoAlto	1.00	MuitoAlto

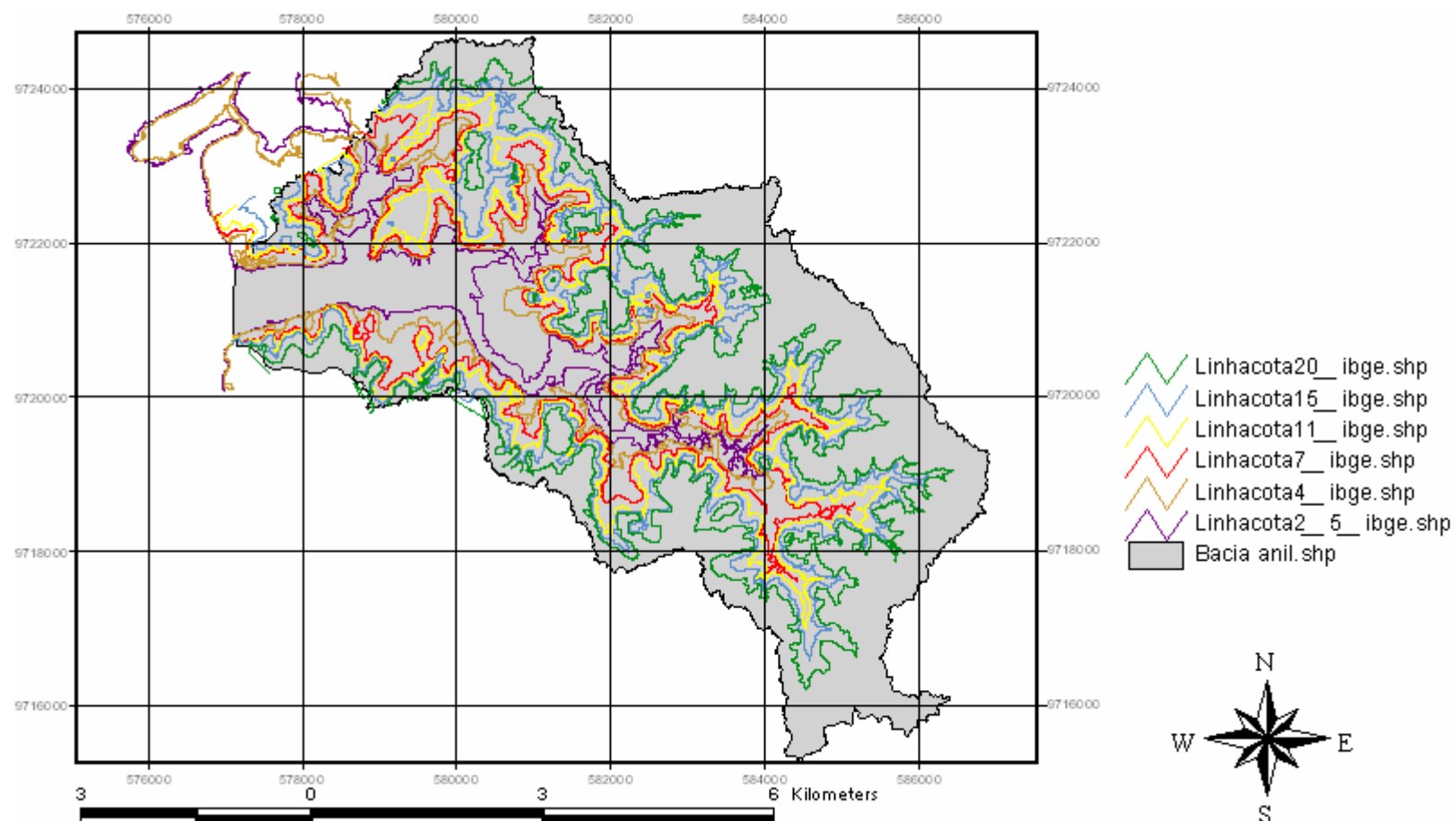
APÊNDICE 3 Bases Cartográficas e Exemplo da Inferência da base de regras de duas variáveis de entrada em um sistema fuzzy.



Fotomosaico baseados em fotos aéreas encomendadas pela prefeitura de São Luís e executadas pela PROSPEC S.A em 1975.



Fotomosaicos de imagens de satélite disponibilizadas pelo Google “EARTH”® em 2007

