



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Energia

**AVALIAÇÃO DE IMPACTO DA OPERAÇÃO DE RESERVATÓRIOS
HIDRELÉTRICOS NO TURISMO, ATRAVÉS DA DEFINIÇÃO DE REGRAS
UTILIZANDO CLUSTERIZAÇÃO HEURÍSTICA E LÓGICA FUZZY**

YASMINE DOS SANTOS RIBEIRO CUNHA

Itajubá, Dezembro de 2007.

Ministério da Educação
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
Criada pela Lei nº 10.435, de 24 de abril de 2002

Pró-Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação

Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Energia

YASMINE DOS SANTOS RIBEIRO CUNHA

**AVALIAÇÃO DE IMPACTO DA OPERAÇÃO DE RESERVATÓRIOS
HIDRELÉTRICOS NO TURISMO, ATRAVÉS DA DEFINIÇÃO DE REGRAS
UTILIZANDO CLUSTERIZAÇÃO HEURÍSTICA E LÓGICA FUZZY**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Engenharia da Energia da Universidade Federal de Itajubá, como parte dos requisitos para obtenção do título de **Mestre em Engenharia da Energia**, Área de Concentração em Planejamento energético.

Orientador: Afonso Henriques M. Santos, Dr.
Co-orientador: Carlos H. V. de Moraes, D.Sc.

Itajubá, Dezembro de 2007

Dedico este trabalho a N. Sra. da Agonia, aos meus pais, irmãos e amigos por todo amor e carinho.

Agradecimentos

Agradeço a toda minha família, em especial a meu pai, José Cunha, minha mãe, Antônia, e irmãos, Aldo e Marcelo, que sempre torceram e me ajudaram nesta caminhada.

Agradeço a todos meus amigos que são meus irmãos por opção e que estavam ao meu lado em todos os momentos, em especial a Daniela Teixeira, Márcia Magalhães, Luciana Martins, Silvana Rocha, Fabiana Martins, Suelen Arcanjo, Corina Brito, Anelisa Ribeiro; Cláudia Luz, Mariza; Daniela Mendonça; Geisa Negrão, Douglas Brecht, Cristina Sales; Washington Irrazabal, Fabiano Moutinho, Thiago Franco; Marcelo Vander Velden, Mauro Muniz; Michael de Vidigal e aos meus amigos da Rep. Quivara e Rep Toca Gado, aos agregados e namoradas.

Agradeço a meu orientador, Afonso H. M. Santos, pela confiança depositada durante estes anos de mestrado. E também pela oportunidade de trabalho na SBPE, Sociedade Brasileira de Planejamento Energético.

Agradeço todo o carinho e ajuda dos amigos que fiz no CERNE durante meu período na SBPE, em especial ao Marco Aurélio, Júnior, Sandro, Ricardinho, Ricardo, Rodrigo; Carolzinha, Adriana, Glaucielen, Marquinhos, Sérgio, Lúcia, professor Erick, professor Akira, professor Roberto Alves, professor Jamil, professor Bortoni. Agradeço também a Alago e aos empreendedores turísticos do reservatório de Furnas e em especial ao Sr. José Afonso (Clube Náutico, Formiga/MG).

Agradeço ao meu co-orientador, Carlos H. V. de Moraes, pela dedicação para que o trabalho fosse finalmente concretizado.

Agradeço aos professores Leonardo Honório; Carlos Rocha; Luiz A. Horta Nogueira e Antonio Hermeto pelas infindáveis ajudas e a todos os professores que ministraram aulas neste programa de pós-graduação.

Agradeço aos amigos que fiz durante as aulas de mestrado, amigos que tornaram as aulas muito mais alegres, em especial, Artur, Débora, Sr. Ricardo, Elaine, Gilze, Sofia, Eliana, Jussara, Aninha, Camila e Diogo.

Agradeço aos amigos da Igreja N. Sra. da Agonia e em especial ao Padre Tarcísio; Neuza; Marilú e Virgínia.

Agradeço aos servidores da Unifei, em especial a Dona Ana; as queridas Margareth; Maria Auta; Cristina e Regina que apoiaram não só a mim, mas todos os alunos do mestrado com muito carinho e dedicação.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE TABELAS	9
RESUMO.....	10
ABSTRACT	11
1. INTRODUÇÃO	12
1.1. ESTRUTURA DO TRABALHO	16
2. OBJETIVOS	17
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
3.1. CONCEITOS DE TURISMO	17
3.1.1. Economia e turismo	19
3.1.2. Aspectos microeconômicos do turismo.....	21
3.1.3. Aspectos macroeconômicos do turismo	25
3.2. TURISMO BRASILEIRO	26
3.2.1. Turismo em reservatórios artificiais brasileiros	28
3.2.2. Turismo no reservatório de Furnas	33
3.3. USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA	38
3.3.1. Conflitos de usos da água em reservatórios artificiais.....	40
3.3.2. Geração hidrelétrica.....	41
3.3.3. Turismo.....	48
3.3.4. Impacto no mercado turístico de Furnas em função do deplecionamento extremo e duradouro.....	50
3.4. LÓGICA FUZZY	54
3.4.1. Introdução.....	55
3.4.2. Definição de Conjuntos Difusos	56
3.4.3. Intensificadores lingüísticos	60
3.4.4. Operações e conjunções	60
3.4.5. Regras e mapeamento	62
3.4.6. Controle difuso de processos.....	64
3.5. CLUSTERIZAÇÃO HEURÍSTICA	71
4. APLICAÇÃO DA LÓGICA FUZZY	72
4.1. CONJUNTOS FUZZY	74
4.1.1. Geração de energia elétrica da Usina de Furnas.....	74
4.1.2. Níveis do reservatório	76
4.1.3. Sazonalidade turística ou flutuação da demanda	83
4.1.4. Impacto no mercado turístico instalado as margens do reservatório de Furnas	85
4.2. REGRAS DO SISTEMA FUZZY	85
4.3. INFERÊNCIA E DEFUZZIFICAÇÃO	87
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	87
6. CONCLUSÕES	96
7. TRABALHOS FUTUROS	101
ANEXO A	103
ANEXO B	109
ANEXO C	120
REFERÊNCIAS BILIOGRÁFICAS	130

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Bacia Hidrográfica do entorno do Lago de Furnas.....	14
FIGURA 2: Reservatório de Furnas.	33
FIGURA 3: Diagrama Esquemático das Usinas Hidrelétricas do SIN.	43
FIGURA 4: Usina Hidrelétrica de Furnas.	44
FIGURA 5: Barragem da Usina Hidrelétrica de Furnas.....	45
FIGURA 6: Fotos da Estância Bela Vida Carmo do Rio Claro	51
FIGURA 7: Fotos do Bar do Porto Barra Velha – São José da Barra 2001/ 2004	52
FIGURA 8: Fotos do Bairro Prainha - Pimenta 2001/ 2004.....	52
FIGURA 9: Fotos do Condomínio e Clube Náutico Escarpas do Lago 2001/2004	53
FIGURA 10: Fotos do Porto Itací – Carmo do Rio Claro 2001/2004	53
FIGURA 11: Foto do Píer no Balneário de Fama 2001/2004	54
FIGURA 12: Valores de x: pequeno, médio e grande.	58
FIGURA 13: Estruturas Lattice e Não-Lattice:.....	59
FIGURA 14: Intensificadores sobre o adjetivo (valor) pequeno.....	60
FIGURA 15: Estrutura de um Controlador Convencional.	64
FIGURA 16: Estrutura de um Controlador Difuso.....	65
FIGURA 17: Funções de Pertinência para o Controle de uma Caldeira a Vapor.	66
FIGURA 18: Relacionamento do Sistema de Controle com os Dados.....	67
FIGURA 19: Sistema de Controle Difuso.	68
FIGURA 20: Processos de Fuzzificação, Inferência e Defuzzificação.	70
FIGURA 21: Processos de Defuzzificação: (a) Centróide, (b) Média Ponderada e (c) Média da Máxima Função de Pertinência	71
FIGURA 22: Variáveis do modelo (Cluster Leste).	74
FIGURA 23: Comportamento da geração de energia e dos níveis do reservatório de Furnas para o período de 1996 a 2005.	75
FIGURA 24: Variável geração da Usina de Furnas e funções	76
FIGURA 25: Comparação entre regiões e declividades no talude (solo) do reservatório	77
FIGURA 26: Níveis mínimos de operação do reservatório de Furnas.....	81
FIGURA 27: Variável nível do reservatório para o cluster Leste e funções de pertinência para cada conjunto.	81
FIGURA 28: Variável nível do reservatório para o cluster Sul e funções de pertinência para cada conjunto.	82
FIGURA 29: Variável nível do reservatório para o cluster Noroeste e funções de pertinência para cada conjunto.	82
FIGURA 30: Variável nível do reservatório para o cluster Nordeste e funções de pertinência para cada conjunto.	83
FIGURA 31: Variável sazonalidade turística para o cluster Leste e suas funções	84
FIGURA 32: Variável de saída (impacto) e suas funções de pertinência.....	85
FIGURA 33: Regras do modelo.....	86
FIGURA 34: Regras do modelo(continuação).....	86
FIGURA 35: Simulação para o <i>cluster</i> Leste.....	89

FIGURA 36: Simulação para o <i>cluster</i> Sul	90
FIGURA 37: Simulação para o <i>cluster</i> Noroeste	90
FIGURA 38: Simulação para o <i>cluster</i> Nordeste	91
FIGURA 39: Cenário desfavorável ao mercado turístico do cluster Leste.	92
FIGURA 40: Variação dos impactos nos mercados turísticos dos clusters Leste e Sul	95
FIGURA 41: Variação dos impactos nos mercados turísticos dos clusters NO e NE	95
FIGURA 42: Impactos nos mercados turísticos dos clusters.....	98
FIGURA 43: Variação dos impactos nos mercados turísticos dos clusters.....	99

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: O Setor de Turismo vis-à-vis a Economia Brasileira (2002) - Dados Básicos.....	27
TABELA 2: Características dos principais reservatórios nacionais	30
TABELA 3: Municípios lindeiros ao reservatório de Furnas	34
TABELA 4: Quantificação da Infra-estrutura dos municípios	36
TABELA 5: Municípios lindeiros do reservatório de Furnas escolhidos em função de maior influência do lago em suas economias.....	78
TABELA 6: Municípios reunidos por região e seus respectivos empreendimentos entrevistados	79
TABELA 7: Divisão dos meses do ano e atribuição de pesos para.....	84
TABELA 8: Impacto no mercado turístico do <i>Cluster</i> Leste	109
TABELA 9: Impacto no mercado turístico do <i>Cluster</i> Sul	111
TABELA 10: Impacto no mercado turístico do <i>Cluster</i> Noroeste.....	114
TABELA 11: Impacto no mercado turístico do <i>Cluster</i> Nordeste.....	117

RESUMO

O desenvolvimento do mercado turístico localizado em reservatórios sofre forte influência das variações dos níveis do reservatório, pois sem o atrativo que é a água, a níveis satisfatórios, o turista não se sente motivado a visitar a região. Desta forma, o presente trabalho pretendeu desenvolver um modelo em lógica fuzzy capaz de prever os valores de impacto no mercado turístico instalado as margens do reservatório de Furnas a partir de variáveis que interferem em seu desenvolvimento. A partir disso, propôs-se 4 modelos que pudessem prever estes impactos nas 4 regiões do reservatório (*clusters*). Foram analisados os fatores que afetavam o desenvolvimento do turismo no reservatório e a partir destas informações foram elaborados os modelos de previsão para cada região. As variáveis utilizadas foram: a geração de energia da Usina de Furnas; os níveis do reservatório para cada região (*cluster*) e a flutuação da demanda; o impacto no mercado turístico para cada *cluster*, como variável de saída. O modelo proposto foi avaliado e aplicado em condições reais e sendo assim, obteve resultados satisfatórios. Gerou-se um mapa, com a fragilidade das diferentes regiões, *clusters*, do reservatório de Furnas e quatro modelos (*clusters*) para simulações de cenários futuros como ferramenta de previsão e auxílio à tomada de decisão por parte dos investidores da área de turismo, bem como de órgãos que defendam o uso do lago para esta atividade.

Palavras-chave: Reservatórios hidrelétricos; turismo; heurística e lógica fuzzy.

ABSTRACT

The development of the located tourist market in reservoirs suffers to fort influence from the variations of the levels of the reservoir, therefore without the attractive one that it is the water, the satisfactory levels, the tourist does not feel itself motivated to visit the region. In such a way, the present work intended to develop a model in fuzzy logic capable to foresee the values of impact in the tourist market installed the edges of the reservoir of Furnas from variables that intervene with its development. From this, one considered 4 models that could foresee these impacts in the 4 regions of the reservoir (clusters). Which factors had been analyzed affected the development of the tourism in the reservoir and from these information the models of forecast for each region had been elaborated. The variables had been used: the generation of energy of the Plant of Furnas; the levels of the reservoir for each region (to cluster) and the fluctuation of the demand; being that the variable of exit for the models was the impact in the tourist market each to cluster. The considered model was evaluated and applied in real conditions and being thus, it got resulted satisfactory. A map was generated, with the fragility of the different regions, clusters, of the reservoir of Furnas and four models (clusters) for simulation of future scenes as tool of forecast and aid to the taking of decision on the part of the investors of the tourism area, as well as of agencies that defend the use of the lake for this activity.

Keywords: Hydroelectric reservoirs; tourism; heuristic and fuzzy logic

1. INTRODUÇÃO

O Brasil tem uma superfície de 8.511.596 km². No âmbito desta extensão continental diferenciada climática e geomorfologicamente, com uma extraordinária diversidade ecológica, existe um espaço maravilhoso com inúmeros atrativos turísticos, tendo na diversidade o instrumento principal de sua potencialização. (ANA, 2005).

É inegável a vocação do nosso país para o turismo. Dispomos de todas as condições para cativar visitantes: praias, florestas, montanhas, rios, festivais, culinária diferenciada, parques nacionais, cidades históricas e a tradicional hospitalidade brasileira. A vocação natural do Brasil pode e deve ser transformada em fonte permanente de riqueza pelo turismo. (ANA, 2005).

No Brasil, o turismo associado aos recursos hídricos pode ser agrupado em três segmentos principais:

- i)O turismo e lazer no litoral;
- ii)O turismo ecológico e a pesca;
- iii)O turismo e lazer nos lagos e reservatórios interiores. (ANA, 2005).

A partir da caracterização acima citada é possível dizer que o presente estudo foi realizado a partir dos pressupostos relativos ao terceiro item e mais precisamente ao turismo instalado em reservatórios interiores, ou continentais. Neste contexto, o reservatório da Usina Hidrelétrica de Furnas foi o objeto de estudo deste trabalho.

Para melhor descrever o objeto de estudo, seguem algumas informações técnicas a respeito da Central Hidrelétrica de Furnas.

FURNAS nasceu com o desafio de sanar a crise energética que ameaçava, em meados da década de 50, o abastecimento dos três principais centros socioeconômicos brasileiros - São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte. (FURNAS, 2007)

Com o objetivo de construir e operar no rio Grande a primeira usina hidrelétrica de grande porte do Brasil - a Usina Hidrelétrica de Furnas, com capacidade de 1.216 MW - foi criada em 28 de fevereiro de 1957, através do Decreto Federal nº 41.066, a empresa Central Elétrica de Furnas. FURNAS começou a funcionar efetivamente em 1963, em Passos (MG). Em 1º de junho

de 1971, a sede foi transferida para o Rio de Janeiro e a Empresa ganhou um novo nome: FURNAS Centrais Elétricas S.A., que melhor expressa a proposta de construção de um conjunto de usinas. (FURNAS, 2007)

Segundo SANTOS, *et al* (2003), Furnas foi a primeira usina construída pela Empresa, da qual herdou o nome. A barragem está localizada no curso médio do rio Grande, no trecho denominado "Corredeiras das Furnas", entre os municípios de São João da Barra e São João Batista do Glória, em Minas Gerais. É administrada indiretamente pelo Governo Federal, vinculada ao Ministério de Minas e Energia e controlada pela Centrais Elétricas do Brasil S.A. - ELETROBRÁS.

A potência prevista no início de sua construção correspondia a 1/3 do total instalado no Brasil. A Usina de Furnas, além de se constituir um marco de instalação de grandes hidrelétricas no Brasil, possibilitou a regularização do rio Grande e a construção de mais oito usinas, aproveitando, integralmente, um potencial de mais de 6.000 MW instalados (SANTOS *et al*, 2004).

O Reservatório de Furnas tem cerca de 1440 km² de área inundada e perímetro de 3500 km, banha 34 municípios. (SANTOS *et al*, 2004).

O enchimento do reservatório de 22,95 bilhões de m³ e volume útil de 17,21 bilhões de m³ ocorreu em 1963. O projeto de aproveitamento prevê uma variação de cota entre 768 e 750 m (nível máximo e mínimo de operação) (SANTOS *et al*, 2004).

Considerado o "Mar de Minas", o Lago de Furnas é a maior extensão de água no Estado de Minas Gerais e um dos maiores lagos artificiais do mundo (ANA, 2005).

O reservatório de Furnas, como é mostrado na FIGURA 1, gera impactos econômicos e sociais nas 34 cidades do Estado de Minas Gerais, que estão em seu entorno. E estes por sua vez, se uniram como estratégia de gestão e formaram a Alago - Associação dos Municípios do Lago de Furnas, que mantém seus esforços para o desenvolvimento dos seus municípios.

de renda através dos usos múltiplos do lago, por meio do turismo, da pesca esportiva, dos esportes náuticos, da agricultura e pecuária as margens do lago (CERNE/UNIFEI, 2004).

A Lei Federal nº. 9.433, de 8 de janeiro de 1997- Seção III - Da Outorga de Direitos de Uso de Recursos Hídricos, prevê que a outorga do uso do recurso hídrico deverá preservar o seu uso múltiplo (CERNE/UNIFEI, 2004).

Após o período da crise energética, os reservatórios que servem de atrativo natural e maior motivador do fluxo turístico, perderam sua credibilidade. Isto ocorreu por parte do investidor e do turista.

Os níveis do reservatório estavam abaixo do esperado a partir de agosto de 1999 e permaneceram assim até fevereiro de 2002. Isto acarretou inúmeros problemas socioeconômicos e ambientais. Porém, atendo-se apenas aos referentes às atividades turísticas, o mercado começou a deixar de receber turistas a partir do ano de 2000 e desta forma isso se estendeu até o ano de 2005. Isto porque a mídia influenciou de forma muito intensa e mesmo quando os níveis começaram a aumentar, a partir de março de 2002, os turistas já haviam deixado de freqüentar a região. Os investidores locais que permaneceram e não faliram viveram uma época péssima para os negócios e os possíveis investidores se sentiram inseguros em investir na área por não terem nenhuma garantia de que seus empreendimentos iriam superar estes momentos de escassez extrema de água do reservatório.

Neste contexto, o presente trabalho vem propor uma ferramenta de previsão de cenários favoráveis ou não, ao mercado turístico lindeiro, ou seja, mercado turístico as margens do reservatório de Furnas, sendo este capaz de traçar cenários para servirem de base para o auxílio à tomada de decisão dos investidores locais, futuros investidores e órgãos (Alago e Comitê de Bacia Hidrográfica) que representam o mercado turístico e seus interesses.

A partir disso, propôs-se 4 modelos que pudessem prever os impactos nos mercados turísticos de 4 regiões do reservatório (clusters) através da definição de regras utilizando clusterização heurística e lógica fuzzy. Foram analisados os fatores que afetam o desenvolvimento desta atividade no reservatório de Furnas, o que permitiu elaborar os modelos de previsão para cada região. Tais modelos podem auxiliar à tomada de decisão com relação as diferentes sub-regiões do reservatório para os investidores da área de turismo,

bem como ser usada para ajudar na negociação realizada pela ALAGO e Comitê de Bacia Hidrográfica, uma vez que os modelos possibilitam a ponderação dos interesses envolvidos nos múltiplos usos do reservatório. A metodologia empregada permitiu, a partir dos valores de impacto calculados através das simulações, no período de 1996 a 2005, desenvolver uma ferramenta de previsão de futuros impactos.

1.1. ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho se subdividiu em sete capítulos. No primeiro foi contextualizada a área de turismo que aproveita os recursos hídricos e informações técnicas relevantes acerca da área de estudo. Foram abordados a motivação do estudo e justificativa do tema proposto.

No segundo capítulo foram enumerados os objetivos que foram alcançados pelo presente estudo.

O terceiro capítulo descreveu conceitos que compuseram o arcabouço teórico do presente trabalho. Temas referentes a conceitos sobre turismo e economia; turismo no Brasil, no contexto geral e específico de reservatórios; usos múltiplos da água; lógica fuzzy e todo conteúdo que embasou a aplicação do método.

No quarto capítulo foi explicado de que forma se utilizou a ferramenta fuzzy para construção dos modelos de previsão.

No quinto capítulo foram realizadas simulações para validação dos modelos e simulações em condições reais para que os valores obtidos fossem analisados para os 4 modelos elaborados (*clusters*).

No sexto capítulo, foram analisadas as simulações para cada *cluster* e definidas as conclusões pertinentes a elas, quanto aos diferentes graus de impacto. Gerou-se assim um mapa que pudesse ilustrar de forma mais clara a diferença de sensibilidade destes *clusters*. Mostrou-se ainda, que os modelos servirão de ferramenta para previsão.

No capítulo sete, foi definido um possível trabalho futuro dando continuidade a esta linha. O texto se encerra com os anexos e a relação da bibliografia consultada.

2. OBJETIVOS

O objetivo geral do trabalho é de avaliar o impacto da operação de reservatórios hidrelétricos no turismo, através da definição de regras utilizando clusterização heurística e lógica fuzzy.

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Estudar o mercado turístico instalado no reservatório de Furnas, bem como os fatores que afetam seu desenvolvimento;
- Definir o modelo para cada *cluster* a partir da definição das variáveis de entrada e saída do sistema fuzzy; conjuntos fuzzy para cada variável; regras do sistema e processos de fuzzificação e defuzzificação;
- Traçar o panorama do impacto no mercado turístico dos *clusters* a partir das simulações com dados do período de 1996 a 2005;
- Gerar uma ferramenta de previsão do impacto no mercado turístico, que auxilie à tomada de decisão com relação as diferentes sub-regiões do reservatório para os investidores da área de turismo e sirva de suporte para a negociação do turismo, como uso múltiplo do reservatório de Furnas.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. CONCEITOS DE TURISMO

O turismo faz parte de um universo maior denominado lazer. Entende-se por lazer todas as atividades desenvolvidas fora do sistema produtivo (trabalho), das obrigações sociais, religiosas e familiares (TRIGO, 2000).

O lazer é uma necessidade e um direito tão legítimo do ser humano quanto educação, saúde, transporte ou segurança. O ser humano é um animal muito especial e complexo, que não se contenta apenas com o mínimo indispensável à sua sobrevivência. Sua vida envolve aspectos mais amplos, como os lúdicos, imaginativos e criativos (TRIGO, 2000).

Pode-se dizer, em resumo, que qualquer viagem temporária com duração superior a 24 horas é turismo e que as viagens de apenas um dia são excursões. Em geral, não se classificam como turismo viagens de estudo ou trabalho (caso das imigrações ou viagens profissionais de longa duração, como as empreendidas por estudantes, diplomatas, militares, técnicos, religiosos, etc.) (TRIGO, 2000).

Em 1963, para fins técnicos de conceito de turismo e facilidade de quantificação desta atividade econômica, foram adotados dois conceitos, onde foram diferenciados os turistas de excursionistas. E em suma, a diferença reside no tempo de permanência no local visitado, pois os turistas são visitantes temporários que permanecem em um local fora de sua residência habitual por mais de 24 horas com fins de lazer, negócios, família, missões e conferências. E excursionistas permanecem menos de 24 horas.

Em 1968, a Organização Mundial de Turismo (que então se chamava União Internacional de Organizações Oficiais de Viagens) aprovou esta definição de 1963 e passou a incentivar os países a adotá-la (BENI, 1998).

Enfim, em meio a tantos conceitos, a abordagem holística define o turismo de forma mais completa. Onde é possível englobar a visão econômica, social e cultural deste setor tão complexo.

Segundo BENI (1998), Jafar Jafari dá uma definição holística de Turismo:

“É o estudo do homem longe de seu local de residência, da indústria que satisfaz suas necessidades, e dos impactos que ambos, ele e a indústria, geram sobre os ambientes físico, econômico e sócio-cultural da área receptora”.

Dentre todos os conceitos abordados, existem cinco itens que são primordiais para que o turismo seja entendido em suas devidas proporções, segundo BENI (1998):

- **Viagem ou deslocamento.** Sem deslocamento não existe Turismo e, ainda que pareça óbvio, para se aprofundar na correta noção desse fenômeno, é necessário colocar em destaque este seu elemento indispensável.
- **Permanência fora do domicílio.** Esta variável, combinada com a anterior – a permanência – e somada a de comportamento de gastos do

turista no local, constitui, no cruzamento com outras variáveis auxiliares, a base da compreensão estrutural do tráfego turístico.

- **Temporalidade.** Viajantes podem ser também aqueles que se transferem para uma outra localidade de seu país ou de uma outra nação para fixar residência temporária ou definitiva. Neste caso, é certo que não se trata de turista, mas de emigrante.
- **Sujeito do turismo.** O homem se situa no centro de todos os processos que nascem do Turismo.
- **Objeto do turismo.** O elemento concreto do fenômeno traduz-se no equipamento receptivo e no fornecimento dos serviços para a satisfação das necessidades do turista, que se denomina Empresa do Turismo. Ela é complexa e, em grande parte, responsável pela produção, preparação, e distribuição dos bens e serviços turísticos.

Em meio a inúmeros conceitos é importante a ressalva de que este processo de discussão de definições só tende a demonstrar a magnitude e complexidade do fenômeno turismo. Além disso, o grande número de pesquisadores, autores da área, que estudam seus conceitos, influências, impactos, entre outros temas, a beneficiam continuamente, por fomentarem o contínuo engrandecimento do turismo como ciência.

O turismo como já mencionado é um fenômeno complexo em todas suas abordagens e no item a seguir, o turismo será tratado do ponto de vista econômico.

3.1.1. Economia e turismo

O problema econômico tem origem nas necessidades ilimitadas do ser humano e nas limitações dos recursos existentes para a satisfação daquelas (LAGE e MILONE, 2001).

A partir deste conceito, o turismo é uma necessidade do ser humano moderno, onde para satisfazê-la, são necessários que se aloquem recursos escassos. E estes por sua vez são produzidos pela Empresa Turística e consumidos pelo turista.

Chama-se riqueza ao conjunto de coisas materiais e imateriais que são escassas. Assim, os bens e serviços constituem a riqueza econômica (LAGE e MILONE, 2001).

Estes bens econômicos, escassos, no caso do turismo estão relacionados aos bens materiais e imateriais, ou intangíveis, como é o caso da beleza de um local, uma praia, um cenário que motivou o turista a se locomover para um determinado destino turístico, e estes bens são imensuráveis, ou seja, não são passíveis de serem contabilizados.

Desta forma, os bens e serviços produzidos diferem de setor para setor econômico e no caso do setor terciário, mais precisamente no turismo, esta produção está ligada aos serviços oferecidos ao turista, relativos às necessidades de lazer, hospedagem, alimentação e entretenimento.

Produzir, no sentido econômico, significa criar utilidade ou aumentar a utilidade dos bens econômicos. (LAGE e MILONE, 2001).

Neste sentido, a maximização da utilidade, ou seja, agregar qualidade ao bem ou serviço, é a melhor forma de satisfazer as necessidades do consumidor.

Segundo LAGE e MILONE (2001), uma viagem para o campo pode proporcionar utilidades diferentes e inferiores para um viajante que prefere uma viagem para a praia.

A utilidade é restringida por três fatores básicos; são eles: a falta de capital e a limitação dos bens e serviços; que faz com que o turista, ou consumidor, tenha que escolher qual deles ele é capaz de adquirir e que ele necessita com maior grau de preferência num dado momento; e por último, a falta de tempo.

Tratado como um recurso escasso, podendo ser alocado livremente por qualquer indivíduo, num período de 24 horas, o tempo é um bem tão valioso como o dinheiro. Tempo e lazer são variáveis associadas de maneira diretamente proporcional e, à medida que dispomos de maior tempo livre, podemos decidir por gastá-lo da forma que melhor nos interessar, desde que haja disponibilidade de renda e vontade (LAGE e MILONE, 2001).

Desta forma, o turista consome apenas o que agregar a maior utilidade.

Para que os bens e serviços sejam escolhidos pelo turista, afim de que seja maximizada a sua satisfação, este faz uso da avaliação dos preços, como

forma de troca de bens e serviços. Este mecanismo atribui um valor para cada bem econômico e desta forma regula o sistema de produção, distribuição e o consumo turístico.

Tal fato é justificado pela teoria econômica quando assume que os indivíduos racionais maximizam suas funções utilidades sujeitas a suas restrições orçamentárias (LAGE e MILONE, 2001).

Segundo LAGE e MILONE (2001) os consumidores têm o objetivo de maximizar suas satisfações e os produtores maximizar seus lucros. Sendo assim, na cadeia de produção e consumo turístico, existem os agentes econômicos que contribuem para o seu funcionamento, são eles: os turistas; as empresas turísticas; o governo e a comunidade anfitriã.

Desta forma, todos estes agentes econômicos irão tentar maximizar suas satisfações. O melhor desenvolvimento do conjunto dos bens e serviços será dado através da melhor harmonia entre os agentes.

O conjunto de bens e serviços relacionados a toda e qualquer atividade de turismo é denominado produto turístico. Especificamente, o produto turístico pode ser definido como um produto composto, equivalente a um amálgama formado pelos seguintes componentes: transporte, alimentação, acomodação e entretenimento (LAGE e MILONE, 2001).

Para um entendimento melhor, o produto turístico deve ser analisado também em termos de suas atrações, facilidades e acessibilidades (LAGE e MILONE, 2001).

Segundo LAGE e MILONE (2001), os produtos turísticos objetivam atender aos desejos e às necessidades humanas dos viajantes que crescem mais do que proporcionalmente à expansão e ao aperfeiçoamento dos recursos econômicos existentes.

3.1.2. Aspectos microeconômicos do turismo

A microeconomia engloba as relações econômicas de empresas. Tem como objetivo, no caso específico do estudo da microeconomia turística, analisar os mercados turísticos, os turistas e as empresas turísticas.

Vemos, portanto, que o principal agente econômico responsável pela demanda turística é o consumidor de produtos turísticos ou, simplesmente,

como é denominado: turista ou usuário de produtos turísticos (LAGE e MILONE, 2001).

Do outro lado há a oferta, ou bens e serviços, que são produzidos e ou distribuídos e vendidos por um dado preço, ou valor, aos turistas, ou consumidores.

Segundo LAGE e MILONE (2001). Podemos classificar a oferta turística em três categorias, a saber:

- a) Atrativos turísticos;
- b) Equipamentos e serviços turísticos;
- c) Infra-estrutura de apoio turístico.

Entre os principais atrativos turísticos, destacam-se:

1. Recursos naturais;
2. Recursos histórico-culturais;
3. Realizações técnicas e científico-contemporâneas, e;
4. Acontecimentos programados.

As atrações podem ser definidas como elementos do produto turístico que determinam a escolha do turista para visitar um local específico em vez de outro. São fatores que geram o fluxo de pessoas para determinada região. Por exemplo: as belezas das praias do Rio de Janeiro, as cachoeiras de Foz do Iguaçu, as dunas do Rio Grande do Norte, a ecologia do Pantanal etc. (LAGE e MILONE, 2001).

Entende-se como atrativos turísticos todo o lugar, objeto ou acontecimento de interesse turístico que motiva o deslocamento de grupos humanos para conhecê-los (LAGE e MILONE, 2001).

Sendo que, dentre os atrativos naturais, estão os reservatórios de água resultantes do represamento de rios, segundo BENI (1998).

Entre os principais equipamentos e serviços turísticos podemos destacar:

1. Meios de hospedagem;
2. Serviços de alimentação;
3. Entretenimentos;
4. Outros equipamentos e serviços turísticos (LAGE e MILONE, 2001).

As facilidades são os elementos do produto turístico que não geram normalmente os fluxos do turismo, mas sua ausência pode impedir os turistas

de procurar as atrações. Elas complementam-se e podem ser entendidas, por exemplo, como: as acomodações, os restaurantes, os bares, as farmácias, as casas de câmbio, os postos de gasolina etc. (LAGE e MILONE, 2001).

Entre as principais subcategorias da infra-estrutura de apoio turístico, podemos destacar:

1. Informações básicas do município;
2. Sistemas de transportes;
3. Sistemas de comunicações;
4. Outros sistemas;
5. Sistemas de segurança e
6. Equipamento médico-hospitalar.

A acessibilidade, por sua vez, inclui o transporte para as atrações e, principalmente, as vias de comunicação para que o turismo possa ser realizado com maior sociabilidade e integração, como: os aeroportos, as auto-estradas, os túneis, as pontes etc. (LAGE e MILONE, 2001).

Por fim, devemos mencionar alguns aspectos da adaptação da oferta turística aos movimentos da demanda, conhecida por sazonalidade, que não deve ser considerada propriamente como uma característica, mas uma conseqüência da flutuação da demanda, que gera impactos econômicos significativos na oferta dos bens e serviços de uma região turística (LAGE e MILONE, 2001).

A oferta turística é prejudicada pela existência de flutuações na demanda de curto prazo por temporada. Esse é um problema muito sério para o desenvolvimento da atividade turística e isso se deve principalmente às características da oferta turística. Se por exemplo, um hotel de 300 unidades habitacionais vender 200 delas em determinada noite, não poderá estocar as 100 restantes para vendê-las na noite seguinte. Independentemente do número de habitações que ficaram desocupadas no passado, um hotel de 300 quartos só pode oferecer e vender, no máximo, 300 por noite (LAGE e MILONE, 2001).

Caso a demanda se distribísse de maneira uniforme ao longo do tempo e do espaço, é claro que não existiriam demasiados problemas em se fixar o equilíbrio entre ela e a oferta. Mas isso não ocorre na realidade, obrigando a manter-se nas épocas de pico uma capacidade receptora que vai permanecer quase que ociosa no resto do ano (BENI, 1998).

Quando se apresenta oferta e demanda turística e relações comerciais entre estes, há o surgimento de um mercado turístico.

O mercado turístico, por suas peculiaridades específicas, pode ser classificado em:

- Mercado turístico direto, no qual se oferecem e consomem bens e serviços plenamente relacionados ao turismo;
- Mercado turístico indireto, em que se oferecem e consomem bens e serviços parcialmente relacionados ao turismo (LAGE e MILONE, 2001).

Na primeira classificação, temos como exemplo de serviços plenamente turísticos: vôos *charters*, as excursões e pacotes de turismo e os *tours* pelas cidades, considerados como serviços exclusivamente de turismo. Na segunda classificação, temos como exemplos de serviços parcialmente turísticos: os transportes, os alojamentos e os restaurantes, uma vez que podem ser utilizados por diversos consumidores, inclusive a comunidade que não necessariamente esteja fazendo turismo (LAGE e MILONE, 2001).

Os mercados turísticos também podem ser classificados por suas características próprias ou motivações de realização. Entre esses, podemos destacar os mercados turísticos motivados por: férias, descanso, negócios, estudos, contatos familiares, saúde, contemplação da natureza, compras, busca de status, peregrinações religiosas, atividades desportivas, conferências, congressos e muitos outros (LAGE e MILONE, 2001).

De acordo com a teoria econômica exposta por Alfred Marshall, um mercado é composto de vendedores e compradores de um produto. Assim, no turismo, temos como exemplo de vendedores: as empresas de transporte, hotelaria, de agências de viagens e, como exemplo de compradores: os consumidores que desejam adquirir os bens e serviços turísticos (LAGE e MILONE, 2001).

Para fins de conceituação, no próximo tópico serão abordadas sucintamente algumas definições para que fique clara a diferenciação da microeconomia da macroeconomia.

3.1.3. Aspectos macroeconômicos do turismo

A macroeconomia é o campo da economia que estuda as atividades agregadas. Investiga o funcionamento da economia em sua totalidade e procura identificar os determinantes estratégicos dos níveis do produto e da renda nacional, do emprego e dos preços. (LAGE e MILONE, 2001).

Portanto, é a partir de alguns indicadores que se torna possível verificar se um setor da economia, que seja turística, ou mesmo a economia de um país, está se desenvolvendo bem. Como é o caso dos indicadores, como PNB – Produto Nacional Bruto; PNL – Produto Nacional Líquido; PIB – Produto Interno Bruto; PIL – Produto Interno Líquido; RN – Renda Nacional; e estes por sua vez, mostram valores que expressam o funcionamento da economia.

O balanço de pagamentos é o registro contábil de todas as transações realizadas entre os residentes de um país e os dos outros países do mundo durante determinado período de tempo, geralmente um ano. Envolve tanto transações econômicas com bens e serviços, como transações econômicas com capitais físicos e monetários. (CYSNE e SIMONSEN, 1995 *apud* LAGE e MILONE, 2001).

Dentro ainda do conceito macroeconômico, Receita turística é o gasto realizado no país para onde o turista se deslocou. E Despesa turística vem a ser o gasto que um turista brasileiro, por exemplo, realiza em outro país.

Segundo LAGE e MILONE (2001), dentre os impactos positivos que a atividade turística provoca sobre a economia de um país, podemos citar:

- a) O turismo aumenta a renda do lugar visitado via entrada de divisas;
- b) O turismo estimula investimentos e gera empregos;
- c) O turismo como meio de redistribuição de riquezas;
- d) Os efeitos multiplicadores do turismo.

Em exemplo a este último caso, segundo LAGE e MILONE (2001), parte do dinheiro gasto pelos turistas em restaurantes, hotéis e atrações de lazer vai para os salários dos empregados que, por sua vez, pagam aluguel e compram novos alimentos.

Segundo LAGE e MILONE (2001), dentre os impactos negativos que a atividade turística provoca sobre a economia de um país, se pode citar:

- a) A pressão inflacionária;

b) A grande dependência em relação ao turismo;

É sabido que a queda da demanda turística, qualquer que seja sua causa, irá provocar uma retração do nível de atividade econômica e, conseqüentemente, aumentar o desemprego nas regiões turísticas. A magnitude e a extensão dessas crises dependerão diretamente do grau de dependência que essas regiões tenham com o turismo.

c) Os custos ambientais e sociais;

d) As prioridades de investimentos.

A partir dos conceitos de teoria econômica, explicitados até então, é possível distinguir quais são as relações que permeiam cada uma destas análises, macro e microeconômica. E por esta razão, como forma de contextualização do turismo brasileiro, serão mostrados no próximo item, alguns dados e informações macroeconômicos.

3.2. TURISMO BRASILEIRO

O atual cenário internacional é fortemente favorável ao desenvolvimento do setor de turismo, mesmo considerando situações específicas em determinadas regiões, tais como crises políticas, econômicas, desastres naturais e a recente guerra contra o terrorismo. O setor tende a se manter como uma das melhores opções de negócios, até porque alguns dos eventos citados afetam a economia como um todo e não somente o turismo. Contudo, se crises localizadas são ameaças para alguns países, para outros, são oportunidades, pois podem deslocar a demanda de uma região para outra. (CRESCITELLI e IKEDA, 2001).

O Brasil, nesse contexto, é um país privilegiado pois, além de possuir um grande potencial turístico natural, está longe de conflitos políticos e sociais e de desastres naturais. (CRESCITELLI e IKEDA, 2001).

Em se tratando do PIB, da forma mais usual como indicador econômico, muito embora seja reconhecida a escassez de dados estatísticos relativos à participação do setor turístico no caso do PIB brasileiro, é importante mencionar algumas expectativas aproximadas. (MILONE e LAGE, 2001).

A TABELA 1 informa os dados básicos da economia do turismo no Brasil. Em primeiro lugar é possível observar que a produção total do setor de turismo representa 4,32% da produção total do Brasil. Ao mesmo tempo, o PIB do turismo, calculado em 77,5 bilhões de reais em valores de 2002, representam 5,56% do PIB da economia brasileira. (ARBACHE *et al*, 2004).

TABELA 1: O Setor de Turismo vis-à-vis a Economia Brasileira (2002) - Dados Básicos

Indicador	Brasil	Turismo	(%)
Produção Total	2 543 258 971.00	109 853 890.33	4.32%
PIB	1 395 209 510.97	77 575 209.40	5.56%
Impostos Indiretos	161 470 687.50	8 582 428.31	5.32%
Recebimento de Divisas	196 353 843.84	7 768 153.17	3.96%
Investimento Privado	237 059 095.61	398 027.29	0.17%

Nota: Valores em R\$ mil de 2002.

Fonte: (ARBACHE *et al*, 2004).

Em segundo lugar se observa que apenas 0,17% do investimento privado da economia foi destinado ao turismo. Tal fator é extremamente relevante à medida que se observa que um nível de investimento tão baixo foi capaz de gerar uma produção relativamente elevada, como pode ser visto na participação do PIB do turismo na economia. Em outras palavras, se, com apenas 0,17% do investimento foram gerados 5,56% do PIB, então o investimento no setor de turismo teve um resultado extraordinariamente grande. (ARBACHE *et al*, 2004). Por meio deste fato, é possível dizer que existe um grande potencial de crescimento para o setor.

Dados divulgados recentemente pelo Instituto Brasileiro de Turismo (Embratur) apontam resultados positivos do mercado turístico. Este inovador ramo de atividades tem gerado não apenas divisas para o país, como também tem exercido forte influência no melhoramento do desenvolvimento cultural,

social e econômico, contribuindo para o crescimento sustentável da economia brasileira. (CONCEIÇÃO, 2006).

O turismo, pela natureza de suas atividades e pela dinâmica de crescimento nos últimos dez anos, é um dos segmentos da economia que pode atender de forma completa e de maneira rápida a vários desafios existentes, como por exemplo, gerar empregos e divisas proporcionando a inclusão social. Especialmente, ser for levada em conta a capacidade que o turismo tem de interferir nas desigualdades regionais, amenizando-as, visto que alguns dos destinos turísticos importantes no Brasil estão localizados em regiões mais pobres, e, pelas vias do turismo, passam a ser visitadas por cidadãos dos centros mais ricos do país e do mundo. E mais, o turismo deverá transformar-se em um agente da valorização e conservação do patrimônio ambiental, cultural e natural, fortalecendo o princípio da sustentabilidade.

Desta forma, o Brasil apresenta inúmeras possibilidades de destinos turísticos e uma delas será o foco do presente estudo, o turismo em reservatórios artificiais.

3.2.1. Turismo em reservatórios artificiais brasileiros

Percebe-se que no Brasil, a população costuma tirar férias em locais relacionados com água, como praias, lagos, rios, estâncias hidrominerais. Dessa forma, as diversas regiões que têm recursos hídricos próprios para balneabilidade entram em um processo de expansão das atividades econômicas ligadas ao setor terciário e à demanda de lazer das populações urbanas. (ANA, 2005).

De acordo com MMA *et al.*(2003), o setor de turismo associado aos recursos hídricos pode ser agrupado em três segmentos principais:

- O turismo e lazer no litoral brasileiro, com cerca de 8.000 km de costa.
- O turismo ecológico e a pesca em alguns biomas, como o Pantanal e a Floresta Amazônica;
- O turismo e o lazer nos lagos e reservatórios interiores. (MMA, 2003 *apud* ANA, 2005).

Com relação ao turismo associado aos recursos hídricos, pode-se destacar o “Turismo e Lazer nos lagos e reservatórios interiores”. Este

segmento turístico já se encontra em desenvolvimento em alguns dos nossos principais reservatórios. Entretanto, tem muito a crescer, de forma ordenada e sustentável, de maneira a constituir-se em um atrativo turístico brasileiro. (ANA, 2005).

Como unidade de gestão de recursos hídricos há a divisão de regiões hidrográficas e desta forma será apontado as características pertinentes ao setor turístico destas unidades.

Regiões Hidrográficas que se destacam neste segmento:

- Região Hidrográfica Tocantins-Araguaia: cabe ressaltar a utilização múltipla dos lagos das hidrelétricas de Tucuruí, Serra da Mesa e Luís Eduardo Magalhães (Lajeado) para fins de exploração turística;
- Região Hidrográfica do São Francisco: são incipientes as atividades turísticas nesta região, apesar das possibilidades oferecidas por seus vários reservatórios. O setor carece de definição política e estratégia de uso racional dos lagos dos reservatórios como possibilidade de ofertar lazer de baixo custo à sociedade;
- Região Hidrográfica do Paraná: a pesca esportiva, o turismo e o lazer ocorrem principalmente nos reservatórios ao longo dos rios Tietê, Grande, Paranapanema e Paranaíba. (ANA, 2005)

Só fica evidenciada, então, a necessidade de ações integradas entre os diversos setores usuários da água no âmbito da bacia hidrográfica para garantir a sustentabilidade socioambiental bem como os usos múltiplos dos recursos hídricos. (ANA, 2005).

Os problemas ambientais são graves entraves para o desenvolvimento sustentável da região onde há aproveitamento turístico, porém estes não foram abordados, uma vez que não está no foco do presente trabalho.

A atividade turística, objeto deste trabalho é a instalada em reservatórios artificiais formados pelo represamento da água, em função da construção de uma Usina hidrelétrica.

Com base em alguns critérios como o tamanho dos reservatórios, o atual desenvolvimento de atividades turísticas na região de seu entorno e o potencial para o aproveitamento turístico, foram escolhidos dez reservatórios considerados principais para o aproveitamento turístico no Brasil. A TABELA 2 mostra as principais características de cada um. (ANA, 2005).

TABELA 2: Características dos principais reservatórios nacionais para aproveitamento turístico

RESERVATÓRIO	ÁREA INUNDADA (km ²)	PERÍMETRO (km)	RIO	UF	MUNICÍPIO
Serra da Mesa	1.784	3.898	Tocantins	GO	Minaçu
Lajeado (Luís Eduardo Magalhães)	626	1.164	Tocantins	TO	Lajeado
Tucuruí	2.430	8.396*	Tocantins	PA	Tucuruí
Três Marias	1.009	2.297	São Francisco	MG	Três Marias
Sobradinho	4.214	1.352	São Francisco	BA	Casa Nova Juazeiro
Xingó	60	65	São Francisco	AL SE	Piranhas Canindé de São Francisco
Furnas	1.442	3.500	Grande	SP MG	São João da Barra Alpinópolis
Itaipu	1.350	1.400	Paraná	PR	Foz do Iguaçu
Caconde	31	269	Pardo	SP MG	São José do Rio Pardo
Paranoá	40	80	Paranoá	DF	Brasília

Fonte: SIPOT (Eletrobrás, 2004) *apud* ANA, 2005.

* Incluindo todas as ilhas

Serão caracterizados a seguir, apenas alguns reservatórios, e o critério de escolha se baseou como o caso de Furnas, na existência de conflitos de usos entre o aproveitamento turístico e o regime de operação da Central

Hidrelétrica. Caso dos reservatórios de Serra da Mesa, Sobradinho, Xingó e Furnas.

- Reservatório de Serra da Mesa:

Grande lago formado pelo barramento das águas do rio Tocantins, na altura de Minaçu (GO) onde está a hidrelétrica de Serra da Mesa. O reservatório começou a ser alagado em 1997 e transformou-se em atração de ecoturismo e pesca para os principais municípios a sua volta – Campinaçu (GO) e Uruaçu (GO) a oeste, na Belém-Brasília, Niquelândia (GO) na parte sul e Colinas (GO) a oeste (a caminho da Chapada dos Veadeiros), substituindo antigas paisagens por um espelho de água de centenas de quilômetros. Ele é hoje o maior reservatório do Brasil em volume de água e possui grande importância no panorama energético brasileiro. (ANA, 2005).

Com a construção da Usina Hidrelétrica de Serra da Mesa a paisagem local sofreu uma transformação radical: a represa da usina alagou as áreas pré-existentes, criando uma lagoa de centenas de quilômetros. Não só a paisagem mas todo o ecossistema da região sofreu alterações: peixes como o tucunaré, que habitavam lagos na redondeza, tiveram condições propícias de desenvolvimento no novo lago formado. (ANA, 2005).

O Tucunaré é um peixe originário da Bacia Amazônica mas que acabou se adaptando bem em outras regiões do Brasil, até mesmo em pesqueiros. Em Serra da Mesa, ele é um dos atrativos da pesca esportiva. A diversidade de estruturas encontradas no lago, como galhadas, ruínas e pauleiras, oferecem ao pescador uma infinidade de oportunidades para treinar sua técnica de arremessos e superar os obstáculos para conseguir pescar. Assim sendo, a pescaria no Lago de Serra da Mesa mostra-se muito divertida, sendo possível pescar peixes de tamanho e espécies diferentes. (ANA, 2005).

- Reservatório de Sobradinho

Para regularizar a vazão plurianual do rio São Francisco, evitar inundações de algumas cidades ribeirinhas durante as cheias e diminuir a queda na geração elétrica durante a estiagem foi construído o reservatório de Sobradinho. Na época era o maior lago artificial do mundo. Hoje é o maior lago artificial do mundo em espelho de água. (ANA, 2005).

Foi inundada uma área de 4.214 km², onde estavam incluídas as áreas urbanas e rurais dos municípios de Casa Nova, Remanso, Sento Sé e Pilão

Arcado, além de áreas rurais dos municípios de Juazeiro e Xique-Xique. Os habitantes das quatro cidades e de 30 povoados rurais tiveram que deixar o local onde moravam. (ANA, 2005).

Uma das opções de turismo da região é a pesca esportiva, tendo como uma dos peixes mais procurados o tucunaré, bastante apreciado em todo o país. Também podem ser encontrados o surubim, a traíra, o dourado, o piau, a piranha, o mandim, a Curimatá, o pira, a pescada e outros. (ANA, 2005).

Existe a idéia de implantação de um pólo ecoturístico que vai desde os limites do Lago de Sobradinho, nos municípios em Juazeiro (BA) e Petrolina (PE), até a foz do rio São Francisco, entre os Estados de Sergipe e Alagoas. Isso porque a população ribeirinha sofreu um acentuado empobrecimento com a implantação das hidrelétricas e com a política de transporte que prioriza as rodovias o que ocasionou o total abandono da navegação fluvial e costeira. A próxima implantação de um Pólo Ecoturístico será a do Canyon do Rio São Francisco. (ANA, 2005).

- Reservatório de Xingó

A Hidroelétrica de Xingó, construída em Canindé de São Francisco (SE), é, por si só, um espetáculo único: barragem de enrocamento com face de concreto a montante com 141 m de altura. É a segunda maior do Brasil, superada apenas por Tucuruí, e uma das sete maiores do mundo. Situada na divisa dos Estados de Alagoas e Sergipe, criou um lago de 65 km de extensão no Canyon do Rio São Francisco, preservando sua beleza e possibilitando uma viagem fluvial entre os reservatórios de Xingó e Paulo Afonso. (ANA, 2005).