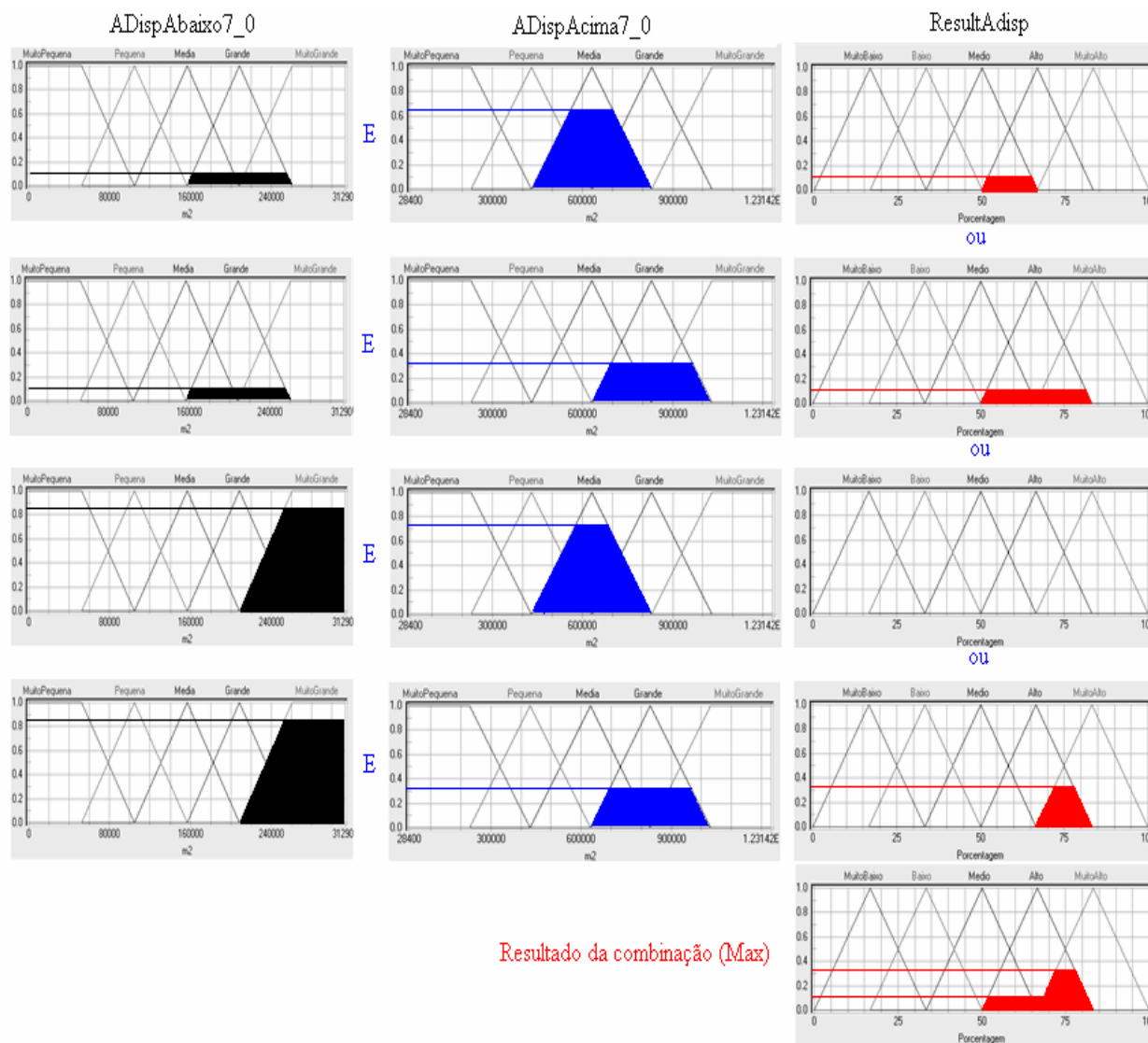


Curvas de nível para a bacia do rio Anil

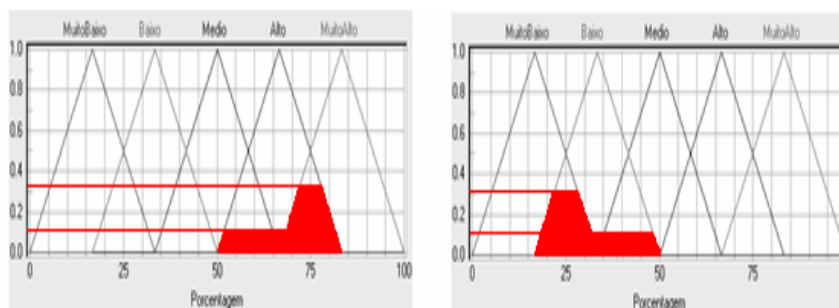
Inferência da seguinte base de Regras (Veja nas próximas páginas)

IF		THEN	
ADispAbaixo7_0	ADispAcima7_0	DoS	ResultAdisp
MuitoPequena	MuitoPequena	1.00	MuitoAlto
MuitoPequena	Pequena	1.00	MuitoAlto
MuitoPequena	Media	1.00	Alto
MuitoPequena	Grande	1.00	Medio
MuitoPequena	Muito Grande	1.00	Medio
Pequena	MuitoPequena	1.00	Alto
Pequena	Pequena	1.00	Alto
Pequena	Media	1.00	Medio
Pequena	Grande	1.00	Medio
Pequena	Muito Grande	1.00	Medio
Media	MuitoPequena	1.00	Alto
Media	Pequena	1.00	Medio
Media	Media	1.00	Medio
Media	Grande	1.00	Baixo
Media	Muito Grande	1.00	MuitoBaixo
Grande	MuitoPequena	1.00	Medio
Grande	Pequena	1.00	Medio
Grande	Media	1.00	Baixo
Grande	Grande	1.00	MuitoBaixo
Grande	Muito Grande	1.00	MuitoBaixo
Muito Grande	MuitoPequena	1.00	Medio
Muito Grande	Pequena	1.00	Medio
Muito Grande	Media	1.00	Baixo
Muito Grande	Grande	1.00	MuitoBaixo
Muito Grande	Muito Grande	1.00	MuitoBaixo

Base de Regras do Cruzamento entre as variáveis (ADispAbaixo7_0) e (ADispAcima7_0)



Resultado da combinação (Max)



Como o resultado deste cruzamento é inverso, ou seja quanto maior a área disponível, menor a pressão sobre o manguezal, o resultante também é inverso.



As áreas em vermelho são desconsideradas, somente os graus de pertinência máximos são considerados, no equilíbrio dos pesos para gerar um valor de saída real (Método CoM de Defuzzificação).