As atividades na região de Xingó são diversas podendo ser destacadas como principais atrações turísticas:

Cidade das Piranhas; Usina Hidrelétrica de Xingó; Lago de Xingó; Canyon de Xingó – Trilha Ecológica; Vale dos Mestres; Sítio Arqueológico do Justino; Trilha do Cangaço e passeios de Catamarã. (ANA, 2005).

No próximo item serão mostradas as características do aproveitamento turístico do reservatório de Furnas.

3.2.2. Turismo no reservatório de Furnas

Considerado o "Mar de Minas", o lago de Furnas é a maior extensão de água no estado de Minas Gerais e um dos maiores lagos artificiais do mundo. Alimentado por nascentes e rios de águas cristalinas, cobre uma superfície de 1.457,48 km², recriando paisagens em 34 municípios fazendo da região um reduto de pescadores, navegadores e pessoas em busca de beleza e repouso. Projetado para mover a Hidroelétrica de Furnas, é portanto, fruto da engenharia humana, o que o torna mais sensacional quando se aprecia a harmonia de suas praias e seus canyons magníficos, alguns desaguando lindas cachoeiras às suas margens. (ALAGO, 2007).

Na FIGURA 2 é possível visualizar a extensão deste reservatório.

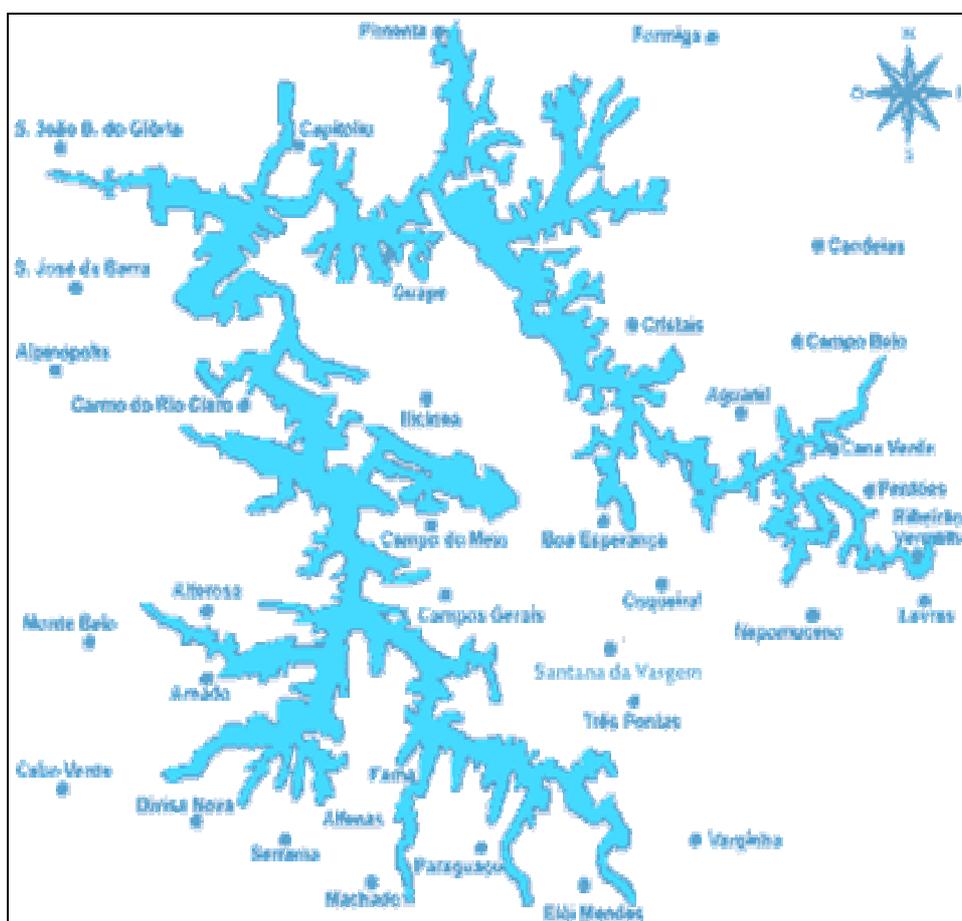


FIGURA 2: Reservatório de Furnas.

Fonte: <http://www.praiasdeminas.com.br>, 2004 *apud* CERNE/UNIFEI, 2004.

Historicamente a região guarda a memória das tribos indígenas que ali habitaram, das trilhas bandeirantes em busca de ouro, das fazendas seculares e dos quilombos rebeldes. Muito dessa história submergiu em fevereiro de 1963, quando as águas do lago subiram seu nível por sobre casas, plantações e até mesmo cidades, transformando definitivamente o lugar. Seus habitantes levaram algum tempo para reconhecer a nova paisagem e as novas possibilidades oferecidas pelo grande lago que se formara. Aos poucos, porém, em seus remansos, agradáveis pousadas, férteis pesqueiros e elegantes embarcações foram surgindo e delineando o futuro turístico do lago de Furnas. (ALAGO, 2007).

Os 34 municípios lindeiros oferecem uma natureza espetacular e uma estrutura turística que combina tradições mineiras, esportes náuticos, pesca e trilhas ecológicas. Um roteiro surpreendente para cada visitante que percorre seus caminhos, redescobrimo lugares como Capitólio, onde estão as famosas Escarpas do Lago, maior base náutica de água doce da América Latina, Carmo do Rio Claro onde a tecelagem é internacionalmente conhecida por sua técnica e criatividade apurada, São João Batista do Glória, batizada como a cidade das cachoeiras ou Guapé, emoldurada pela beleza da represa, das serras e dos canyons, e muito outros atrativos são oferecidos pelo Mar de Minas. A consciência de todo esse potencial de beleza, lazer e piscicultura faz nascer a ALAGO (Associação dos Municípios do Lago de Furnas), uma iniciativa associativista direcionada para a sustentabilidade econômica e a preservação ambiental dos municípios lindeiros banhados pelo lago (ALAGO, 2007).

O Lago de Furnas está localizado na parte sul do estado de Minas Gerais, situando-se a 300 km de Belo Horizonte, 500 km do Rio de Janeiro e 400 km de São Paulo (CERNE/UNIFEI, 2004). Os municípios que compõem a região do entorno do reservatório de Furnas, estão listados na TABELA 3.

TABELA 3: Municípios lindeiros ao reservatório de Furnas

Municípios lindeiros ao reservatório de Furnas
Aguanil
Alfenas
Alterosa

Areado
Boa Esperança
Botelhos
Campo Belo
Campo do Meio
Campos Gerais
Cana Verde
Candeias
Capitólio
Carmo do Rio Claro
Conceição Aparecida
Coqueiral
Cristais
Divisa Nova
Eloi Mendes
Fama
Formiga
Guapé
Ilicínea
Lavras
Nepomuceno
Paraguaçu
Perdoes
Pimenta
Ribeirão Vermelho
Santana da Vargem
São J. Batista do Gloria
São Jose da Barra
Três Pontas
Varginha

Fonte: CERNE/UNIFEI E ALAGO, 2006

A potencialidade turística da região do entorno do Lago de Furnas é grande. A beleza natural e a história da região é rica e precisa ser resgatada e, sendo assim, os circuitos turísticos tentam organizar cada 'área geográfica' a fim de promover o seu desenvolvimento turístico, tentando valorizar a cultura local e dinamizar a economia dos municípios (CERNE/UNIFEI, 2004).

O circuito turístico compreende um conjunto de municípios com relativa proximidade em determinada área geográfica, caracterizado pela predominância de certos elementos da cultura, da história e da natureza. A identidade e o associativismo entre esses municípios pretendem somar os atrativos, equipamentos e serviços turísticos, com o objetivo de enriquecer a

oferta turística, ampliem as opções de visita e a satisfação do turista, com conseqüente aumento do fluxo e da permanência dos visitantes naquela região (CERNE/UNIFEI, 2004).

Para que ocorra a necessária integração regional entre os municípios de um mesmo circuito, vias de acesso com a mínima infra-estrutura são imprescindíveis à complementaridade dos atrativos, meios de transporte, equipamentos e serviços, em suma, ao fortalecimento da cadeia produtiva do setor turístico. Além disso, deve-se ter pelo menos uma cidade com infra-estrutura básica para hospedar os turistas, para que estes a partir dela, possam se deslocar para outros pontos de visitação do circuito turístico (CERNE/UNIFEI, 2004).

Neste enfoque, foram relacionados os equipamentos e serviços turísticos existentes no reservatório de Furnas através do trabalho realizado por pesquisadoras formadas em turismo e que realizaram a 3ª visita aos municípios lindeiros ao lago de Furnas. Um dos produtos deste trabalho foi a TABELA 4, onde estão representados os equipamentos e serviços de vinte e dois municípios do entorno do reservatório.

Segundo CERNE/UNIFEI (2004), a TABELA 4 mostra o resumo comparativo da infra-estrutura de apoio e atrativos turísticos, segundo informações encontradas nos meios de divulgação pesquisados em *folders*, *sites*, etc. e alguma constatação *in loco* durante a visita nos municípios visitados. Cabe ressaltar que há uma grande deficiência nos meios de divulgação, pois muitas informações não são divulgadas ou estão desatualizadas.

TABELA 4: Quantificação da Infra-estrutura dos municípios

INFRA-ESTRUTURA	Serviços de Apoio ao Turismo						Nº de atrativos turísticos destacados	
	<u>Municípios:</u>	Bancos	Hospital	Hospedagem		Alimentação		
				Hotel	Outros	Restaurante		Outros
AREADO	2	1	1	2	2	4	2	
ALTEROSA	2	1	2	2	2	não info.	não info.	
CARMO R. CLARO	2	1	4	2	2	2	3	
PASSOS	10	3	9	não info.	13	não info.	1	
SÃO J. B. DO GLÓRIA	não	1	4	6	não info.	não info.	5	

	info.						
SÃO JOSÉ DA BARRA	0	1	1	4	1	não info.	3
GUAPÉ	1	1	4	5	2	3	2
CAPITÓLIO	1	1	4	1	5	8	10
PIMENTA*	1	1	2	0	1	não info.	2
FORMIGA	6	1	6	1	4	10	8
CRISTAIS	1	1	0	não info.	não info.	não info.	3
AGUANIL	0	0	0	1	não info.	não info.	1
NEPOMUCENO	1	1	3	1	14	13	4
BOA ESPERANÇA	5	1	8	1	6	não info.	3
TRÊS PONTAS	5	2	3	não info.	6	4	3
VARGINHA	9	3	28	não info.	21	36	4
ELÓI MENDES	2	1	Não info.	2	1	não info.	2
PARAGUAÇÚ	2	1	3	não info.	10	não info.	1
CAMPOS GERAIS	1	1	3	não info.	2	não info.	1
CAMPO DO MEIO	1	1	2	1	1	não info.	2
FAMA*	0	0	1	1	3	não info.	3
ALFENAS	8	3	9	1	29		2

Legenda:



Dependência de maior infra-estrutura de apoio

Município com capacidade de atender a demanda de equipamentos e serviços da região

Fonte: CERNE/UNIFEI, 2004.

Em termos microeconômicos, a oferta turística se divide em atrativos turísticos; equipamentos e serviços turísticos e infra-estrutura de apoio turístico. O reservatório de Furnas representa o maior atrativo natural da região. Este é o elemento que motiva a atividade turística da região e é o ponto que a diferencia de outros destinos turísticos do país. Esta escolha do turista por visitar um local em detrimento de outro, depende de seus gostos, do atrativo turístico e também da infra-estrutura para atender suas necessidades. Desta forma, o destino turístico deve oferecer ao turista equipamentos e serviços turísticos e toda uma infra-estrutura de apoio que satisfaça suas necessidades durante o período de sua estada.

Dentro da oferta turística oferecida, mais precisamente referente a equipamentos e serviços turísticos existem meios de hospedagem como, hotéis; *resorts*; chalés; pousadas; clubes; *camping*; serviços de alimentação,

como bares e restaurantes; e de entretenimento como clubes e marinas que oferecem a prática de esportes náuticos.

Os equipamentos e serviços turísticos instalados as margens do reservatório têm uma dependência maior que os outros equipamentos e serviços locados na extensão do município, e isto ocorre porque os turistas que se deslocam a esta região os utilizam unicamente em função do lago. E, se este não estiver em condições apropriadas quanto ao nível, para que seja mantida a beleza do local, ocasionará uma queda na demanda turística para estas regiões e desta forma se caracterizará como um dos impactos negativos do turismo como já definido anteriormente.

Vale lembrar que toda a atividade turística do município sofre impacto negativo em função da queda do fluxo turístico, em virtude da falta do atrativo turístico, que no caso é o reservatório de Furnas, porém, isto ocorre de forma menos drástica.

Desta forma, não só a atividade turística do município sofre impactos negativos com a ausência de turistas, mas o município como um todo. O grau de impacto para o município é dado em função da dependência da economia local com o turismo instalado.

Como atrativo indispensável ao desenvolvimento da atividade turística da região, a água do reservatório em níveis satisfatórios não causa entraves para o desenvolvimento desta atividade e é caracterizado com um dos usos múltiplos do reservatório de Furnas. Desta forma, no próximo item serão abordados os usos da água relacionados aos reservatórios do Brasil.

3.3. USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA

Nos últimos anos, a água, substância essencial à vida na Terra, tem sido objeto de estudo em pesquisas relacionadas à problemática ambiental. Nessas pesquisas são discutidas questões relacionadas às propriedades da água – vetor de calor e solvente, sua importância e os seus usos diversos para abastecimento, transporte, geração de energia hidroelétrica, lazer, recepção e condução de esgotos domésticos e efluentes industriais. (FRACALANZA, 2005).

Ao introduzir os seres humanos no cenário pode-se notar uma alteração no modo de conceber a água: já não basta considerar o elemento natural necessário à manutenção e reprodução da vida, de forma estática, já que são criadas historicamente novas necessidades de uso da água pelo Homem em sociedade. Trata-se de necessidades sociais, uma vez que dependem da forma de organização das diferentes sociedades humanas e do aparato científico e tecnológico criado. (FRACALANZA, 2005).

A distinção da água utilizada para suprimento de necessidades essenciais dos organismos vivos e a água utilizada para suprir necessidades sociais do Homem permite que se refira a água de duas formas diferentes: o elemento natural água, necessário à manutenção da vida dos seres vivos; e o recurso hídrico apropriado pelo Homem, como um meio para se atingir um fim, nas atividades que envolvem trabalho. (FRACALANZA, 2005).

Com o advento da Lei 9.433, de 1997, o princípio dos usos múltiplos foi instituído como uma das bases da Política Nacional de Recursos Hídricos e, assim, os diferentes setores usuários de recursos hídricos, em qualquer corpo d'água, passaram a ter igualdade de direito de acesso à água, o que, apesar do Código de Águas já tratar do assunto desde 1934, no que se refere aos reservatórios hidrelétricos (Art. 143), isso nunca ocorreu no Brasil. É oportuno ressaltar que a única exceção, trazida na lei, se refere à prioridade de uso, no caso de escassez, para o abastecimento humano e a dessedentação animal, o que fortalece a tese da necessidade de garantirem-se os direitos individuais e da dignidade da pessoa humana. Todavia, o citado instrumento legal coloca todos os demais usos em igualdade, tais como, geração de energia elétrica, irrigação, navegação, abastecimento industrial, lazer, etc. Desde então, o crescimento da demanda por água para os mais variados usos fez crescer e tomar corpo o princípio dos usos múltiplos, gerando uma série de conflitos de interesses entre os mais diversos usuários (MASELLI, 2005).

Quando se fala das necessidades locais, pode ser citado, o caso das comunidades, que desenvolvem suas atividades econômicas no lago dos reservatórios e que têm sofrido enormemente, com os sensíveis deplecionamentos, não apenas pelas intensidades, mas, sobretudo, pelas suas durações (SANTOS *et al*, 2004).

Dentre vários eventos, podem ser citados a impossibilidade recente de navegação em Itaipu, o impacto ao turismo e piscicultura nos reservatórios de Caconde e Furnas, o prejuízo a culturas permanentes irrigadas no Vale do São Francisco e os danos ocorridos em Três Marias decorrentes das variações de vazões ocasionando grande influência na navegação, assoreamento, meio ambiente e outros usos da água (SANTOS *et al*, 2004).

3.3.1. Conflitos de usos da água em reservatórios artificiais

Os grandes reservatórios do País foram construídos principalmente para geração de energia elétrica e vinculados à sua operação existem contratos de concessão de energia que fixam regras e limites mínimos e máximos que seus níveis e/ou vazões podem atingir tanto para jusante como para montante. (ANA, 2005).

Para o setor “Turismo e Lazer” o ideal seria se o reservatório não fosse deplecionado, ou seja, que não houvesse redução de seu nível, o que facilitaria o seu acesso pelos usuários que vão em busca do turismo e lazer no mesmo. (ANA, 2005).

Esse conflito entre o setor de geração de energia e o setor de turismo e lazer tem sido particularmente intenso nos reservatórios de Caconde e de Furnas. O deplecionamento autorizado atinge 30 m no reservatório de Caconde e 18 m no reservatório de Furnas (ANA, 2005).

Problemas de conflitos podem acontecer, por exemplo, na época das “praias” do rio Tocantins, no período de julho a setembro. Caso a Hidrelétrica de Serra da Mesa localizada a montante dessas praias, gerar energia com variação de nível poderá prejudicar a infra-estrutura das praias, e por consequência, a atividade do turismo na região (ANA, 2005).

Outro exemplo de conflito existente entre os setores “Elétrico” e “Turismo e Lazer” é o caso do complexo de Paulo Afonso (Usinas I, II, III e IV), no rio São Francisco entre os reservatórios de Sobradinho e Xingó. Por causa da geração hidroelétrica, deixa de existir um verdadeiro “espetáculo da natureza” que é a Cachoeira de Paulo Afonso, a cascata mais alta do mundo com seus 82 m de fundo e de beleza natural ímpar. Esta cachoeira, chamada de a

“Niágara brasileira” na descrição de Richard Burton, é ligada e desligada ao simples toque de alguns botões (ANA, 2005).

Esses são alguns dos muitos exemplos de conflitos entre o setor “Turismo e Lazer” e outros setores usuários de recursos hídricos. (ANA, 2005).

Nessa disputa, tem-se, de um lado, o setor elétrico que requer a utilização da água dos reservatórios para a produção de energia elétrica e, do outro, estão as comunidades locais, que se utilizam do reservatório para exploração de outras atividades econômicas e até mesmo como forma de sobrevivência (MASELLI, 2005).

O presente trabalho não trará nenhuma forma de ponderação dos interesses referentes aos conflitos pelo uso da água, haja vista que não é o foco do presente estudo. Porém, pode ajudar na negociação realizada pelos Comitês de Bacia e Alago que defendem o desenvolvimento econômico da região através dos valores de impacto calculados através das simulações, no período de 1996 a 2005 e servir de ferramenta de previsão de futuros impactos.

Neste contexto no próximo item serão abordados conceitos referentes à operação de reservatórios visando à geração de energia e o que isto impacta as atividades turísticas ribeirinhas.

3.3.2. Geração hidrelétrica

A gestão dos recursos hídricos, atualmente, preocupa-se basicamente, com dois aspectos: a quantidade e a qualidade. Quando se trata de reservatórios de centrais hidrelétricas, esses conceitos têm de ser analisados de uma maneira mais ampla. Exemplo claro disso é a importância do nível d’água desses lagos para o lazer e o turismo, independentemente se fazem uso direto da água. Assim, o efeito paisagístico do espelho d’água é afetado pelo nível operativo, que é consequência do balanço quantitativo (o volume inicial, mais o que aflui, menos o que sai, resulta no novo volume armazenado e um correspondente nível). (MASELLI, 2005).

As comunidades instaladas no entorno dos reservatórios sofrem uma grande influência da operação dos mesmos, já que, em tempos de seca e geração intensa de energia, os reservatórios diminuem seu volume, o que desloca a borda de sua posição inicial (reservatório cheio), ocasionando, por

vezes, a impossibilidade de captação da água, e, no caso do lançamento de dejetos, o surgimento de lançamento de esgoto a céu aberto, o que influencia não somente a salubridade pública, como também o turismo (MASELLI, 2005).

Como as usinas hidrelétricas são construídas onde melhor se pode aproveitar as aflúências e os desníveis dos rios, comumente em locais distantes dos centros consumidores, foi necessário desenvolver no país um extenso sistema de transmissão, formando caminhos alternativos, permitindo transportar a energia produzida até os centros de consumo. Mais ainda, as grandes interligações possibilitam a troca de energia entre regiões, permitindo obter benefícios a partir da diversidade de comportamento das vazões entre rios de diferentes bacias hidrográficas (SANTOS *et al*, 2004).

Desde meados da década de 70, o sistema eletroenergético brasileiro é operado de forma coordenada, visando obter ganhos sinérgicos a partir da interação entre os agentes. A operação coordenada visa minimizar os custos globais de produção de energia elétrica, contemplando restrições intra e extra-setoriais e aumentando a confiabilidade do atendimento. Conceitualmente, a operação centralizada do Sistema Interligado Nacional está embasada na interdependência operativa entre as usinas, na interconexão dos sistemas elétricos e na integração dos recursos de geração e transmissão no atendimento ao mercado (SANTOS *et al*, 2004).

A interdependência operativa é causada pelo aproveitamento conjunto dos recursos hidrelétricos, através da construção e da operação de usinas e reservatórios localizados em seqüência em várias bacias hidrográficas. Desta forma, a operação de uma determinada usina depende das vazões liberadas a montante por outras usinas que podem ser de outras empresas, ao mesmo tempo em que sua operação afeta as usinas a jusante, de forma análoga, (SANTOS *et al*, 2004).

A FIGURA 3 ilustra o funcionamento do Sistema interligado Nacional referente às usinas hidrelétricas despachadas pela ONS, Operador Nacional do Sistema.

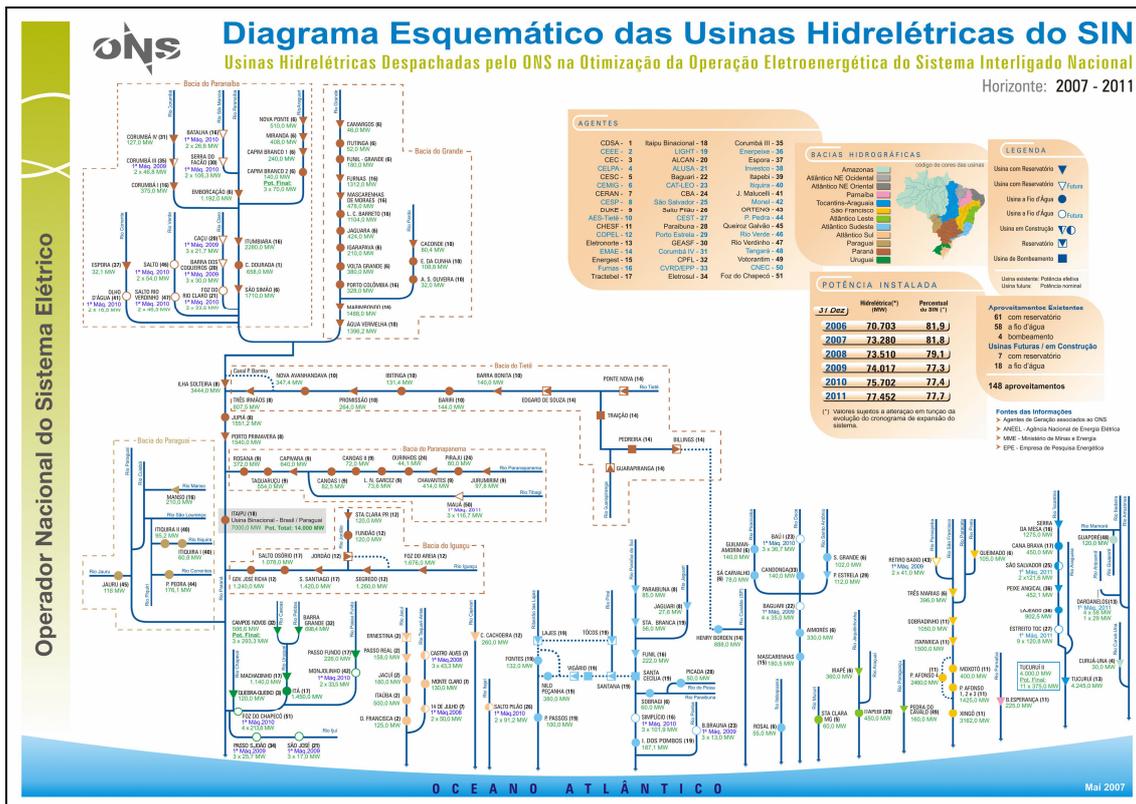


FIGURA 3: Diagrama Esquemático das Usinas Hidrelétricas do SIN.

Fonte: <http://www.ons.org.br>

No entanto, a transferência de energia entre regiões, intensamente utilizada para a otimização sistêmica, privilegiando o ganho de energia, da maneira como é realizado nos dias atuais, beneficia toda a população brasileira, expondo os usuários do entorno dos reservatórios, a um grande risco econômico de suas atividades econômicas, sejam elas de pesca, navegação, turismo dentre outras, por estarem expostos a sazonalidade de níveis de água dos reservatórios, (ONS, 2004 apud SANTOS *et al*, 2004).

A Central Elétrica de Furnas foi criada em 28 de fevereiro de 1957, através do Decreto Federal nº. 41.066, com o desafio de sanar a grave crise energética que ameaçava os três principais centros socioeconômicos do país: São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte. Hoje, a Empresa conta com dez usinas hidrelétricas e duas termelétricas. São 42 subestações e 18.000 km de linhas de transmissão, (FURNAS, 2004 apud SANTOS *et al*, 2004).

Segundo SANTOS (2004), foi a primeira usina construída pela Empresa, da qual herdou o nome. A barragem está localizada no curso médio do rio Grande, no trecho denominado "Corredeiras das Furnas", entre os municípios

de São João da Barra e São João Batista do Glória, em Minas Gerais. É administrada indiretamente pelo Governo Federal, vinculada ao Ministério de Minas e Energia e controlada pela ELETROBRÁS (SANTOS *et al*, 2004).

Sua construção começou em julho de 1958, tendo, a primeira unidade, entrado em operação em setembro de 1963 e a sexta, última prevista em projeto, em julho de 1965. No início da década de 70, foi iniciada sua ampliação para a instalação das sétima e oitava unidades, totalizando 1.216 MW, o que colocou a obra entre uma das maiores da América Latina (SANTOS *et al*, 2004).

A potência prevista no início de sua construção correspondia a 1/3 da total instalada no Brasil. A Usina de Furnas, além de se constituir um marco de instalação de grandes hidrelétricas no Brasil, possibilitou a regularização do rio Grande e a construção de mais oito usinas, aproveitando, integralmente, um potencial de mais de 6.000 MW instalados (SANTOS *et al*, 2004). A FIGURA 4 ilustra a Usina Hidrelétrica de Furnas.



FIGURA 4: Usina Hidrelétrica de Furnas.

Fonte: <http://www.furnas.com.br>, 2007.

De acordo com FURNAS (2007), seguem alguns dados técnicos do reservatório de Furnas que são pertinentes para a compreensão do volume útil a que esta Usina opera, ou seja, entre os níveis mínimos e máximos:

- Extensão máxima: 220 km.
- Nível máximo de armazenamento: 768 m.
- Nível de máxima cheia: 769,30 m.
- Nível mínimo de operação: 750 m.

- Área inundada: 1.440 m².
- Volume total: 22,95 bilhões m³.
- Volume útil: 17,217 bilhões m³.

Uma usina hidrelétrica pode ser definida como um conjunto de obras e equipamentos cuja finalidade é a geração de energia elétrica, através de aproveitamento do potencial hidráulico existente em um rio (FURNAS, 2007).

Basicamente, uma usina hidrelétrica compõe-se das seguintes partes:

- Barragem;
- Sistemas de captação e adução de água;
- Casa de força;
- Sistema de restituição de água ao leito natural do rio (FURNAS, 2007).

A água captada no lago formado pela barragem é conduzida até a casa de força através de canais, túneis e/ou condutos metálicos. Após passar pela turbina hidráulica, na casa de força, a água é restituída ao leito natural do rio, através do canal de fuga. (FURNAS, 2007). Conforme ilustrado na FIGURA 5.



FIGURA 5: Barragem da Usina Hidrelétrica de Furnas.

Fonte: <http://www.furnas.com.br>, 2007.

Dessa forma, a potência hidráulica é transformada em potência mecânica quando a água passa pela turbina, fazendo com que esta gire, e, no gerador - que também gira acoplado mecanicamente à turbina - a potência mecânica é transformada em potência elétrica (FURNAS, 2007).

A energia assim gerada é levada através de cabos ou barras condutoras dos terminais do gerador até o transformador elevador, onde tem sua tensão

(voltagem) elevada para adequada condução, através de linhas de transmissão, até os centros de consumo (FURNAS, 2007).

Daí, através de transformadores abaixadores, a energia tem sua tensão levada a níveis adequados para utilização pelos consumidores (FURNAS, 2007).

Para que seja gerada energia, inevitavelmente o nível do reservatório diminui.

No caso de Itaipu, a importância do rebaixamento para a geração de energia pode ser avaliada por uma comparação simples: a redução dos primeiros dez centímetros de água gera uma produção de 1.600 MW médios, o suficiente para atender uma cidade do porte de Curitiba por três dias ou Foz do Iguaçu durante um mês (ITAIPU, 2007).

Mas essa relação não é constante. Para os próximos 10 centímetros, a produção já seria um pouco inferior, e assim por diante. Isso ocorre porque a produção de energia está relacionada à queda da água (distância entre o nível do reservatório e o canal de fuga, por onde a água sai depois de movimentar a turbina). Quando o lago é rebaixado, a queda vai diminuindo proporcionalmente, reduzindo a produtividade (ITAIPU, 2007).

Apesar de parecer uma operação fácil, as operações de rebaixamento são pouco entendidas. Quantos de nós não ficamos confusos quando os noticiários informam que o reservatório "tal" está com apenas 5% de sua capacidade? (ITAIPU, 2007).

Capacidade? Que capacidade é essa? A resposta para essa pergunta está relacionada aos tipos de usina que são construídas (ITAIPU, 2007).

Existem dois tipos: as usinas de acumulação e as usinas a fio d'água. As usinas de acumulação são caracterizadas por grandes reservatórios, que têm a finalidade de armazenar água nos períodos de cheia para usá-la nos períodos de seca. Por isso, quando o noticiário informa que o reservatório está só com 10% da sua capacidade, quer dizer que só sobrou 10% da água que acumulou no período de cheia (ITAIPU, 2007).

Já as usinas a fio d'água têm pouca ou nenhuma capacidade de acumulação de água, como é o caso de Itaipu. Nessas usinas, em períodos normais, toda a água que entra no reservatório sai, seja através das turbinas, depois de produzir energia, seja pelo vertedouro, que funciona como um

"ladrão" da caixa d'água. Entretanto, apesar de ser a fio d'água, Itaipu possui uma reserva pequena, utilizada apenas em períodos emergenciais. Segundo ITAIPU (2007), essa reserva permite rebaixar o lago em até 10 metros (isso não ocorreu até hoje), o que levaria o nível do reservatório para a cota 210, em condições extremas.

Para afastar o rebaixamento em Itaipu, a chuva não precisa ocorrer sobre o lago, mas, preferencialmente, ao longo das bacias dos rios Grande e Parnaíba, principais afluentes do Rio Paraná. No Rio Grande existe uma das principais usinas de acumulação do Brasil, a Hidrelétrica de Furnas. Esse rio tem ainda as usinas de acumulação de Marimbondo e Água Vermelha. No Parnaíba, a água é estocada, principalmente, nas usinas de Emborcação, Itumbiara e São Simão (ITAIPU, 2007).

Deve-se buscar sempre o menor deplecionamento, tendo em vista que, ao ser diminuído o h_{mn} (altura mínima normal), durante alguns meses do ano, reduz-se a energia específica da água afluente, a denominada redução da queda. Conseqüentemente, também é reduzida a potência turbinável, passando a Turbina Hidráulica - TH a trabalhar com menor rendimento, podendo surgir problemas ambientais em conseqüência da exposição de áreas antes inundadas (SOUZA *et al*, 1999).

Voltando a fixação do deplecionamento, somente uma simulação, como a de Conti-Varlet, pode indicar as vantagens de se aumentar o volume útil, que se reflete em uma maior produção de energia, notadamente nos períodos secos. Entretanto, variações muito grandes podem restringir a produção de energia, em conseqüência das reduções do rendimento das TH e da energia específica (SOUZA *et al*, 1999).

Desta forma, os grandes deplecionamentos dos reservatórios que ocorrem de forma recorrente e duradoura, não são favoráveis nem a produção de energia nem as atividades turísticas desenvolvidas em reservatórios de acumulação que têm aproveitamento turístico, como é o caso do reservatório de Furnas.

No próximo item serão abordados os aspectos referentes às atividades turísticas de reservatórios brasileiros e o caso de Furnas.

3.3.3. Turismo

Segundo (MASELLI, 2005), o aparecimento de atividades de lazer e instalações facilitadoras do turismo ocorre de forma natural, possivelmente pela quase inexistência de lagos naturais no país e pelas grandes distâncias ao litoral, típicas das regiões economicamente afetadas por esses reservatórios.

Porém, existem entraves a este desenvolvimento: os reservatórios e lagos artificiais foram criados, historicamente e em sua maioria, para a geração de energia elétrica. Contudo, com o crescimento da demanda por água para os mais variados usos fez crescer o princípio dos usos múltiplos, gerando uma série de conflitos de interesses quanto aos usos das águas. (ANA, 2005).

Dentre os reservatórios mais críticos no que concerne aos impactos sócio-econômicos e ambientais destaca-se o da UHE Furnas em razão de ter sido feitos investimentos em seguimentos, como de turismo e lazer, agricultura, piscicultura e saneamento, o que eleva a concorrência pelo uso da água armazenada. Também, o reservatório de UHE Furnas, pelas suas dimensões e por estar localizado em uma região densamente povoada, cerca de 2.600.000 habitantes, é o mais importante reservatório da bacia do Paraná, adquirindo relevância no tema de conflito pela água por sintetizar posições que contrapõem o interesse energético com os interesses de abrangência local e regional, como lazer e turismo, sedentação, agricultura, etc. Na sua cota máxima normal (768 m) ele tem um volume útil de 17.217 hm³ e uma área alagada de 1.440 km² e quando está deplecionado em 95% do volume útil, como foi previsto para ser atingido em 2001, há uma redução de 16,48 m no nível de água e a sua área alagada é reduzida em 59 %. Este deplecionamento, ora em curso, está trazendo sérios prejuízos sócio-econômicos e ambientais para os municípios da região, que têm na água armazenada neste reservatório e na vazão defluente um dos pilares de sustentação das suas economias, ou seja, estes municípios são muito dependentes da geração de energia elétrica e das atividades, direta ou indiretamente, ligadas ao turismo e a agricultura. Aliados ao interesse público de aumento de receita, encontram-se os investidores privados que amargam grandes prejuízos, sobretudo no setor terciário. (ANA e EFEI, 2001)

Segundo (MASELLI, 2005), a manutenção do espelho d'água e de sua orla, principais atrativos turísticos, depende das condições operativas dos reservatórios. Por esta razão, não basta definir as quotas máximas e mínimas, se mais importante ainda não forem definidas as durações e freqüências dos deplecionamentos. Exemplo disso são os reservatórios de usinas de regularização de ponta, cujos níveis variam entre o máximo e o mínimo diariamente. Não menos impactantes são os reservatórios plurianuais, como o de Furnas, que se mantém intensamente deplecionados por períodos que podem ser superiores a um ano. Não há estrutura turística que suporte tal política de exploração.

Como conclusão, pode-se verificar que grande parte das atividades desenvolvidas pelas comunidades lindeiras, de uma certa forma, estão relacionadas à subsistência familiar e à das próprias comunidades. Assim, essas atividades devem ser interpretadas como fundamentais para o desenvolvimento da qualidade de vida e da própria sobrevivência das comunidades locais (SANDRO, 2005).

SANTOS (2002), afirma que todo o esgoto proveniente das áreas urbanas, que antes era lançado diretamente no lago, embora sem qualquer tratamento, conta de imediato com uma enorme capacidade de diluição, reduzindo sobremaneira seu impacto direto no ambiente. Com o rebaixamento do reservatório, o efluente passa a percorrer grandes distâncias a céu aberto, onde o processo de decomposição da matéria orgânica já se estabelece, provocando o aparecimento de odores e colocando em risco a saúde das pessoas e dos animais que possam com ele ter contato (SANTOS, 2002 apud SANTOS *et al*, 2004).

Igualmente aos problemas causados a diluição, o esvaziamento do reservatório até níveis extremos, por um longo período de tempo, tem permitido o aparecimento de grande quantidade de vegetação, principalmente nas áreas de várzea antes alagadas. Quando do retorno das águas aos níveis históricos de operação, a vegetação entrará em decomposição, com reflexos imediatos na piora da qualidade da água, notadamente junto às margens, onde se desenvolve a maioria das atividades turísticas, entre outras a pesca esportiva (SANTOS *et al*, 2004).

A exposição de extensas áreas de margens, especialmente as de topografia mais acidentada, acelera o processo de assoreamento, em virtude do carreamento do solo, que sem a proteção da vegetação é levado pelas águas de chuva, reduzindo o volume do reservatório, dificultando a utilização das águas próximas às margens, onde ocorre grande parte da atividade turística, contribuindo com a degradação da qualidade da água (SANTOS *et al*, 2004).

No item que segue será apresentado o caso crítico ocorrido no período de agosto de 2000 a fevereiro de 2002, sendo mostradas figuras que ilustram o impacto nas atividades turísticas lindeiras ao reservatório de Furnas e que dependem exclusivamente da manutenção de um nível satisfatório para o desenvolvimento de suas atividades.

3.3.4. Impacto no mercado turístico de Furnas em função do deplecionamento extremo e duradouro

Os deplecionamentos como o que ocorreu em 2001, segundo ENGEL (2000), resultante de condições hidrológicas desfavoráveis e de redução nos investimentos do setor elétrico brasileiro, somado aos percalços na programação de entrada em operação de novas usinas e de linhas de transmissão, resultou em perdas significativas para os usuários das águas do Lago de Furnas. Estes passaram a pleitear uma cota mínima de operação do lago (762 m), que será utilizada como referencial para os estudos, além de recursos para tratamento dos esgotos urbanos. Dados da Associação dos Usuários do Lago de Furnas - ASUL mostram que os principais impactos do deplecionamento foram:

- Redução no movimento de turistas em 70%;
- Diminuição de 40 % na produção agrícola;
- Transtorno nas propriedades lindeiras para a dessedentação animal;
- Redução na qualidade e quantidade de peixes; (ENGEL, 2000 *apud* SANTOS *et al*, 2004).

A região Norte da represa de Furnas, localizada no braço do Rio Grande apresenta enorme potencial turístico em função dos empreendimentos existentes, tendo como destaques Escarpas do Lago em Capitólio, o balneário

de Furnastur em Formiga e Estância de Furnas em Pimenta (CERNE/UNIFEI, 2004).

Ao contrário da região de confluência do Rio Grande e do Sapucaí, próximo à cidade de Carmo do Rio Claro, que possui 28 m quando a cota do reservatório atinge 768 m. (CERNE/UNIFEI, 2004).

Segundo CERNE/UNIFEI (2004), muitos empreendimentos turísticos ao longo do braço do Sapucaí também sofreram impacto pelo deplecionamento. São mostrados através das fotografias, alguns exemplos de locais e empreendimentos, tais como a Estância Bela Vida e Porto Itací em Carmo do Rio Claro, Bar do Porto em São José da Barra, Escarpas do Lago em Capitólio, um bairro residencial de Pimenta e o Balneário de Fama que sofreram impactos em sua paisagem e/ou economia local.

Desta forma, será apresentada da FIGURA 6 a 11, a comparação do nível do reservatório de Furnas, no ano de 2001, época que ocorreu o maior deplecionamento desta região e de 2004, onde os níveis estão mais altos e preservam a beleza do local.

Comparação do nível da água do Lago em 2001 e em 2004:



FIGURA 6: Fotos da Estância Bela Vida Carmo do Rio Claro



FIGURA 7: Fotos do Bar do Porto Barra Velha – São José da Barra 2001/ 2004



FIGURA 8: Fotos do Bairro Prainha - Pimenta 2001/ 2004



FIGURA 9: Fotos do Condomínio e Clube Náutico Escarpas do Lago 2001/2004



FIGURA 10: Fotos do Porto Itací – Carmo do Rio Claro 2001/2004
(um dos pontos mais profundos da represa)



FIGURA 11: Foto do Píer no Balneário de Fama 2001/2004

No item a seguir será abordado todo um arcabouço teórico a acerca da lógica fuzzy, para melhor compreensão da ferramenta utilizada no presente trabalho.

3.4. LÓGICA FUZZY

A Inteligência Computacional é uma área da ciência que busca, através de técnicas inspiradas na Natureza, o desenvolvimento de sistemas inteligentes que imitam aspectos do comportamento humano, tais como: aprendizado, percepção, raciocínio, evolução e adaptação. (PACHECO, 1999).

Segundo PACHECO (1999), é possível verificar a relação das técnicas e suas respectivas inspirações da Natureza.

Técnica

Redes Neurais

Algoritmos Genéticos

Lógica Fuzzy

Sistemas Especialistas

Inspiração

Neurônios biológicos

Evolução biológica

Processo lingüístico

Inferência humana

Lógica Nebulosa (Fuzzy Logic) tem por objetivo modelar o modo aproximado de raciocínio humano, visando desenvolver sistemas computacionais capazes de tomar decisões racionais em um ambiente de incerteza e imprecisão. A Lógica Nebulosa oferece um mecanismo para manipular informações imprecisas, tais como os conceitos de muito, pouco, pequeno, alto, bom, quente, frio, etc., fornecendo uma resposta aproximada para uma questão baseada em um conhecimento que é inexato, incompleto ou não totalmente confiável (PACHECO, 1999).

Portanto, nesta parte do trabalho serão apresentados conceitos fundamentais sobre lógica fuzzy que posteriormente serão demonstrados nos capítulos, 4. e 5. , através da aplicação do método, simulações e resultados.

3.4.1. Introdução

A Teoria dos Conjuntos Difusos surgiu de uma necessidade prática do Professor Lofti Zadeh de resolver um problema para o exército americano (US Army). No final da década de 50, os militares americanos queriam desenvolver um sistema anti-mísseis, que pudesse abater os mísseis que viessem em direção ao seu país. Para isto, utilizaria um outro míssil, que deveria ser dotado de um sofisticado sistema de controle (MORAES, 2006).

Nesta época, o Professor Zadeh já era um dos mais conceituados pesquisadores neste assunto, portanto, acorreram a ele em busca da solução para o sistema de controle do anti-míssil. Por sua vez, o notável professor, começou a trabalhar na modelagem deste tipo de sistema, entretanto, deparou com um problema incomum nos projetos de sistemas de controle: a falta de dados numéricos (MORAES, 2006).

Nas entrevistas que realizava com os especialistas em balística e com os armeiros sempre obtinha informações vagas do tipo: “se um míssil estiver muito carregado ele voa devagar; entretanto, se ele estiver com pouca carga de explosivos e estiver voando alto então voa mais rápido”. A dúvida era aquilatar o que seria devagar ou rápido, pesado ou leve ou ainda alto ou baixo. Estes valores variam muito de pessoa para pessoa e suas margens não eram bem definidas (MORAES, 2006).

Com isto, as perguntas que se punham eram as seguintes: “como desenvolver um sistema de controle somente com base nestas informações lingüísticas?” e “seriam estas informações realmente importantes para a modelagem do controle? (MORAES, 2006).

A segunda pergunta pode ser respondida de maneira mais ou menos simples. Se uma pessoa experiente fosse colocada o tempo todo para monitorar possíveis mísseis invasores, ela conseguia detectá-los e atingi-los e, para isto, utilizaria somente as regras que foram mencionadas ao Professor Zadeh. Em outras palavras, o sistema de controle “humano” utiliza estas regras para abater o míssil. Então, estas informações são relevantes e devem ser utilizadas na construção dos módulos de controle (MORAES, 2006).

Para responder a primeira pergunta, o Professor Zadeh criou a Teoria dos Conjuntos Difusos, ZADEH (1965), que permitia representar matematicamente valores lingüísticos e manipulá-los com valores numéricos tradicionais (MORAES, 2006).

3.4.2. Definição de Conjuntos Difusos

Segundo MORAES (2006) a definição exata de conjuntos difusos é a seguinte:

“Seja um conjunto universo E , enumerável ou não, e seja x um elemento de E .”. Então um conjunto difuso A de E é um conjunto de pares ordenados na forma:

$$\{(x | \mu_A(x))\}, \forall x \in E$$

onde $\mu_A(x)$ é o grau de pertinência de x em A , sendo tomado este valor em um conjunto lattice M .”

A diferença da teoria dos conjuntos difusos para a teoria dos conjuntos clássicos (um caso particular da teoria dos conjuntos difusos) é que os valores de M são tomados no conjunto $\{0,1\}$, ou seja, ou um elemento x pertence ao conjunto A , $x \in A$ e, portanto, $\mu_A(x)$ é igual a 1, ou ele não pertence a A , $x \notin A$,

logo $\mu_A(x)$ é igual a 0. Na teoria dos conjuntos difusos, o conjunto M pode assumir diversos valores (MORAES, 2006).

Segundo MORAES (2006), seja, por exemplo, um conjunto E definido por $\{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5\}$ e M tomado no intervalo [0,1], então poder-se-ia relacionar x_i com A da seguinte maneira:

$$A = \{ (x_1 | 0), (x_2 | 0,2), (x_3 | 0,5), (x_4 | 0,8), (x_5 | 1) \}$$

onde:

x_1 pertence ao conjunto com pertinência 0, ou seja, não é membro de A,
 x_2 pertence ao conjunto com pertinência 0,2, ou seja, é pouco membro de A,
 x_3 pertence ao conjunto com pertinência 0,5, ou seja, é “mais ou menos” membro de A,
 x_4 pertence ao conjunto com pertinência 0,8, ou seja, é bastante membro de A,
 x_5 pertence ao conjunto com pertinência 1, ou seja, é totalmente membro de A.

Inúmeros exemplos deste tipo de conjunto podem ser apresentados. Um deles pode ser obtido, se o conjunto E for dado pelos números naturais no intervalo entre [0,10] e o conjunto M definido entre [0,1], então pode-se definir os seguintes conjuntos difusos (MORAES, 2006).

a) pequeno: $\{ (0 | 1), (1 | 0,8), (2 | 0,6), (3 | 0,4), (4 | 0,2), (5 | 0), (6 | 0), (7 | 0), (8 | 0), (9 | 0), (10 | 0) \}$

b) médio: $\{ (0 | 0), (1 | 0), (2 | 0,25), (3 | 0,5), (4 | 0,75), (5 | 1), (6 | 0,75), (7 | 0,5), (8 | 0,25), (9 | 0), (10 | 0) \}$

c) grande: $\{ (0 | 0), (1 | 0), (2 | 0), (3 | 0), (4 | 0), (5 | 0), (6 | 0,2), (7 | 0,4), (8 | 0,6), (9 | 0,8), (10 | 1) \}$

Se acontecer a associação do intervalo [0,10] com altura, temperatura ou notas tiradas pelos alunos, pode-se ter os valores lingüísticos: pequeno, médio e grande; como representado na FIGURA 12 (MORAES, 2006).

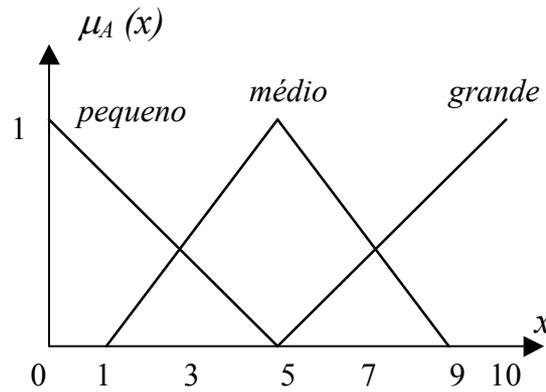


FIGURA 12: Valores de x : pequeno, médio e grande.

Segundo MORAES, no exemplo acima, utilizou-se o conjunto de mapeamento M no intervalo $[0,1]$. A maioria dos trabalhos que vêm sendo desenvolvidos utiliza este intervalo, chegando, por vezes, mesmo a defini-lo como sendo o único conjunto para os valores de M , como na referência (MOMOH e TOMSOVIC, 1995). Entretanto, isto não é verdade. Qualquer conjunto do tipo lattice, ou seja, que possua uma estrutura do tipo lattice, pode representar o conjunto M .

Segundo MORAES (2006) para que uma estrutura seja do tipo lattice é necessário que sejam cumpridas duas condições principais, quais sejam:

$$\exists! x_k = x_i \Delta x_j \text{ and } x_k \in M$$

$$\exists! x_m = x_i \nabla x_j \text{ and } x_m \in M$$

ou seja, é necessário que, para cada par de valores, exista sempre no conjunto M , um valor superior, x_m , e um valor inferior, x_k , e que ele seja único.

A FIGURA 13 apresenta exemplos de estruturas lattice e não-lattice. A estrutura dos números reais é a mais simples e obviamente é uma estrutura lattice.

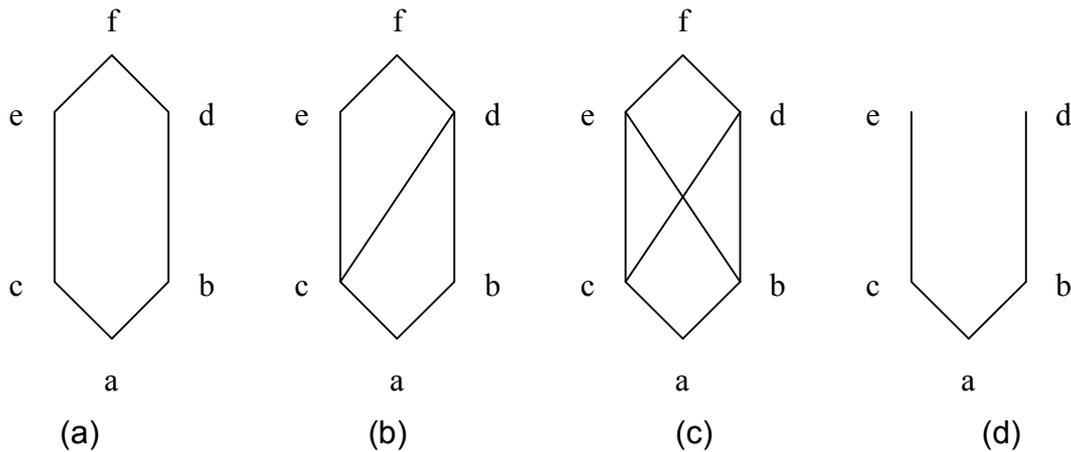


FIGURA 13: Estruturas Lattice e Não-Lattice:
 (a) e (b) - estruturas lattice, (c) estrutura não-lattice e (d) estrutura lattice inferior.

Pode-se notar na FIGURA 13 que os itens (a) e (b) são estruturas lattice pois as duas condições são sempre cumpridas, por exemplo:

- para (a): $a \Delta b = a$, $b \Delta c = a$, $b \Delta e = a$, $b \Delta d = b$, $b \Delta f = b$, $a \Delta f = a$
 $a \nabla b = b$, $b \nabla c = f$, $b \nabla e = f$, $b \nabla d = d$, $b \nabla f = f$, $a \nabla f = f$

- para (b): $a \Delta b = a$, $b \Delta c = a$, $d \Delta e = c$, $b \Delta d = b$, $b \Delta f = b$, $a \Delta f = a$
 $a \nabla b = b$, $b \nabla c = d$, $b \nabla e = f$, $b \nabla d = d$, $b \nabla f = f$, $a \nabla f = f$

entretanto, para o item (c), isto não é verdade pois para a operação $d \Delta e$, a resposta pode ser b ou c. Ela existe mas não é única. O mesmo acontece para a operação $b \nabla c$, a resposta pode ser d ou e, ou seja, não é única (MORAES, 2006).

Finalmente, para o item (d), pode-se verificar que as operações com o operador inferior (Δ) são todas atendidas. Porém, para as operações com o operador supremo (∇) isto não é verdade. Por exemplo, para $b \nabla c$ ou $b \nabla e$ não existe o supremo (MORAES, 2006).

3.4.3. Intensificadores lingüísticos

Os diversos adjetivos podem ainda receber advérbios que podem aumentar ou diminuir sua intensidade. “Muito pequeno”, “mais ou menos pequeno” e “não pequeno” são exemplos de advérbios que podem interferir no adjetivo pequeno. Para expressar o conhecimento, as pessoas os utilizam em larga escala e eles também devem ser incorporados pela Teoria dos Conjuntos Difusos (MORAES, 2006).

Existem diversas maneiras para representar estes intensificadores. Uma delas é operar sobre os valores de pertinência original, por exemplo, segundo as regras abaixo:

$$\begin{aligned}\mu_{\text{muito pequeno}}(x) &= [\mu_{\text{pequeno}}(x)]^2 \\ \mu_{\text{mais ou menos pequeno}}(x) &= [\mu_{\text{pequeno}}(x)]^{1/2} \\ \mu_{\text{não pequeno}}(x) &= 1 - \mu_{\text{pequeno}}(x)\end{aligned}$$

As representações de cada um desses valores estão no gráfico da FIGURA 14. Notar que a última relação é a negação de pequeno.

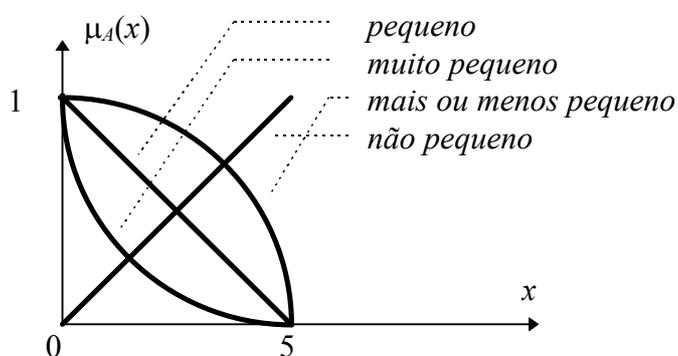


FIGURA 14: Intensificadores sobre o adjetivo (valor) pequeno.

3.4.4. Operações e conjunções

Como na Teoria Clássica de Conjuntos, também a Teoria dos Conjuntos Difusos possui diversas operações entre conjuntos. Estas operações além de possuírem um significado matemático, possuem também um significado lingüístico. Elas representam as conjunções que ligam valores de uma variável.

As principais operações (conjunções) são a seguir apresentadas. (MORAES, 2006).

3.4.4.1. Intersecção

Segundo MORAES (2006), defini-se:

Seja E o conjunto universo e os conjuntos difusos A e B a ele associados. Define-se a intersecção entre $A \cap B$, como sendo a relação mínima (MIN) entre os diversos valores de pertinência, ou seja:

$$\forall x \in E : \mu_{A \cap B}(x) = \text{MIN}(\mu_A(x), \mu_B(x))$$

Lingüísticamente, esta operação representa a conjunção *e*. Por exemplo, para os valores abaixo da FIGURA 12, o valor *pequeno E médio* (ou seja, a variável deve atender a estes dois valores ao mesmo tempo), então numericamente pode-se escrever:

pequeno e médio: { (0 | 0) , (1 | 0) , (2 | 0,25) , (3 | 0,4) , (4 | 0,2) , (5 | 0) , (6 | 0) , (7 | 0) , (8 | 0) , (9 | 0) , (10 | 0) }

3.4.4.2. União

Segundo MORAES (2006), defini-se:

Seja E o conjunto universo e os conjuntos difusos A e B a ele associados. Define-se a união entre $A \cup B$, como sendo a relação máxima (MAX) entre os diversos valores de pertinência, ou seja:

$$\forall x \in E : \mu_{A \cup B}(x) = \text{MAX}(\mu_A(x), \mu_B(x))$$

Lingüísticamente, esta operação representa a conjunção *ou*. Por exemplo, para os valores abaixo da FIGURA 12, o valor *pequeno OU médio* (ou seja, a variável deve atender a pelo menos um destes dois valores ao mesmo tempo), então numericamente pode-se escrever:

pequeno ou médio: $\{ (0 | 1) , (1 | 0,8) , (2 | 0,6) , (3 | 0,5) , (4 | 0,75) , (5 | 1) , (6 | 0,75) , (7 | 0,5) , (8 | 0,25) , (9 | 0) , (10 | 0) \}$

3.4.4.3. Soma Disjuntiva

Segundo MORAES (2006), defini-se:

Seja E o conjunto universo e os conjuntos difusos A e B a ele associados. Define-se a soma disjuntiva entre $A \oplus B$, como sendo a seguinte relação:

$$A \oplus B = (A \cap \neg B) \cup (\neg A \cap B)$$

onde $\neg A$ representa não A .

Lingüísticamente, esta operação representa a conjunção *ou exclusivo*. Por exemplo, para os valores abaixo da FIGURA 12, o valor *pequeno OU (exclusivo) médio* (ou seja, a variável deve atender a apenas um dos dois valores ao mesmo tempo), então numericamente pode-se escrever:

pequeno ou exclusivo médio: $\{ (0 | 1) , (1 | 0,8) , (2 | 0,6) , (3 | 0,5) , (4 | 0,75) , (5 | 1) , (6 | 0,75) , (7 | 0,5) , (8 | 0,25) , (9 | 0) , (10 | 0) \}$

Observações:

1. Existem diversas outras operações, tais como: diferença, produto e soma algébricas e distâncias (como de Hamming e Euclideana), que deixam de ser apresentadas pois não serão utilizadas neste trabalho.
2. As operações apresentadas também são plenamente válidas na Teoria dos Conjuntos Clássicos.

3.4.5. Regras e mapeamento

Segundo MORAES, (2006), de posse dos elementos acima é possível escrever assertivas complexas e que realmente podem traduzir as situações do mundo real. Com lógica difusa, as ações de controle são escritas em termos destas idéias imprecisas, as quais constituem o estado das variáveis. Como exemplo, no sistema de freios ABS, pode-se escrever:

**SE temperatura do freio é morna E velocidade é não muito alta
ENTÃO pressão do freio deve diminuir ligeiramente**

(Se a temperatura do freio **está** morna e a velocidade não **está** muito alta,
então a pressão nos freios **deve** diminuir ligeiramente)

Em um controlador PI convencional, que trabalha com valores reais (crispis), esta regra deveria ser bem mais específica.

**SE temperatura do freio é maior que 280 E velocidade é menor que 45
ENTÃO pressão do freio É 190**

Como as regras difusas agem sobre uma larga faixa, sendo normalmente mais abrangentes que as convencionais, o número de regras difusas que representam um determinado controle é menor do que com regras convencionais (MORAES, 2006).

Segundo MORAES, (2006), em termos matemáticos, uma regra de produção pode ser vista como sendo o mapeamento entre conjuntos universos distintos. Sejam E_1 , E_2 e E_3 os conjuntos universos que descrevem os possíveis valores (ou estados) para as variáveis x , y e z , respectivamente. Se na premissa na regra encontram-se conjuntos difusos de E_1 e E_2 e na consequência existem conjuntos difusos de E_3 , pode-se denotar a relação por:

$$E_1 \times E_2 \sim_{\Gamma} \rightarrow E_3$$

O mapeamento Γ permite que valores de x e y possam ser convertidos para valores de z , isto é:

$$z \in \Gamma \{ x \times y \}$$

3.4.6. Controle difuso de processos

3.4.6.1. Comparação entre o controle convencional e o controle difuso

Segundo MORAES (2006), os componentes de um sistema de controle convencional e um difuso são bastante semelhantes. No controle convencional, o controlador recebe a saída da planta, que para ele é a entrada, compara este valor com referências através de modelos matemáticos internos do controlador e fornece um sinal de saída, para o equipamento sob controle. Este esquema é apresentado na FIGURA 15.

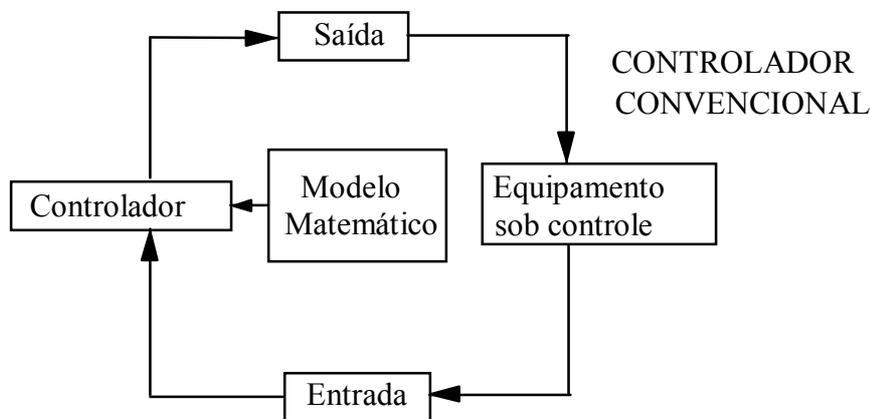


FIGURA 15: Estrutura de um Controlador Convencional.

No controle difuso existem duas diferenças. A primeira reside no fato de que o modelo matemático clássico do controlador convencional é substituído por um conjunto de regras difusas. A segunda diferença são os dois blocos extras responsáveis pelos processos de fuzzificação e de defuzzificação. O fuzzificador (“fuzzifier”) converte as entradas numéricas em valores difusos, enquanto o defuzzificador (“defuzzifier”) converte a saída difusa inferida em um valor numérico para atuar no equipamento sob controle. A FIGURA 16 ilustra este processo (MORAES, 2006).

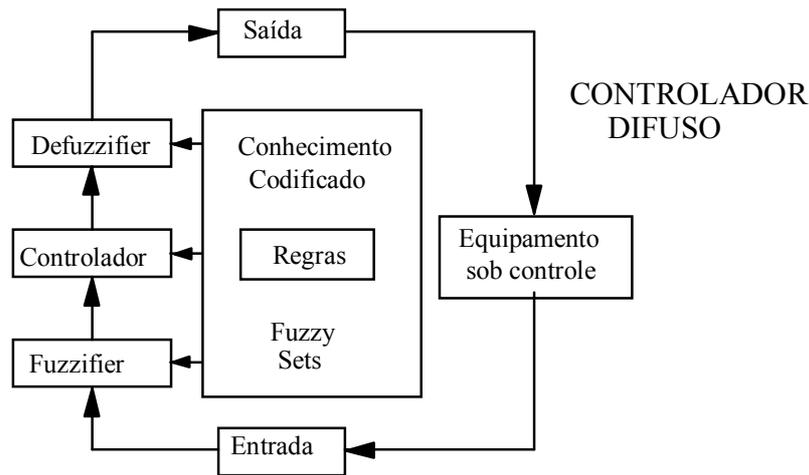


FIGURA 16: Estrutura de um Controlador Difuso.

3.4.6.2. Exemplo da construção de um conjunto de regras

Tomando como exemplo o controle de uma caldeira a vapor. O primeiro passo do problema do controle é verificar quais são as variáveis que devem ser escolhidas para controlar o processo, tanto de entrada quanto de saída. No caso da caldeira, pode-se de maneira simplista estabelecer que a variável a ser ajustada seja a abertura da válvula de entrada de vapor e isto deve ser feito de acordo com a temperatura e pressão da caldeira, variáveis de controle (MORAES, 2006).

O segundo passo é definir os valores difusos que estas variáveis podem assumir. Isto é feito através da experiência dos operadores ou através de algoritmos de ajuste, que transformam as informações contidas nos dados numéricos em funções de pertinência (SUGENO, 1985, LAMBERT-TORRES, *et al*, 1998). A FIGURA 17 ilustra as funções de pertinência que podem representar os valores das variáveis envolvidas (MORAES, 2006).

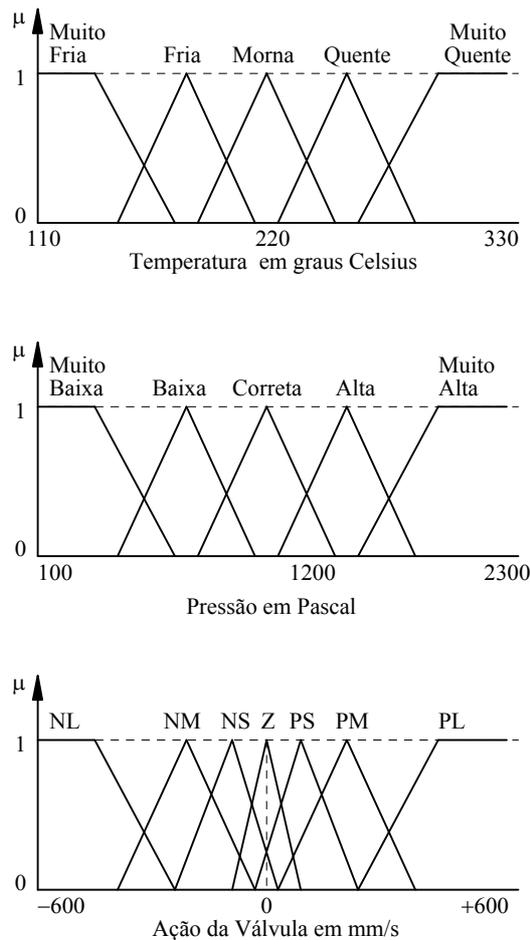


FIGURA 17: Funções de Pertinência para o Controle de uma Caldeira a Vapor.

Neste exemplo, as variáveis podem assumir os seguintes valores:

Entrada:

- temperatura: muito fria, fria, morna, quente e muito quente
- pressão: muito baixa, baixa, correta, alta e muito alta

Saída:

- ação da válvula: NL (negativo grande), NM (negativo médio), NS (negativo pequeno), Z (zero), PS (positivo pequeno), PM (positivo médio) e PL (positivo grande).

Após serem definidos os conjuntos difusos, o terceiro passo é estabelecer as regras de controle. Idealmente, poder-se-ia pensar a primeira vista que o melhor procedimento seria combinar todos os possíveis valores de entrada, o que neste exemplo geraria 25 regras (5 valores para a temperatura vezes 5 valores para a pressão). Um algoritmo conhecido para este tipo de agrupamento é o ID3 (MEDSKER, 1995). Entretanto, em um problema real com

mais variáveis de entrada e mais conjuntos difusos para representá-las o número de combinações poderiam ser explosivos. E mais, algumas das combinações simplesmente poderiam nunca acontecer. Além disto, um excesso de regras não caracteriza necessariamente um bom sistema de controle, como será visto mais tarde neste trabalho (MORAES, 2006).

Segundo MORAES (2006), normalmente, as regras de controle são estabelecidas da mesma forma que as funções de pertinência, ou seja, pela experiência dos operadores ou por algoritmos que transformarão as informações de um conjunto de dados em regras (LAMBERT-TORRES *et al*, 1994 e LAMBERT-TORRES *et al*, 1999). A seguir encontra-se uma lista parcial do conjunto de regras do controlador difuso:

- 1- SE Temperatura É Fria E pressão É Baixa ENTÃO ação da válvula É PM.
- 2- SE Temperatura É Fria E pressão É Correta ENTÃO ação da válvula É Z.
- 3- SE Temperatura É Morna E pressão É Correta ENTÃO ação da válvula É Z.
- 4- SE Temperatura É Quente E pressão É Alta ENTÃO ação da válvula É NM.

3.4.6.3. O processo de controle

Segundo MORAES, (2006), como foi visto no item 3.4.6.1. o relacionamento entre o sistema de controle e o equipamento a ser controlado é feito através da passagem de sinais numéricos. No exemplo anterior, os sensores de temperatura e pressão fornecem indicações numéricas ao sistema de controle. Este deve manipular e operar estes sinais e produzir um sinal de ação na válvula também numérico. Este esquema pode ser visto na FIGURA 18.

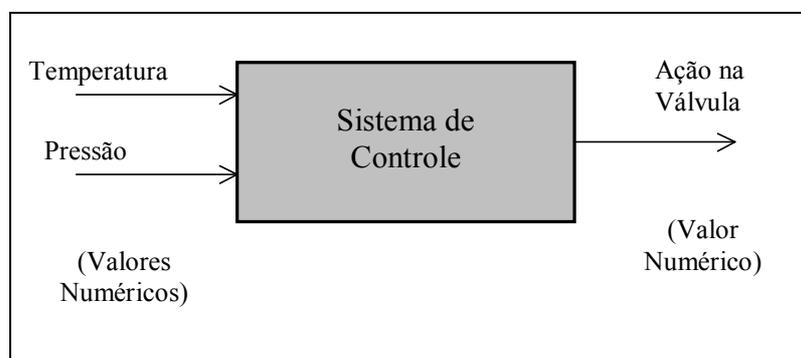


FIGURA 18: Relacionamento do Sistema de Controle com os Dados de Entrada e Saída.

Em um sistema de controle difuso, os valores de entrada numéricos devem ser fuzzificados, antes de serem manipulados pelo motor de inferência. Este último produz uma saída do sistema de controle ainda na forma de um conjunto difuso, que deve ser defuzzificado antes de ser entregue como uma ação de controle (MORAES, 2006). A FIGURA 19 mostra este tipo de controle.

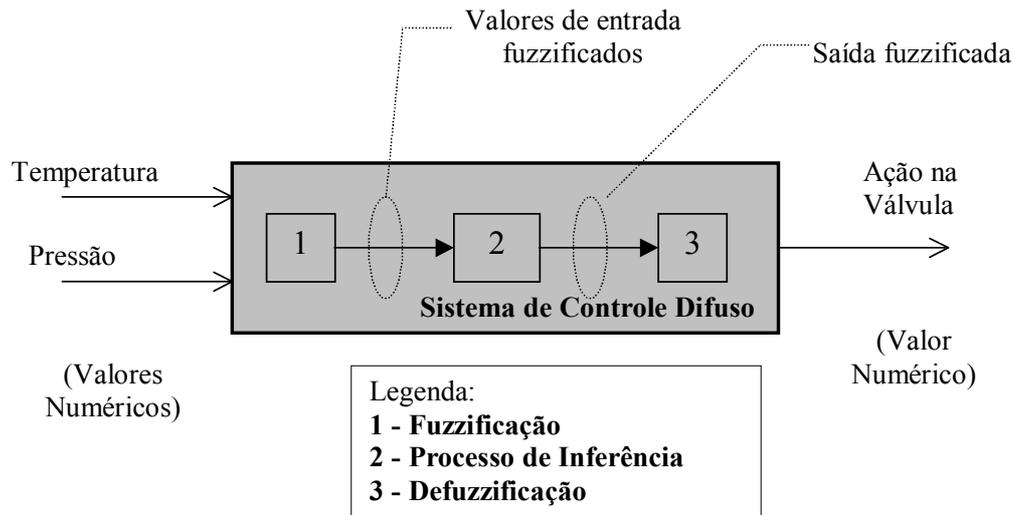


FIGURA 19: Sistema de Controle Difuso.

Segundo MORAES, (2006), para explicar detalhadamente todos os processos do sistema de controle difuso, seja o sistema constituído apenas das seguintes regras:

- 1- **SE** *Temperatura É Fria* **E** *pressão É Baixa* **ENTÃO** *ação da válvula É PM.*
- 2- **SE** *Temperatura É Fria* **E** *pressão É Correta* **ENTÃO** *ação da válvula É Z.*

Segundo MORAES, (2006), suponha que em determinado momento t_0 os sensores apresentam uma pressão $P(t_0)$ e uma temperatura $T(t_0)$, como ilustra a FIGURA 20. Pela regra 1, $T(t_0)$ ativa a função de pertinência da variável T , denominado *fria*, enquanto o valor $P(t_0)$ ativa o valor *baixa*. Inicialmente, acontece a fuzzificação dos valores $P(t_0)$ e $T(t_0)$ utilizando as funções *fria* e *baixa*, respectivamente. Pela FIGURA 20 pode-se verificar que os valores resultantes são 0,48 e 0,57. Estes seriam os valores disponíveis logo após o módulo 1 da FIGURA 19..

Em seguida, começa o processo de inferência na regra. Como a premissa utiliza a conjunção **E**, pode-se interpretar a regra como sendo SE 0,48 E 0,57. Pela operação descrita no item 4.1 (operação mínimo), o valor resultante da premissa é 0,48 (= MIN (0,48 , 0,57)). Este valor limita uma área na função de pertinência *PM*, que é o valor da consequência da regra. Esta área é a resposta fuzzificada da regra 1 aos dados de entrada do sistema de controle.

O mesmo processo deve ser repetido para a regra 2. Inicialmente, acontece a fuzzificação dos valores $P(t_0)$ e $T(t_0)$ utilizando as funções *fria* e *correta*, respectivamente. Os valores resultantes da fuzzificação são 0,48 e 0,25. Pela operação mínimo da premissa (conjunção E), a curva Z da consequência é limitada por 0,25, gerando uma área que é a resposta fuzzificada da regra 2.

Se outras regras tivessem sido consideradas na composição do sistema de controle, este processo continuaria para todas as regras, cada uma fornece uma área. A soma de todas estas áreas fornece uma área total, contando inclusive as diversas áreas superpostas. Esta é a resposta fuzzificada do sistema de controle, ou seja, seria o valor disponível logo após o módulo 2 da FIGURA 19.

Em seguida, realiza-se a defuzzificação da resposta do sistema de controle com a finalidade de se obter o valor numérico final. Na FIGURA 20, o processo de defuzzificação utilizado foi o do centro de gravidade ou centróide (DUBOIS e PRADE, 1980). Neste processo é calculado o centro de gravidade da resposta fuzzificada e a abscissa deste valor corresponde a saída numérica do sistema de controle. No exemplo, a resposta foi de 150 mm/s.

Existem diversos processos de fuzzificação, de inferência difusa e de defuzzificação (KAUFMANN e GUPTA, 1985). Os relatados acima serão os utilizados no pacote computacional a ser desenvolvido. Este projeto estudará também a possibilidade da utilização de dois outros métodos de defuzzificação: da média ponderada e da média da máxima função de pertinência.

No processo de defuzzificação por média ponderada, o centróide de cada área é calculado isoladamente e o valor da saída calculado através da média desses centróides ponderada com o valor máximo da função de pertinência. No processo por média da máxima função de pertinência, é

calculada a média do máximo valor da função de pertinência, sendo este o valor de saída. Exemplos destes tipos de defuzzificação podem ser encontrados na FIGURA 21.

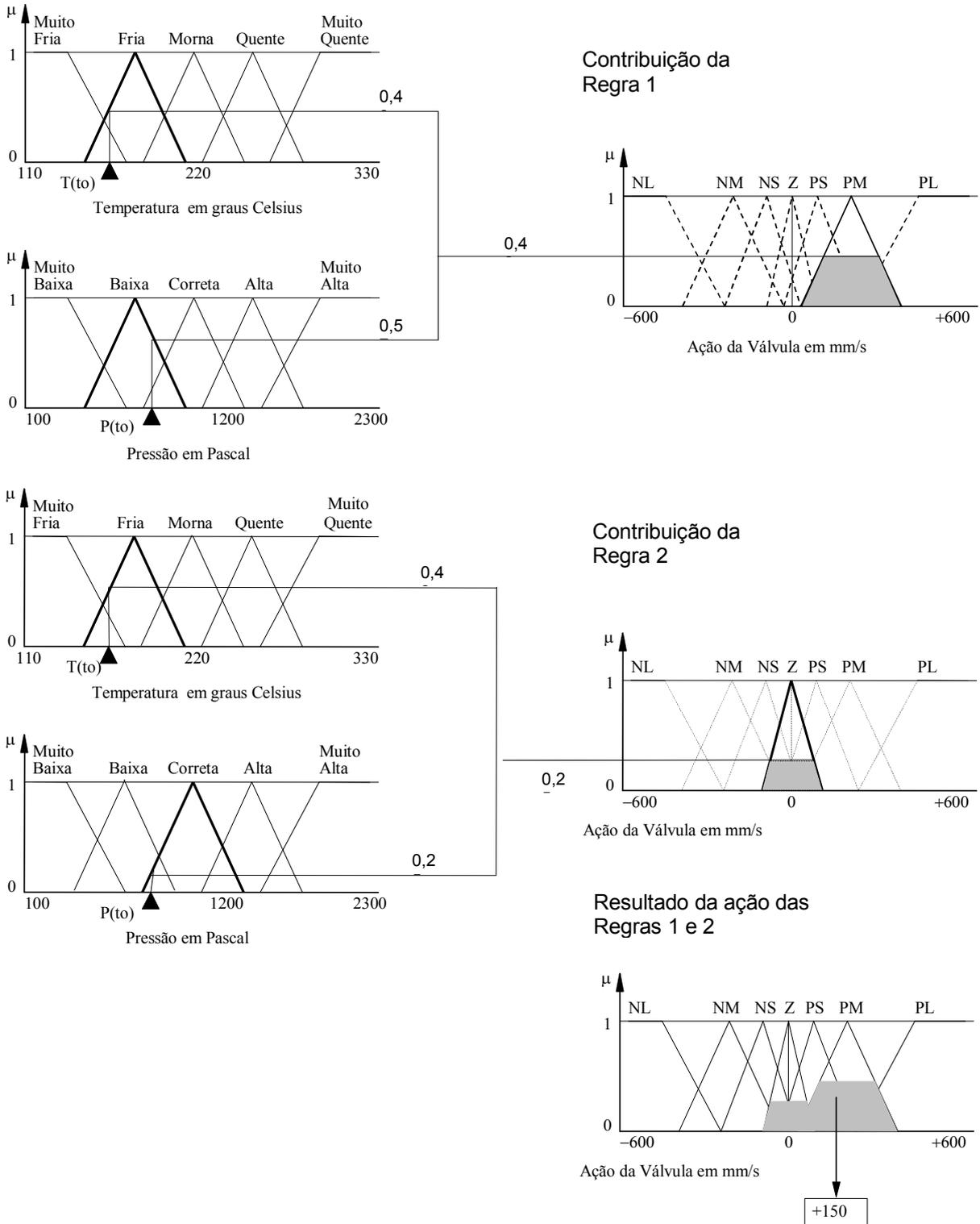


FIGURA 20: Processos de Fuzzificação, Inferência e Defuzzificação.

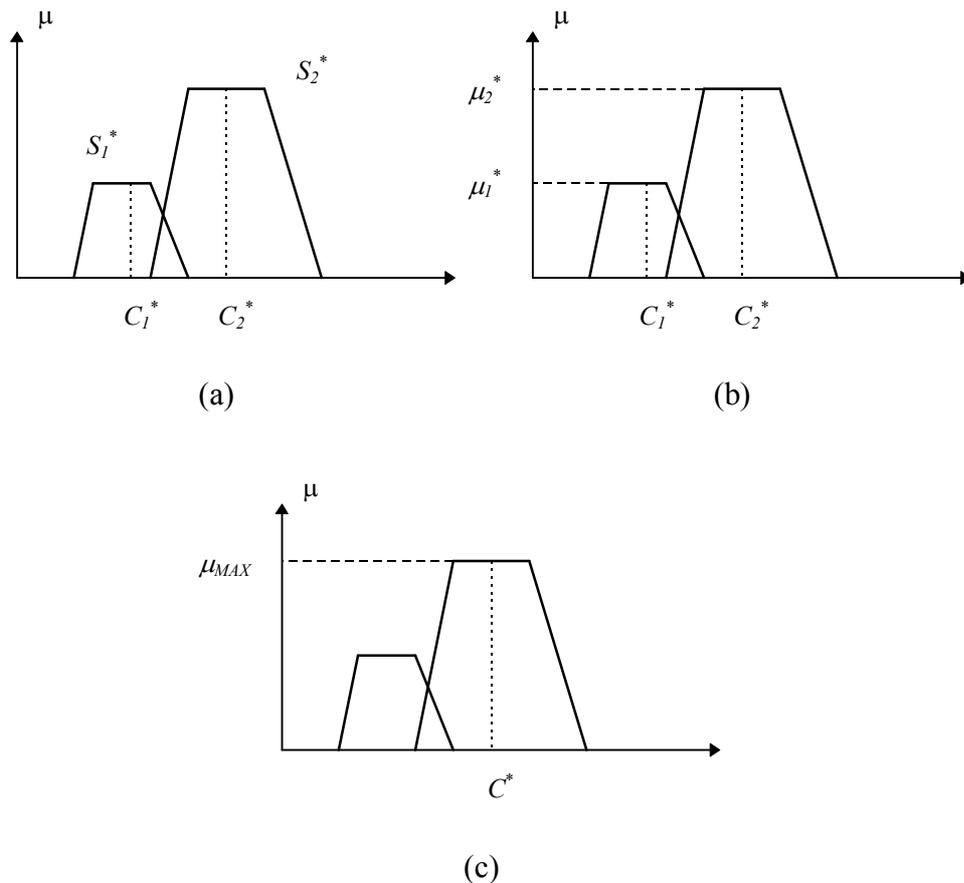


FIGURA 21: Processos de Defuzzificação: (a) Centróide, (b) Média Ponderada e (c) Média da Máxima Função de Pertinência

A seguir será apresentado o método de clusterização utilizado neste estudo.

3.5. CLUSTERIZAÇÃO HEURÍSTICA

Clusterização é a tarefa comum da descrição onde existe um número finito de categorias ou agrupamentos (*clusters*) para descrever os dados. Quando é aplicado a clusterização ainda não é conhecida nenhuma classe, sendo que o objetivo da função da clusterização é produzir uma segmentação do conjunto de registros de entrada de acordo com algum critério. Este critério é estabelecido pela ferramenta de clusterização e as funções podem produzir descrições implícitas e explícitas (GERCELY, 2003).

Clusterização é um exemplo de aprendizado não supervisionado ou indireto, cujo objetivo é agrupar tipos similares de dados ou identificar

exceções. O sistema tem que descobrir suas próprias classes, isto é, agrupar os dados e descobrir subconjuntos de objeto relacionado ao conjunto de treinamento encontrando descrições de cada um destes subconjuntos. Clusterização pode ser aplicada em atividades de *marketing* com a finalidade de identificar segmentos de mercado, para encontrar estrutura significantes nos dados e na descoberta de fraudes ou dados incorretos (GERCELY, 2003).

Um Problema de Clusterização (PC) consiste em, dado uma base de dados X, agrupar (clusterizar) os objetos (elementos) de X de modo que objetos mais similares fiquem no mesmo *cluster* e objetos menos similares sejam alocados para *clusters* distintos. (OCHI *et al*, 2004).

Existe basicamente duas classes de Problemas de Clusterização; o caso mais estudado é onde o número de *clusters* já é previamente definido (também conhecido como o Problema de K - Clusterização ou simplesmente Problema de Clusterização (PC)) é o caso onde este número K não é conhecido previamente, neste caso o Problema é denotado por Problema de Clusterização Automática (PCA). (DOVAL *et al*, 1999 e BERKHIN, 2002, *apud* OCHI *et al*, 2004).

Os problemas de clusterização já são bastante estudados na literatura, principalmente na estatística e matemática. Na área de computação, este tema ressurgiu com a popularização do conceito de mineração de dados (data mining) (OCHI *et al*, 2004).

O objetivo de problemas de clusterização em mineração de dados (MD) é o mesmo que em outras áreas, o que diferencia este problema em MD, é que nesta área, a base de dados sempre é de grande porte e cada objeto normalmente contém um número elevado de atributos ou características (BERKHIN, 2002, *apud* OCHI *et al* 2004).

O processo de clusterização realizado neste trabalho não se utilizou de nenhum algoritmo. Foram detectadas as semelhanças entre os municípios heurísticamente e desta forma, estes foram agrupados por regiões afins.

4. APLICAÇÃO DA LÓGICA FUZZY

Nesta etapa do trabalho serão apresentados os conceitos vistos no item anterior aplicados no presente trabalho.

Através de pesquisas de campo com empresários da área de turismo instalados as margens do reservatório de Furnas e consultas a profissionais da área de energia foi possível determinar quais variáveis afetam o desenvolvimento da atividade turística nesta região.

Com isso, foram levantadas três variáveis de entrada para a previsão do impacto no mercado turístico das margens do reservatório de Furnas. Foi utilizada a lógica fuzzy como ferramenta para modelar estes sistemas, pois o raciocínio difuso melhor é um ótimo mecanismo para a manipulação da imprecisão das informações de entrada e seus efeitos à variável de saída. Os modelos baseados em lógica fuzzy foram implementados no FIS (Fuzzy Inference System) do Matlab, por ser de fácil manipulação.

O modelo do *cluster* Leste, FIGURA 22, por exemplo, apresenta as variáveis de entrada e saída que seguem e estas por sua vez estão presentes em todos os modelos.

1. Variável de entrada: Geração de energia da Usina Hidrelétrica de Furnas;
2. Variável de entrada: Nível do reservatório (para cada região ou *cluster*);
3. Variável de entrada: Sazonalidade turística ou flutuação da demanda e
4. Variável de saída: Impacto no turismo as margens do reservatório.

Foram desenvolvidos 4 modelos, onde foram mantidos os conjuntos, funções de pertinência, regras e métodos de fuzzificação e defuzzificação e alteradas apenas as funções de pertinência da variável de níveis do reservatório para cada modelo. Isso foi realizado para obter os diferentes valores de impacto separados por regiões ou *clusters*.

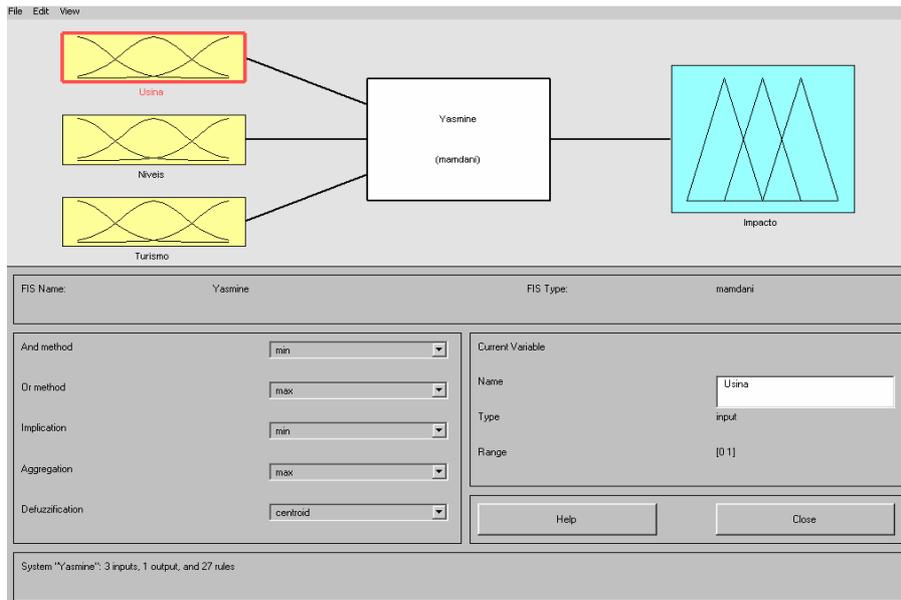


FIGURA 22: Variáveis do modelo (Cluster Leste).

Fonte: próprios autores.

4.1. CONJUNTOS FUZZY

4.1.1. Geração de energia elétrica da Usina de Furnas

A produção de energia elétrica gerada pela Usina Hidrelétrica de Furnas é condicionada pela carga, por isso, é gerada a quantidade necessária para suprir à demanda de energia a região a que ela é destinada. Como já visto no item 3.3.2. Geração hidrelétrica, a operação de Furnas é condicionada ao funcionamento do Sistema Interligado Nacional, que mantém uma conexão de produção entre as usinas geradoras para que estas possam atender ao mercado consumidor nacional.

E, por Furnas ser um reservatório de acumulação, esta gera energia a partir da água acumulada no seu reservatório e regula a vazão equilibrando a geração em todas as usinas que estão abaixo dela. A geração de energia interfere na operação do reservatório diminuindo sua quantidade à medida que esta água (energia armazenada) é transformada em energia elétrica.

Porém, o reservatório deve acumular água em quantidade suficiente na época do período úmido de dezembro a abril para que a geração esteja garantida, nos períodos secos, de novembro a maio.

Fazendo um estudo mais aprofundado a partir do histórico de geração de 1996 a 2005 é possível visualizar o comportamento da geração elétrica da Usina de Furnas em relação à variação do nível do seu reservatório.

Observando a FIGURA 23 é possível concluir que a geração varia durante o ano. De forma geral, ela é menor nos períodos úmidos (período de acumulação), pois as quantidades de produção de energia registradas nestes períodos, representam em 68% dos casos, valores inferiores a 50% do total de produção. Assim, a empresa de Furnas produz e acumula energia para os períodos secos. Pelo fato do nível do reservatório ser condicionado a geração, este se apresenta com valores menores nos períodos secos, onde os valores de geração são maiores. Os valores abaixo de 50% dos níveis do reservatório são representados por 62% ocorridos nos períodos secos e 38% ocorridos nos períodos úmidos.

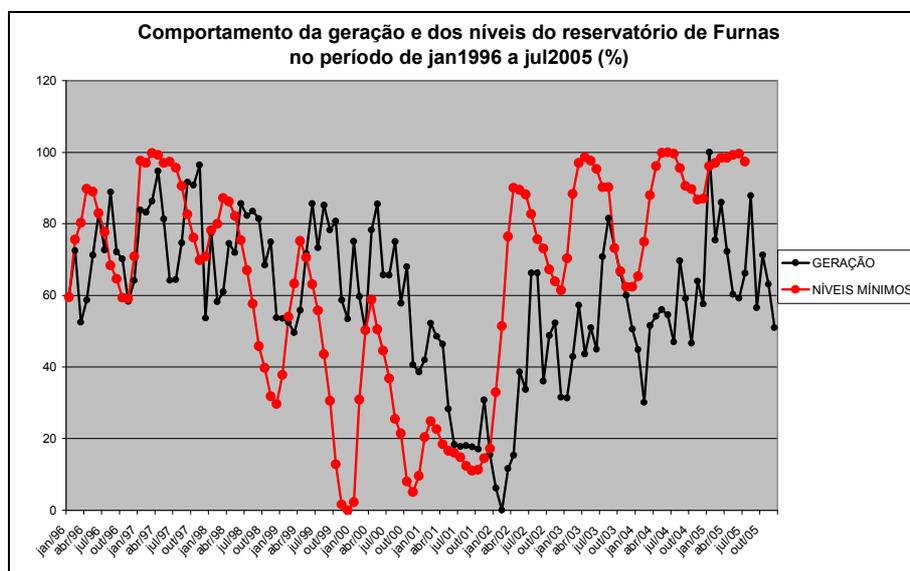


FIGURA 23: Comportamento da geração de energia e dos níveis do reservatório de Furnas para o período de 1996 a 2005.

Fonte: próprios autores.

Quanto à garantia do turismo as margens do reservatório, os valores de geração interferem no desenvolvimento desta atividade à medida que este

rebaixa o nível a valores insatisfatórios para as atividades turísticas por um tempo longo e consecutivo, como o que aconteceu no período de agosto de 1999 a fevereiro de 2002, época da crise energética.

Neste contexto, foi incluída a variável de entrada geração de energia como um dos fatores que impactam o turismo das margens do reservatório de Furnas, como mostrado na FIGURA 24.

Os conjuntos fuzzy para esta variável foram baixa geração, média geração e alta geração. Definidas a partir do histórico de dez anos (1996 – 2005). A variação da produção de energia variou entre 50 a 100%, na maior parte do tempo e apenas não respeitou estes valores em função do evento referente a agosto de 1999 à fevereiro de 2002, como mostrado na FIGURA 23.

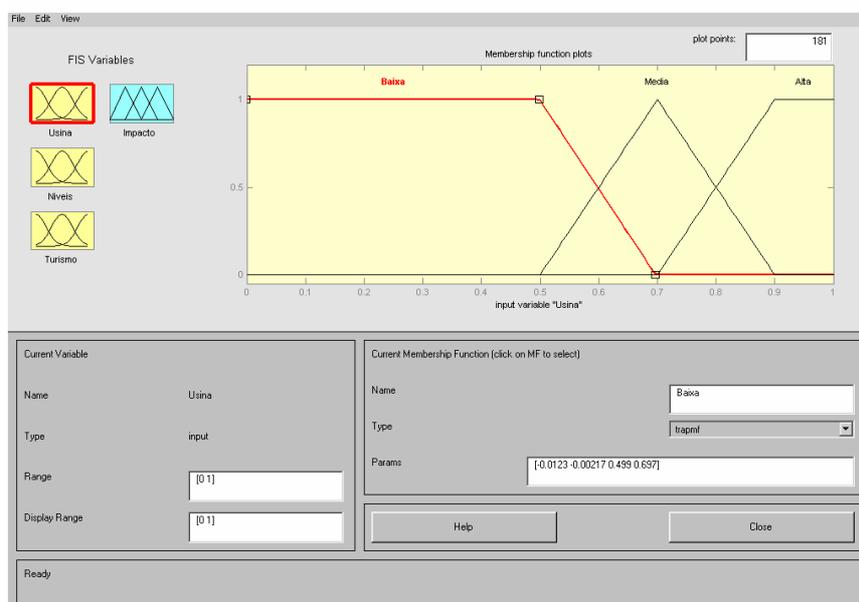


FIGURA 24: Variável geração da Usina de Furnas e funções de pertinência para cada conjunto.

Fonte: próprios autores.

4.1.2. Níveis do reservatório

Como dito anteriormente, a variação do nível do reservatório impacta o mercado turístico instalado as suas margens. Porém esta dependência varia de região para região, pois há locais em que a declividade do terreno é alta e estas são menos sensíveis aos rebaixamentos do reservatório. Municípios como Capitólio (Noroeste) tem valores de sensibilidade diferentes se

comparado a Alfenas (Sul), por serem geograficamente distantes e pela declividade do terreno.

No período de agosto de 1999 à fevereiro de 2002, (crise energética), quando o reservatório rebaixou 16 metros, atingindo assim 752 m, municípios como Alfenas tiveram recuos da água superiores em relação a Capitólio em função da diferença de declividade destes terrenos. Quanto menor a declividade maior o impacto do rebaixamento do reservatório.

Pelo fato da declividade na região de Capitólio ser alta, o recuo da água do reservatório não se mostra tão intenso em períodos de estiagem, como em regiões onde a declividade é baixa. Relacionando-se a declividade ao período máximo do deplecionamento, constatou-se que para a mesma variação de cota de 16 m (variação da 768 à 752), o recuo da água em Capitólio foi da mesma ordem de grandeza do deplecionamento. Já nos municípios com declividade baixa, o recuo chegou à aproximadamente 24 km para os mesmos 16 m. (CERNE/UNIFEI, 2005)

A FIGURA 25 ilustra esta situação, onde a declividade do terreno as margens do reservatório se mostra como um dos fatores importantes ao fluxo turístico na região.

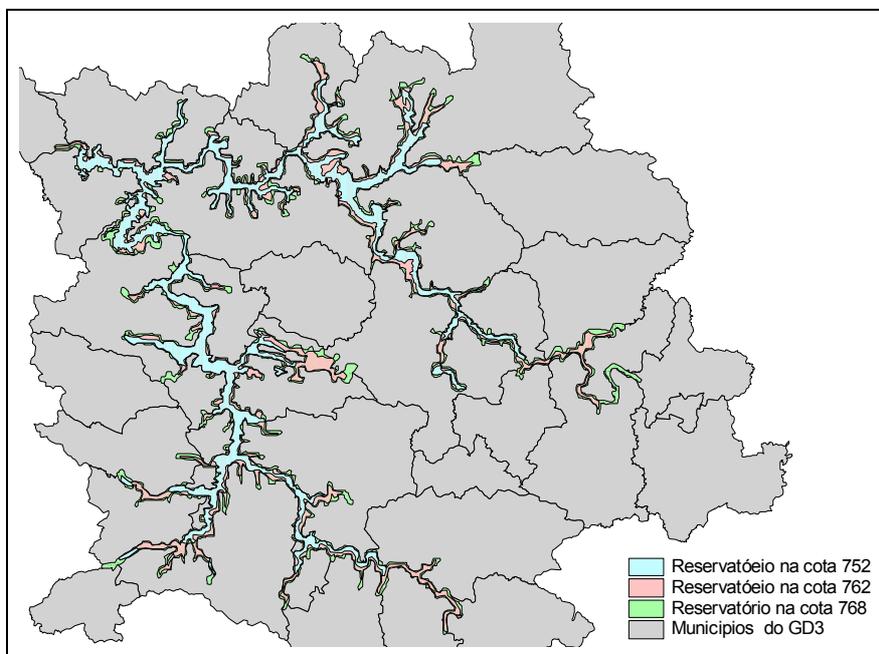


FIGURA 25: Comparação entre regiões e declividades no talude (solo) do reservatório
Fonte: CERNE/UNIFEI, 2005

A declividade aliada ao nível é de suma importância para identificação do impacto no turismo da região.

Para a construção da variável, nível do reservatório para as diferentes regiões do lago de Furnas, colheu-se informações, através de pesquisas de campo realizadas em 2005 pelo grupo de pesquisas, CERNE, da Universidade Federal de Itajubá, MG. Estas pesquisas foram realizadas em apenas 14 municípios do entorno do reservatório, TABELA 5, por serem considerados no estudo como os municípios que sofrem maiores impactos do rebaixamento do reservatório, uma vez que suas economias estão fundamentadas nos usos múltiplos do lago.

Partindo do estudo (CERNE/UNIFEI, 2005), foram extraídos os dados relevantes para a construção da variável nível para os diferentes *clusters*.

TABELA 5: Municípios lindeiros do reservatório de Furnas escolhidos em função de maior influência do lago em suas economias.

Municípios lindeiros	Área Total (km²)	Área Inundada (km²)	Área Inundada (%)	Perímetro (km)
Aguanil	235	22,97	9,77	45,15
Alfenas	847	145,90	17,23	256,01
Alterosa	366	19,07	5,21	21,93
Areado	281	37,06	13,19	50,55
Boa Esperança	854	139,56	16,34	103,85
Campo do Meio	274	58,89	21,49	83,93
Campos Gerais	769	71,02	9,24	123,04
Capitólio	522	55,12	10,56	96,64
Carmo do Rio Claro	1.063	208,06	19,57	407,5
Cristais	628	86,18	13,72	151,66
Fama	88	16,56	18,82	37,33
Formiga	1.500	152,62	10,17	222,88
Guapé	935	185,32	19,82	299,44
Pimenta	415	27,96	6,74	60,72

Fonte: CERNE/UNIFEI, 2005

Para o presente estudo, extraiu-se dos questionários direcionados ao turismo algumas informações pertinentes ao desenvolvimento das empresas turísticas instaladas as margens do reservatório. Assim, perguntou-se para os responsáveis por estas empresas, quais seriam os intervalos de nível do

reservatório que atendem as expectativas da empresa e quais atrapalham seu desenvolvimento. Foram extraídos estes valores da maioria dos empreendedores turísticos instalados as margens do lago das 14 cidades da TABELA 5.

Através da análise destas respostas, aos 39 entrevistados dos 14 municípios foi possível retirar o intervalo do valor ruim, médio e bom para cada município.

O próximo passo foi diminuir as informações que serviriam para determinar as funções de pertinência e conjuntos fuzzy para esta variável. Então, adotou-se a clusterização heurística que serviu para agrupar os municípios semelhantes para que possibilitasse obter intervalos para cada região.

Esta clusterização foi realizada a partir da semelhança dos intervalos para cada conjunto (ruim, médio e bom), proximidade geográfica, declividade do terreno e infra-estrutura turística das margens do reservatório.

Estes municípios foram clusterizados em quatro regiões que por sua vez, apresentam diferentes valores de impacto no que diz respeito ao atrativo natural, o reservatório de Furnas, que motiva as atividades turísticas em toda a região. Os municípios e seus respectivos *clusters* podem ser visualizados na TABELA 6.

TABELA 6: Municípios reunidos por região e seus respectivos empreendimentos entrevistados

Municípios	Número de empreendimentos turísticos pesquisados	Clusters
Aguanil	1	Leste
Alfenas	5	Sul
Alterosa	1	Sul
Areado	2	Sul
Boa Esperança	3	Leste
Campo do Meio	2	Sul
Campos Gerais	1	Sul
Capitólio	4	Noroeste
Carmo do Claro	1	Noroeste
Cristais	0	Leste
Fama	4	Sul
Formiga	4	Nordeste
Guapé	4	Noroeste

Pimenta	1	Nordeste
Total	39	

Fonte: Próprios autores

Quanto aos equipamentos e serviços turísticos dos municípios pesquisados, a TABELA 6, mostra o número de empreendimentos pesquisados pelo estudo do CERNE/UNIFEI (2005), e que serviu de base de dados para elaboração do seguinte trabalho.

A partir dos 39 questionários, adotou-se o valor médio dos intervalos de ruim, médio e bom apontados pelos entrevistados de cada município. Utilizou-se a média por serem valores muitíssimo próximos, o que não acarretariam valores altos de erro. Depois disso, extraiu-se a média de cada *cluster*.

A partir destes intervalos trabalhados pelos profissionais da área de turismo e energia, foi possível traçar os conjuntos fuzzy (ruim, médio e bom) para cada região, Nordeste; Noroeste; Leste e Sul e suas respectivas funções de pertinência para cada conjunto fuzzy.

Foi necessário esta subdivisão para que a região do entorno do reservatório não fosse tratada como algo uniforme, pois elas apresentam características distintas e por sua vez, diferentes sensibilidades quanto ao rebaixamento do lago. Portanto, cada região apresenta um valor de impacto no mercado turístico.

Para a variável nível do reservatório foram definidos os conjuntos fuzzy acima citados, e os parâmetros destes conjuntos (para cada *cluster*) variam de 750 m (valor mínimo de operação da Usina) à 768 m (valor máximo de armazenamento). Os níveis mínimos do reservatório de Furnas no período de janeiro de 1996 a julho de 2005 que seguem na FIGURA 26, podem demonstrar este intervalo de variação para esta variável de entrada.

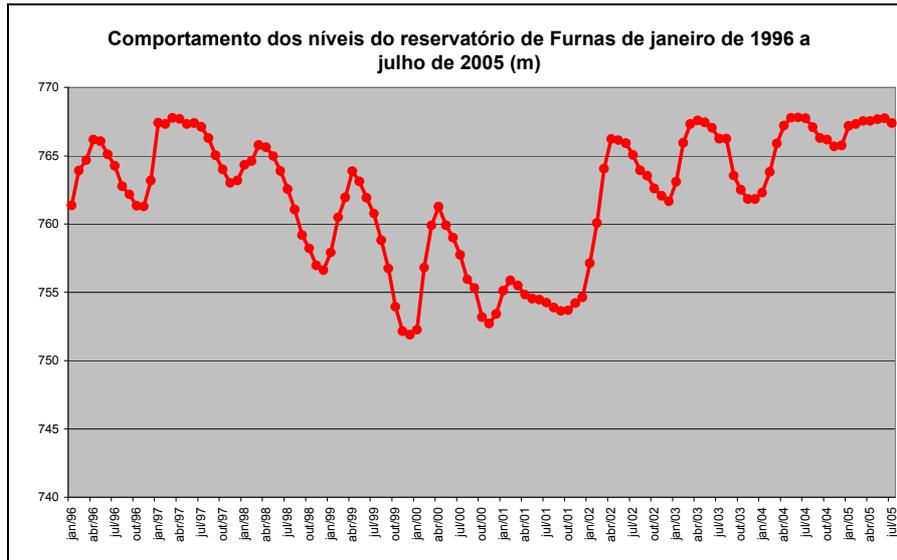


FIGURA 26: Níveis mínimos de operação do reservatório de Furnas.

Fonte: próprios autores

Nas FIGURAS 27 à 30, são apresentadas as variáveis de entrada para os níveis do reservatório de cada uma das regiões Leste; Sul; Noroeste e Nordeste.

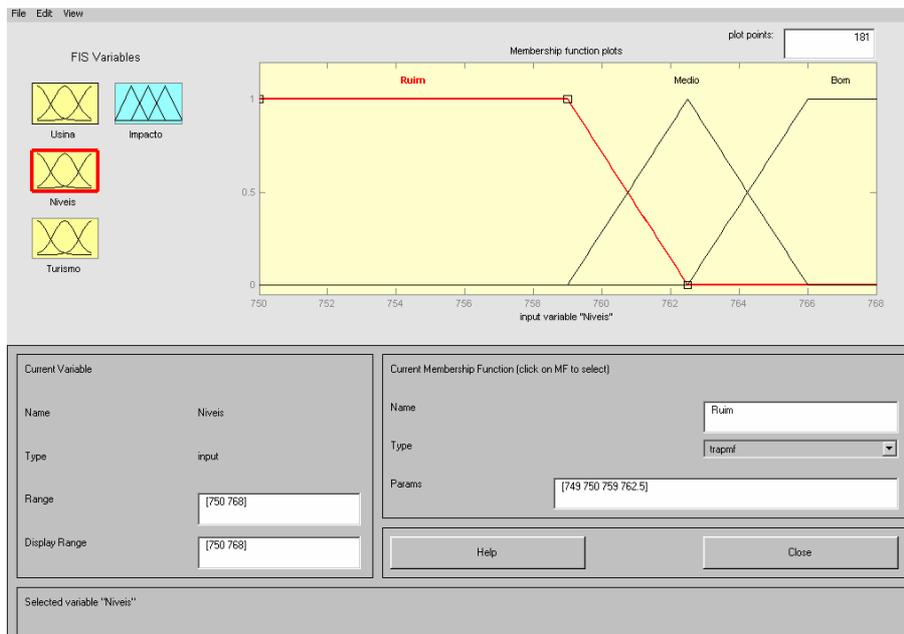


FIGURA 27: Variável nível do reservatório para o cluster Leste e funções de pertinência para cada conjunto.

Fonte: próprios autores.

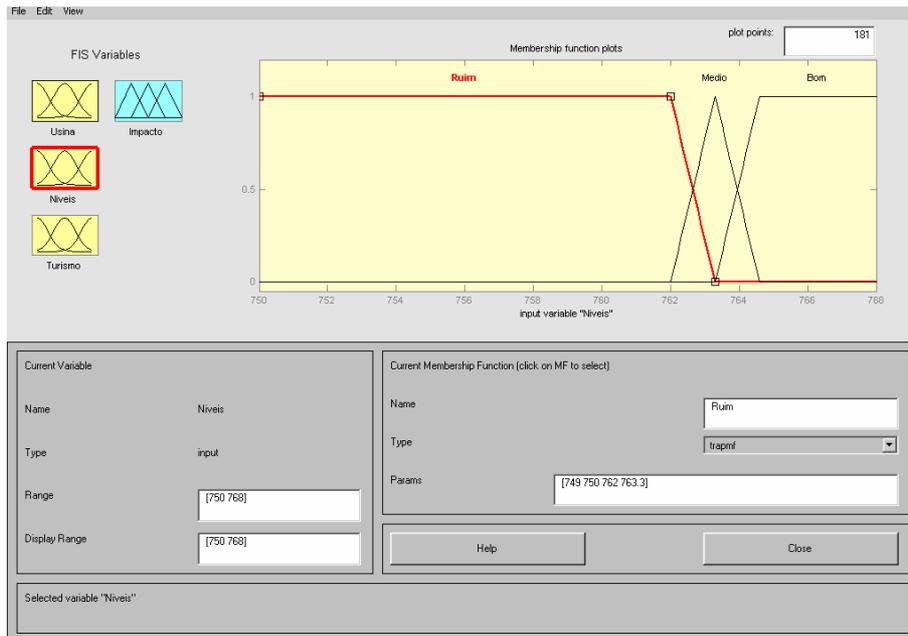


FIGURA 28: Variável nível do reservatório para o cluster Sul e funções de pertinência para cada conjunto.

Fonte: próprios autores.

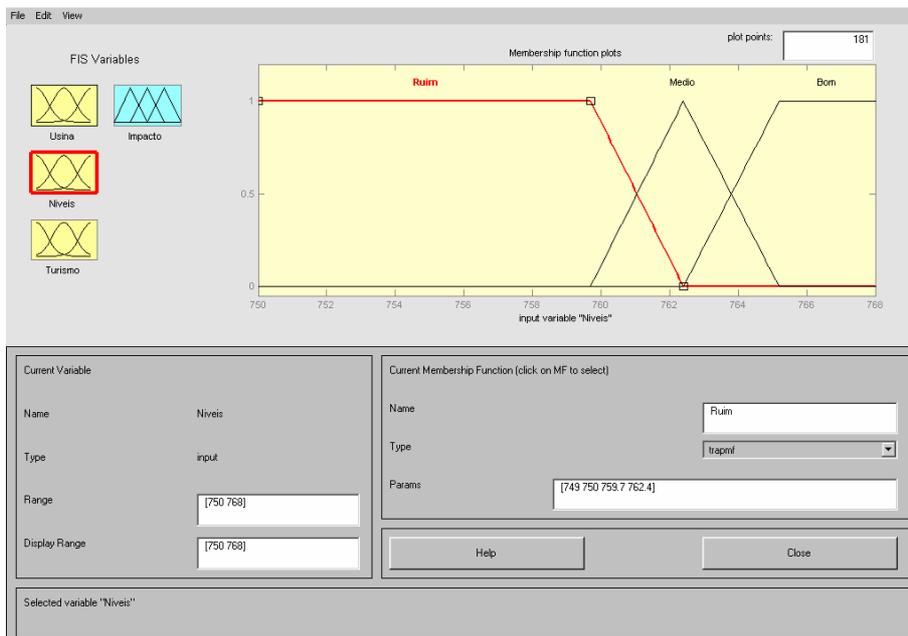


FIGURA 29: Variável nível do reservatório para o cluster Noroeste e funções de pertinência para cada conjunto.

Fonte: próprios autores.

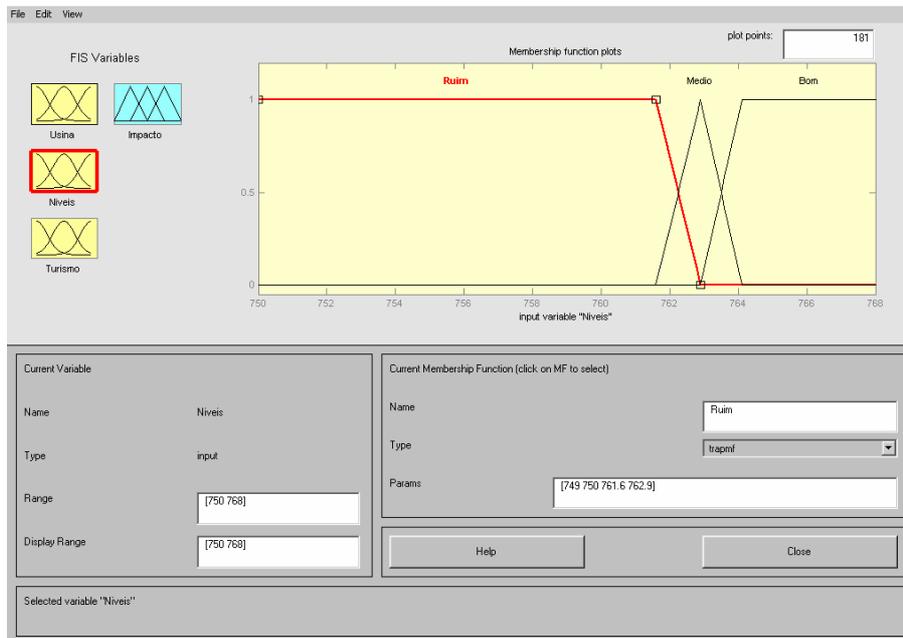


FIGURA 30: Variável nível do reservatório para o cluster Nordeste e funções de pertinência para cada conjunto.

Fonte: próprios autores.

Estas variáveis foram simuladas para cada *cluster*, ou região do entorno do reservatório de Furnas, sendo mantidas as outras variáveis e regras.

4.1.3. Sazonalidade turística ou flutuação da demanda

A variável de entrada sazonalidade turística ou flutuação da demanda foi determinada a partir da variação do fluxo turístico na região limdeira ao reservatório através da pesquisa realizada pelo CERNE/UNIFEI em 2005.

Os empreendedores turísticos instalados as margens do reservatório responderam em que épocas do ano apresentavam demandas turísticas médias e altas.

Para o estudo desta variável foram considerados os questionários e estes por sua vez, apontaram as férias escolares, final de ano e feriados como as melhores épocas para seus negócios. Em conjunto com a análise destes dados; a experiência dos operadores em analisá-los; a motivação do fluxo turístico (reservatório); épocas onde as temperaturas estão mais elevadas (primavera e verão) e períodos de pesca (outono e inverno) possibilitaram a

construção da TABELA 7. Esta ilustra como foi realizada a definição dos conjuntos fuzzy para esta variável bem como suas funções de pertinência.

TABELA 7: Divisão dos meses do ano e atribuição de pesos para caracterizar a demanda turística

Meses do ano	Características	Percentual de peso para o turismo
Janeiro	Férias escolares	Variando de 0,7 a 1
Fevereiro	Carnaval e finais de semana	Variando de 0,3 a 0,8
Março	Finais de semana	Variando de 0 a 0,3
Abril	Feriado e finais de semana	Variando de 0,3 a 0,8
Maiο	Feriado e finais de semana	Variando de 0,3 a 0,8
Junho	Feriado e finais de semana	Variando de 0,3 a 0,8
Julho	Férias escolares	Variando de 0,7 a 1
Agosto	Finais de semana	Variando de 0 a 0,3
Setembro	Feriado e finais de semana	Variando de 0,3 a 0,8
Outubro	Feriado e finais de semana	Variando de 0,3 a 0,8
Novembro	Feriado e finais de semana	Variando de 0,3 a 0,8
Dezembro	Final de ano e férias escolares	Variando de 0,7 a 1

Fonte: Próprios autores & CERNE/UNIFEI, 2005.

Contudo, os conjuntos fuzzy para a variável sazonalidade turística foram definidos por sazonalidade baixa, sazonalidade média e sazonalidade alta. E estes por sua vez, sofrem a variação de 0 à 1, como é mostrado na FIGURA 31.

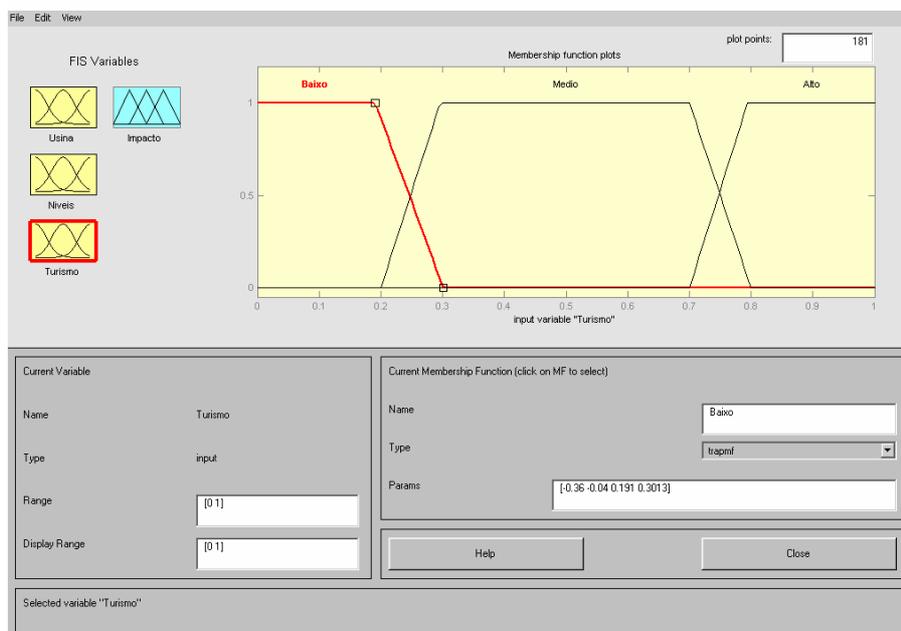


FIGURA 31: Variável sazonalidade turística para o cluster Leste e suas funções de pertinência para cada conjunto.

Fonte: próprios autores.

4.1.4. Impacto no mercado turístico instalado às margens do reservatório de Furnas

A variável de saída deste modelo mostra a variação de impacto das variáveis de entrada (geração de energia, nível do reservatório e sazonalidade turística) no mercado turístico instalado às margens do reservatório de Furnas.

Foram definidas as funções de pertinência para os conjuntos fuzzy, impacto baixo; impacto médio, impacto alto e impacto muito alto. Foi adotado que a variação do impacto é de 0 a 1, como mostra a FIGURA 32.

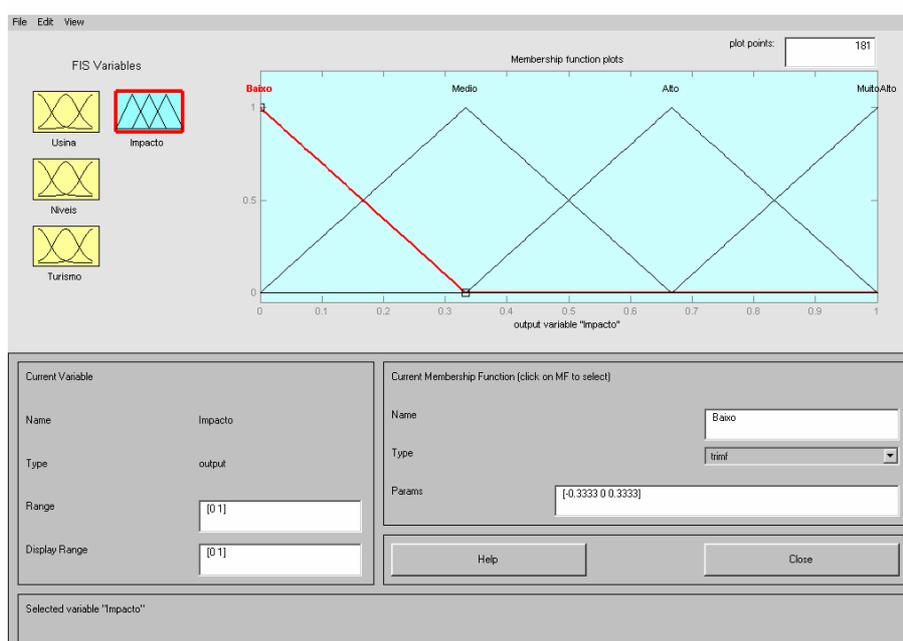


FIGURA 32: Variável de saída (impacto) e suas funções de pertinência para cada conjunto.

Fonte: próprios autores.

4.2. REGRAS DO SISTEMA FUZZY

Definidas as variáveis de entrada e saída, bem como seus conjuntos fuzzy e funções de pertinência, foram elaboradas as regras que nortearam o modelo fuzzy. Assim, foram estudados os impactos que as variáveis de entrada geram na saída, com auxílio do conhecimento e experiência dos operadores nas áreas de energia e turismo.

A base de regras do modelo uniu as informações dos antecedentes (variáveis de entrada) com o conseqüente (variável de saída) de forma a aplicar o conhecimento difuso (IF – THEN).

Foram elaboradas 27 regras para o modelo proposto, como pode ser visto na FIGURA 33 e FIGURA 34.

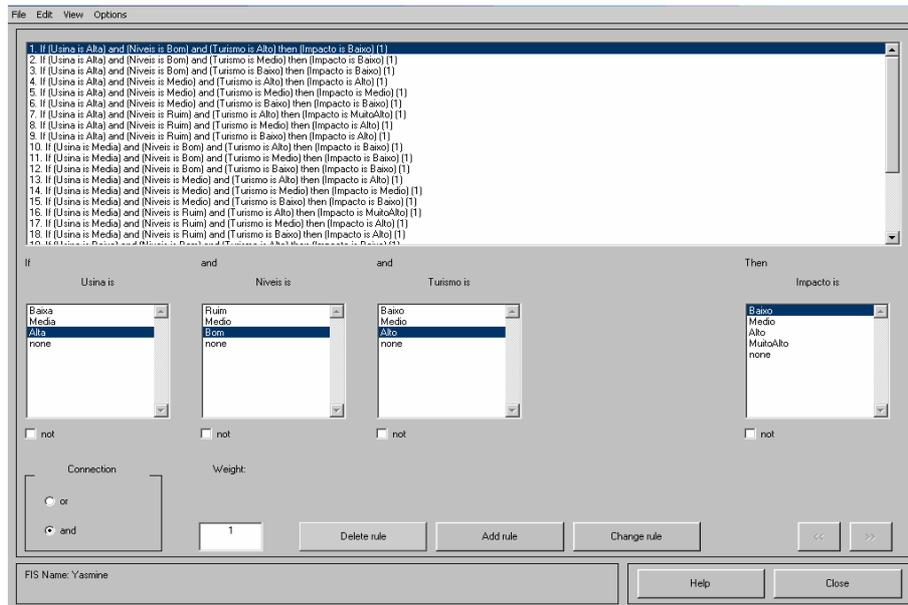


FIGURA 33: Regras do modelo.

Fonte: próprios autores

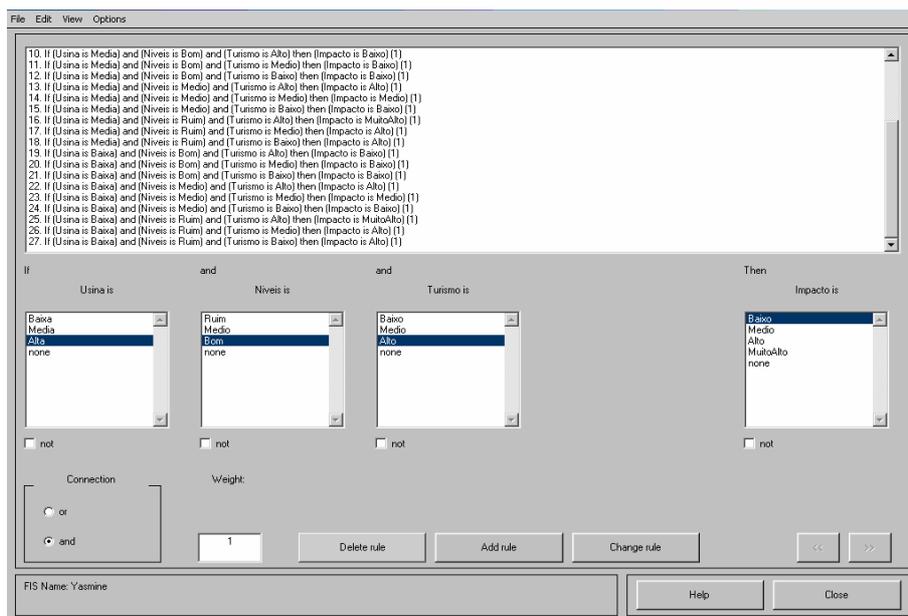


FIGURA 34: Regras do modelo(continuação).

Fonte: próprios autores.

4.3. INFERÊNCIA E DEFUZZIFICAÇÃO

Com as variáveis e termos lingüísticos já definidos, o próximo passo foi escolher o método de inferência adequado (AMORIM e LIMA, 2007). Segundo AMORIM e LIMA (2007), o método de Takagi-Sugeno-Kang de ordem zero [Mendel 2001], são utilizadas em casos em que as funções de pertinência de saída do modelo são constantes.

No caso destes modelos, as funções de pertinência não são constantes e por esta razão foi utilizado o método Mandani, onde são admitidas ambigüidades ou interpolações dos conjuntos fuzzy de saída, pois as funções de pertinência de saída são conjuntos fuzzy [The Mathworks Inc 1999 apud AMORIM e LIMA].

No processo de fuzzificação foram utilizados fuzzificadores triangulares e trapezoidais que converteram os valores numéricos de entrada em valores de pertinência para cada conjunto fuzzy que serão manipulados pela máquina de inferência fuzzy.

O conjunto de regras expressou o conhecimento humano do mundo real referente à dependência das variáveis de entrada à variável de saída.

A máquina de inferência realizou o processo de agregação (AND) que avaliou os antecedentes das regras e forneceu o valor MÍN dos valores de pertinência destes. O processo de agregação (OU) ponderou as conclusões das regras através do operador MÁX.

Depois da inferência das regras o processo de defuzzificação transformou os valores fuzzy em valores numéricos (crisp) de saída, através do método de defuzzificação do centróide, apresentado por DRIANKOV *et al.*, 1993 *apud* VARGENS *et al.*, 2003.

Para o universo de discurso da saída (impacto) a variação foi de [0,1], sendo que o valor 0 significa impacto nulo e o valor 1 indica impacto máximo.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As entradas são valores numéricos que foram traduzidos em termos lingüísticos para serem usados no processo de inferência. A saída é um

resultado numérico originado da inferência das regras sobre as entradas. (AMORIM e LIMA, 2007).

O sistema fuzzy proposto foi implementado com o auxílio do Fuzzy Toolbox® do Matlab® e testado com diferentes cenários, com o objetivo de se avaliar sua precisão e consistência. (VARGENS *et al*, 2003).

Segundo COELHO (2007), após o processo de defuzzificação, ou condensação, em que são realizadas as inferências utilizando as ferramentas da lógica difusa, pode-se obter, a partir de valores aleatoriamente escolhidos para as variáveis de entrada, os respectivos valores para a variável de saída.

Desta forma, foram feitas simulações, com cenários favoráveis (irreal) as empresas turísticas e outros que não o sejam (real). Assim foi possível avaliar os modelos e a partir dessas simulações, visualizar como estes poderão ser utilizados como ferramentas de previsão de impacto para futuras simulações. Os mencionados cenários são a seguir apresentados.

CENÁRIOS

- **Cenário otimista**

Gerou-se 1 cenário irreal apenas para validar o modelo fuzzy e provar que este sistema é conciso.

O cenário escolhido foi baseado na restrição da vocação de geração de energia elétrica de Furnas e a união de todas as condições favoráveis (modelo) para o desenvolvimento do mercado turístico das margens do reservatório de Furnas para os *clusters*. A primeira simulação foi realizada com o *cluster* leste como é mostrado na FIGURA 35.

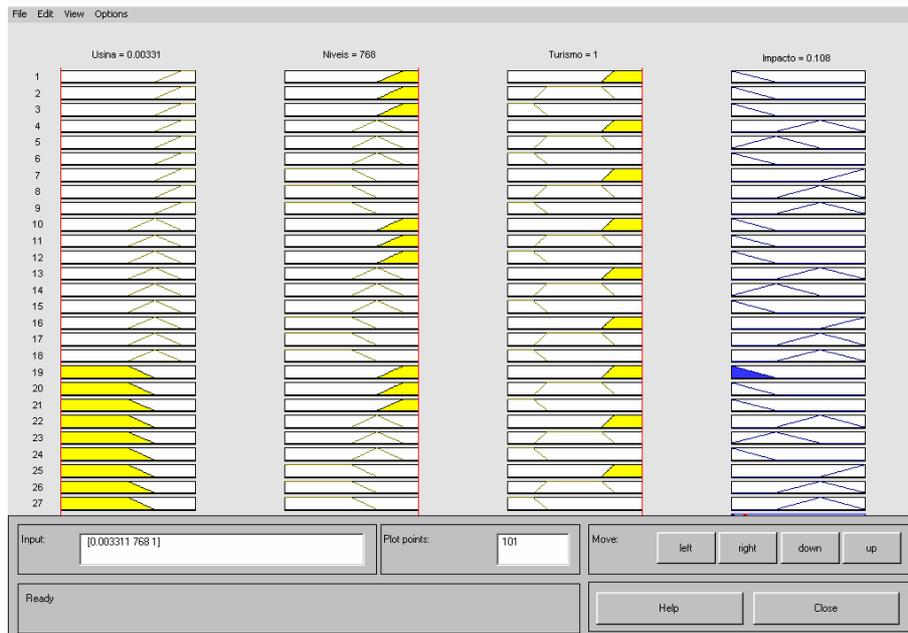


FIGURA 35: Simulação para o *cluster* Leste

Fonte: próprios autores

Este valor de impacto simulado para o cenário irrealista resultou no valor de 10,8%. Este número representa o valor numérico defuzzificado pelo modelo sendo o menor valor possível de impacto que pode ser calculado.

O valor de impacto não é 0% porque este valor de geração não é nulo, ou seja, a usina hidrelétrica continua gerando, porém com o menor valor da série histórica (28.499,00 MW/h).

Foram realizadas simulações para os outros 3 *clusters* sendo os resultados apresentados nas figuras 36 à 38.

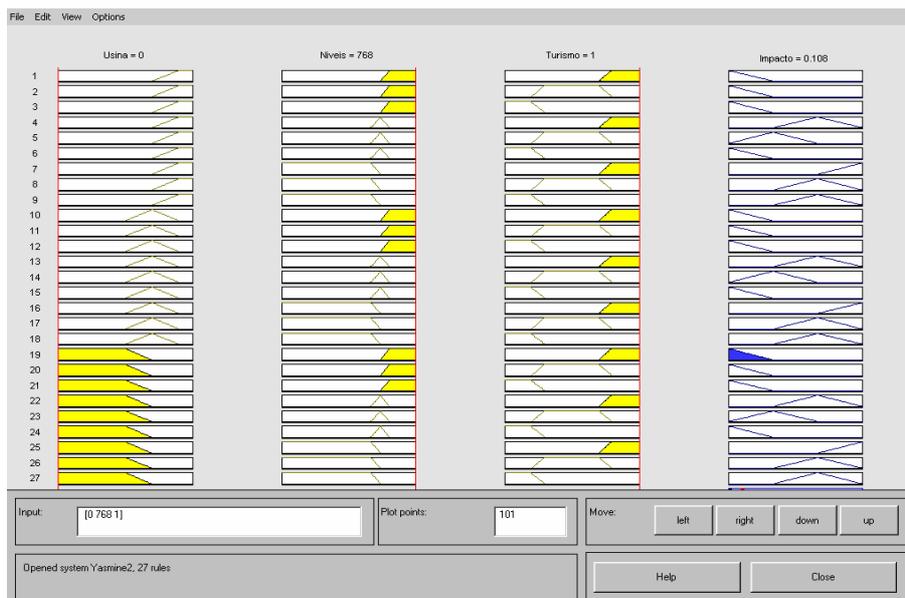


FIGURA 36: Simulação para o *cluster* Sul

Fonte: próprios autores



FIGURA 37: Simulação para o *cluster* Noroeste

Fonte: próprios autores



FIGURA 38: Simulação para o *cluster* Nordeste

Fonte: próprios autores

Os valores de impacto foram os mesmos em todas as simulações. Isto ocorreu em virtude do nível do reservatório ter sido estipulado com o valor máximo de operação, desta forma eliminando as diferenças entre os *clusters* quanto ao nível do reservatório.

- **Cenário pessimista**

A partir de dados do período de agosto de 1999 à fevereiro de 2002, foi possível determinar os valores para este cenário simulado 4 vezes, modificando-se a variável de nível do reservatório que caracteriza a diferença de *cluster* ou região do lago.

Foi simulado com o pior caso para o mercado turístico deste período, ou seja, com os menores valores de níveis do reservatório para cada *cluster*.

O exemplo de simulação que pode ser visto na FIGURA 39, caracteriza um cenário crítico para o *cluster* Leste.

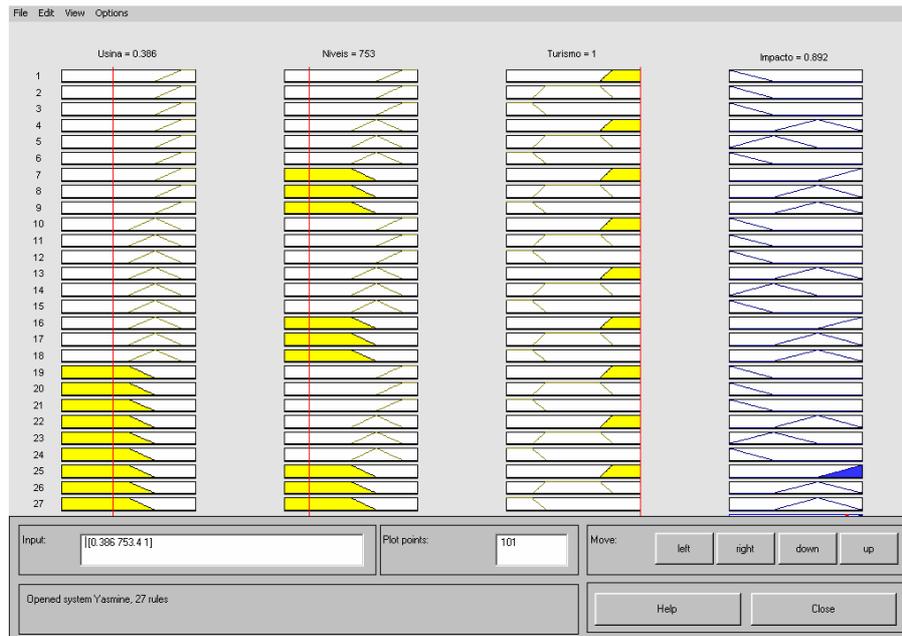


FIGURA 39: Cenário desfavorável ao mercado turístico do cluster Leste.

Fonte: Próprios autores

Foram simulados para os outros 3 *clusters*, obtendo-se valores iguais. Isto pode ser explicado por este cenário representar valores tão extremos, que todas as regiões sofreram o alto valor de 89,2 % de impacto.

Como dito anteriormente, após terem sido validados os modelos, ou seja, avaliados se os mesmos apresentam resultados concisos, foi possível gerar simulações com casos reais. Assim, extraíram-se os valores do histórico de geração, níveis mínimos do reservatório (valores extremos) e flutuações da demanda turística (sazonalidade) para os meses de janeiro de 1996 a julho de 2005. Portanto, foi possível gerar panoramas do impacto para os diferentes *clusters* e, a partir destes, gerar um mapa com as avaliações que podem servir de base de informações para tomada de decisão quanto aos investimentos nas atividades turísticas das margens do reservatório de Furnas.

Os modelos apresentados foram simulados em 115 situações distintas. Foram mantidas as variáveis de entrada relativa à geração de energia; sazonalidade turística e impacto no mercado turístico e suas funções de pertinência.

Foi analisada a base de regras e decidiu-se mantê-la também, da mesma forma que os métodos de fuzzificação e defuzzificação.

A informação que foi alterada de simulação para simulação foi a variável referente aos níveis do reservatório, de modo a prever o impacto no mercado turístico para as regiões (*clusters*), que possuem características diferentes. .

Através do FIS do Matlab, foi possível verificar os resultados de cada modelo, através do gráfico de superfície que estão no ANEXO A.

Para melhor ilustrar estes resultados, com auxílio do Matlab, buscaram-se os modelos (.fis). Depois foi utilizada a função evalfis para que esta pudesse calcular os valores de saída para cada grupo de valores de entrada de geração, níveis e sazonalidade de cada mês do período de 1996 a julho de 2005.

Assim, através da função evalfis, foi possível calcular os valores de impacto (saída) através da leitura dos modelos a partir da função readfis e dos valores reais do histórico que foram inseridas na função evalfis.

Portanto, após inserir estes dados numéricos foi possível obter os valores de impacto para cada situação do histórico.

Serão discutidos a seguir, os resultados destas simulações quanto aos valores de impacto e suas permanências, pois como já foi dito anteriormente, a dependência das áreas lindeiras em relação ao reservatório é muito grande e o caso mais grave para o mercado turístico não está condicionado apenas ao rebaixamento do reservatório, mas também ao período que este permanece em situação extrema, e estes fatores por sua vez, restringem a vocação do mercado.

Nas tabelas constantes do ANEXO B, é possível visualizar os valores de saída para cada modelo.

Os valores da TABELA 8 se referem aos valores de impacto no mercado turístico do *cluster* Leste para os casos reais de geração, níveis de reservatório e sazonalidade turística. Para melhor compreensão dos valores de impacto estes foram discretizados em níveis baixos, médios e altos de impacto para cada região ou *cluster*.

Os valores de impacto variaram de 0% a 100% e estes por sua vez foram divididos em faixas de valores (baixo, médio e alto) para que pudessem ser mais bem compreendidas quando fossem feitas comparações de resultados entre os *clusters*.

Portanto, foi adotado que de 0% a 33% o valor de impacto é considerado baixo; de 34% a 66% é considerado médio e de 67% a 100% o impacto é alto.

Desta forma, foi possível concluir que para o *cluster* Leste, TABELA 8, durante 58 meses o valor de impacto foi baixo, em 21 meses foi médio e em 36 meses foi alto.

Fazendo uma análise dos valores de saída, constante da TABELA 9, foi possível concluir que para o *cluster* Sul durante 54 meses do período, os valores de impacto estavam baixos em 54 meses, 9 meses estavam médios e em 52 meses o impacto foi alto.

A partir da TABELA 10, para o *cluster* Noroeste, verifica-se que em 59 meses os valores de impacto foram baixos, em 19 meses foram médios e em 37 meses se caracterizaram por impactos altos.

Da mesma forma, para o *cluster* nordeste, cujos resultados constam da TABELA 11, os valores de impacto permaneceram 58 meses baixos, 11 meses com valores médios e 46 meses com valores altos.

Através destas análises foi possível demonstrar que a sensibilidade é maior na região sul quanto aos valores de impacto alto, pois além de sofrerem com o rebaixamento do reservatório estes permaneceram 52 meses nesta situação, possuindo uma duração maior do que os demais *clusters*.

Portanto, foi possível demonstrar os valores de impacto destas diferentes regiões turísticas, *clusters*, a partir dos valores reais do histórico relativos à geração de energia, níveis de reservatório e sazonalidade turística, como mostra as FIGURA 40 e FIGURA 41.

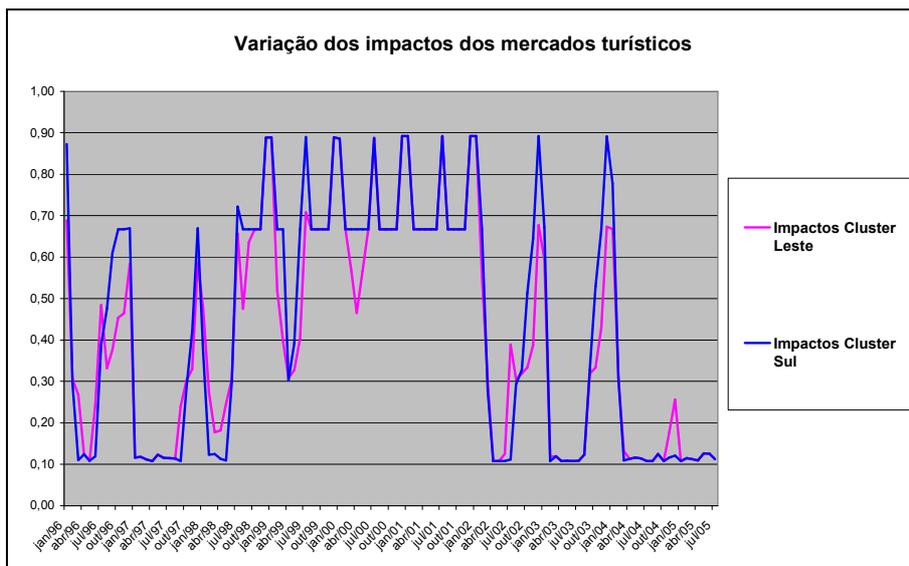


FIGURA 40: Variação dos impactos nos mercados turísticos dos clusters Leste e Sul

Fonte: próprios autores

O *cluster* Sul permanece nos valores acima de 66% a maior parte do tempo se comparar com os valores do *cluster* Leste e assim conclui-se que são mais sensíveis as alterações dos níveis do reservatório. A FIGURA 41 mostra os valores de impacto dos mercados turísticos dos *clusters* Noroeste e Nordeste.

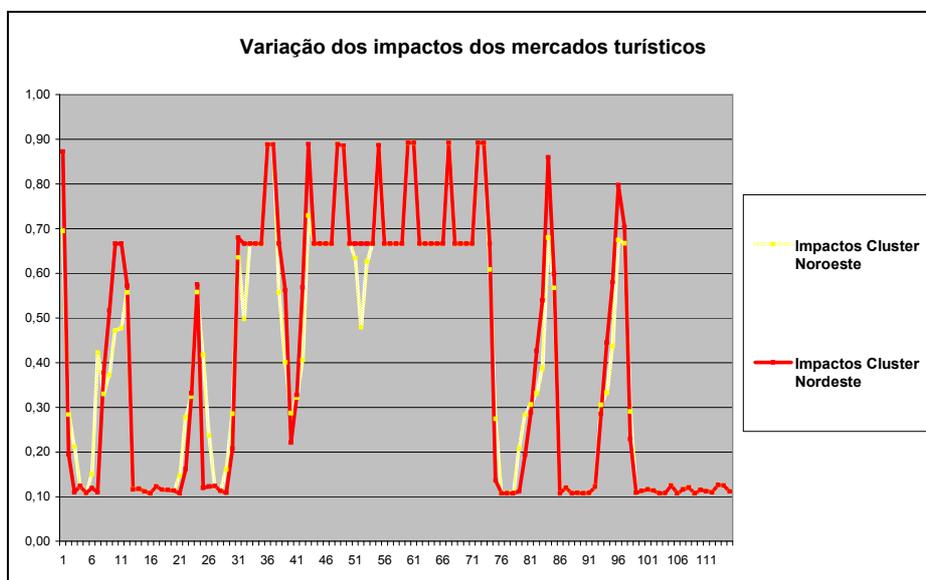


FIGURA 41: Variação dos impactos nos mercados turísticos dos clusters NO e NE

Fonte: próprios autores

É possível visualizar que os valores de impacto do *cluster* Nordeste se assemelham com os valores do *cluster* Sul e isto se deve pelos valores semelhantes de declividade do terreno destas regiões e que por sua vez, deixam estas áreas mais sensíveis aos rebaixamentos dos níveis do reservatório.

O código fonte do programa usado em todas as simulações encontra-se no ANEXO C.

6. CONCLUSÕES

O presente trabalho possibilitou demonstrar a fragilidade das diferentes regiões do reservatório de Furnas quanto ao impacto que às mesmas sofrem em relação ao seu rebaixamento, que muitas das vezes ocorre de forma prolongada. E assim, compromete o desenvolvimento do mercado turístico instalado as suas margens que dependem quase que exclusivamente do fluxo turístico motivado pela beleza paisagística do reservatório.

Foi atribuído a este trabalho a elaboração de 4 modelos que pudessem prever os impactos nos mercados turísticos das regiões do lago, *clusters*, para servir de ferramenta de auxílio à tomada de decisão. A partir disso, os 14 municípios foram clusterizados em 4 regiões distintas, Leste, Sul, Noroeste e Nordeste.

Para tanto, foi necessário que fosse estudado a atividade turística das margens do reservatório de Furnas (14 municípios) e definido quais variáveis seriam importantes para compor os modelos.

As variáveis dos modelos foram:

- Variável de entrada: Geração de energia da Usina Hidrelétrica de Furnas;
- Variável de entrada: Nível do reservatório (para cada região ou cluster);
- Variável de entrada: Sazonalidade turística ou flutuação da demanda
- Variável de saída: Impacto no turismo as margens do reservatório.

Com auxílio do conhecimento de profissionais das áreas de turismo e energia definiu-se o modelo para cada *cluster* a partir da definição das variáveis de entrada e saída do sistema fuzzy; conjuntos fuzzy; base de regras e processos de fuzzificação e defuzzificação.

Após a validação dos modelos elaborados, foi possível traçar um panorama de impactos dos mercados turísticos para cada um dos *clusters* através das simulações reais para os valores de geração, níveis mínimos do reservatório e sazonalidade turística. Portanto, gerou-se um mapa de sensibilidade destes mercados turísticos quanto ao impacto que sofreram no período do histórico.

Desta maneira, através das análises dos dados obtidos de impactos para as regiões, foi possível concluir que o *cluster* sul identificou 52 meses com valores de impacto alto e seguido deste, foi registrado 46 meses para o *cluster* nordeste e 37 meses para o *cluster* noroeste e 36 meses para o *cluster* leste. Isto pode ser explicado pela diferença de declividade do terreno e assim maior número de meses com valores de impacto alto para as regiões mais sensíveis.

A partir destes valores de impacto para cada *cluster* foi possível analisar qual região é mais susceptível a restrição do desenvolvimento do mercado turístico instalado as margens do reservatório.

Portanto, o presente trabalho possibilitou identificar e quantificar o impacto existente nas 4 regiões do entorno do reservatório de Furnas, servindo de ferramenta de auxílio a tomada de decisão quanto as regiões que apresentam menores riscos de investimento no mercado turístico.

O mapa apresentado na FIGURA 42, pode ilustrar de forma mais clara os *clusters* e suas respectivas tendências à restrição do desenvolvimento turístico.

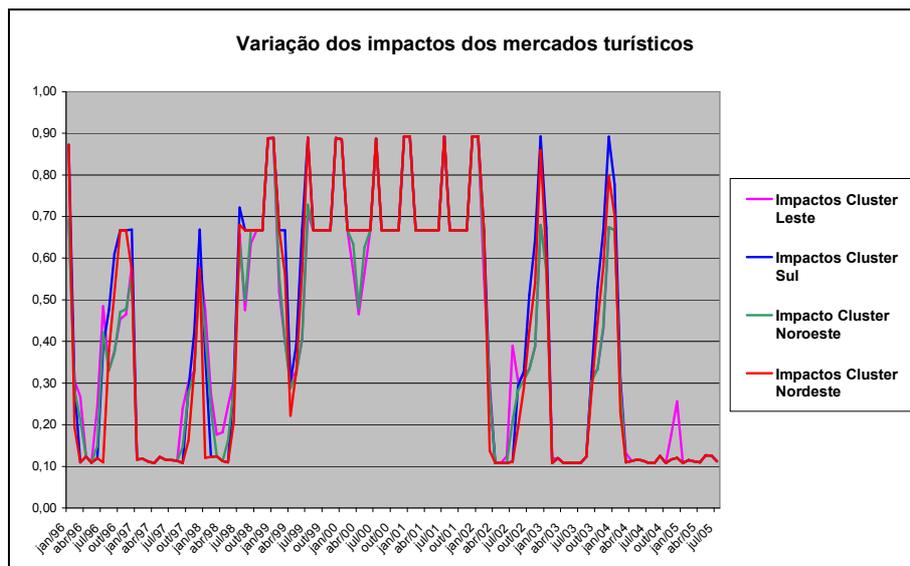


FIGURA 43: Variação dos impactos nos mercados turísticos dos clusters

Fonte: próprios autores

Desta forma, as futuras previsões poderão ser realizadas considerando que os níveis de baixo impacto se referem aos menores riscos de investimento na região, ou seja, o impacto é inevitável, pois a Usina Hidrelétrica foi construída para a geração de energia elétrica e desta forma o reservatório jamais ficará todo o período do ano no seu nível máximo (768 m), que seria o valor “ótimo” para os usos múltiplos, bem como para o desenvolvimento do turismo.

Portanto, partindo desta premissa e de acordo com o conhecimento heurístico dos empreendedores da região do reservatório de Furnas é possível dizer que os valores de impacto considerados baixos (de 0% a 33%) são considerados favoráveis ao desenvolvimento do mercado turístico da região. Tal assertiva pode ser comprovada, pois esta faixa de valores compreende o período do histórico onde foram registrados os melhores meses quanto ao crescimento destas empresas, segundo dados fornecidos pelos empreendedores do entorno do reservatório, época esta que se iniciou em março de 2002 (após crise energética). Segundo as simulações realizadas, esta situação aconteceu com todos os *clusters* e estes valores baixos permaneceram por maior tempo se comparar com os valores médios e altos (histórico), pois permaneceram em média para toda a região por 57,3 meses.

Sendo que o *cluster* sul obteve número inferior de meses que os demais *clusters*, 54 meses.

Os valores entre 34% e 66% considerados impactos médios podem ser considerados como de alerta, pois não se recomenda o investimento na região se não for acompanhado de outros estudos prévios. Assim sendo, se torna valores alarmantes para os empreendedores que estão instalados na região se estes forem previstos próximos a períodos de alta temporada ou feriados prolongados, uma vez que podem afetar o fluxo turístico que se destina a esta região e influenciar de forma que estes, não a visitem mais em uma próxima ocasião. Portanto, se faz necessárias ações preventivas, como novas opções de atrativos para que o empreendedor não se prejudique com a falta de fluxo turístico.

Quanto aos valores de impacto alto, na faixa de 66% a 100%, este é considerado de nível preocupante, pois o desenvolvimento do mercado turístico nestas situações está sendo totalmente restringido. Isto pode ser comprovado, pois estes valores ocorreram exatamente no período crítico de agosto de 1999 à fevereiro de 2002, quando os níveis do reservatório estavam muito baixos e a Usina de Furnas continuou gerando energia e, desta forma, os níveis ficaram em condições insustentáveis para os usos múltiplos das águas do reservatório, inclusive para o turismo.

Os modelos de previsão feitos para cada um dos *clusters* do entorno do reservatório de Furnas servirá para os empreendedores já instalados na região como ferramenta de previsão de futuros impactos para que estes possam tomar atitudes preventivas para que a redução do faturamento em épocas críticas não seja tão intensa. Assim, estes podem adotar ações como as que foram realizadas em um dos municípios do entorno do lago, na época da crise energética, em que o empreendedor sabendo que sua lucratividade estava intimamente ligada a água, atrativo natural responsável pelo desenvolvimento do mercado turístico; adotou uma campanha denominada “de costas para o lago”, em que foram desenvolvidas atividades ligadas ao ecoturismo e eventos, para que nesta época crítica se obtivessem outros atrativos que motivassem o fluxo de pessoas e diminuísse assim, a dependência do mercado local ao reservatório.

No que se refere aos órgãos que auxiliam os municípios, estes modelos de previsão servirão para ajudar na negociação realizada pela ALAGO e Comitê de Bacia Hidrográfica para a possibilidade de ponderação dos interesses desse uso múltiplo, a partir dos valores de impacto obtidos através das simulações realizadas no presente trabalho e através de futuras previsões.

Quanto aos futuros investidores, os resultados das simulações realizadas servirão para auxiliar a tomada de decisão quanto à escolha da região ou *cluster*, mais apropriado a instalação da empresa turística no que tange ao grau de sensibilidade que a mesma apresenta quanto aos rebaixamentos do nível do reservatório. Os resultados de impacto que serão obtidos através das previsões servirão para que os investidores tenham uma fonte de informações extra para que subsidiem suas análises quanto à viabilidade de investimento nas regiões do reservatório. Portanto, é uma ferramenta que auxiliará na tentativa do aumento de investimentos em toda a região do reservatório acarretando assim, a possibilidade de aumento do desenvolvimento econômico da região e aumento de empregos.

Os modelos de previsão elaborados através do presente trabalho são de fácil ajuste das variáveis e conjunto de regras e por isso podem ser modificados caso for julgado necessário, para possíveis adequações.

A lógica fuzzy, utilizada para construção dos modelos, não necessita de conhecimento profundo acerca de programação e matemática avançada, por isso abre portas para aplicações em outras áreas que não sejam de controle de processos, como a área do mercado turístico como é o caso deste trabalho. Como dito anteriormente, o conhecimento matemático é necessário, mas não a níveis complexos, porém, para a garantia de que o método foi o mais próximo da realidade e mais preciso possível, foi necessário o conhecimento de profissionais da área de energia e turismo para a melhor formulação do sistema a que se propôs, resumindo assim o raciocínio humano.

7. TRABALHOS FUTUROS

Proposta de estipulação de um valor de compensação financeira paga por Furnas as empresas turísticas instaladas as margens do reservatório à

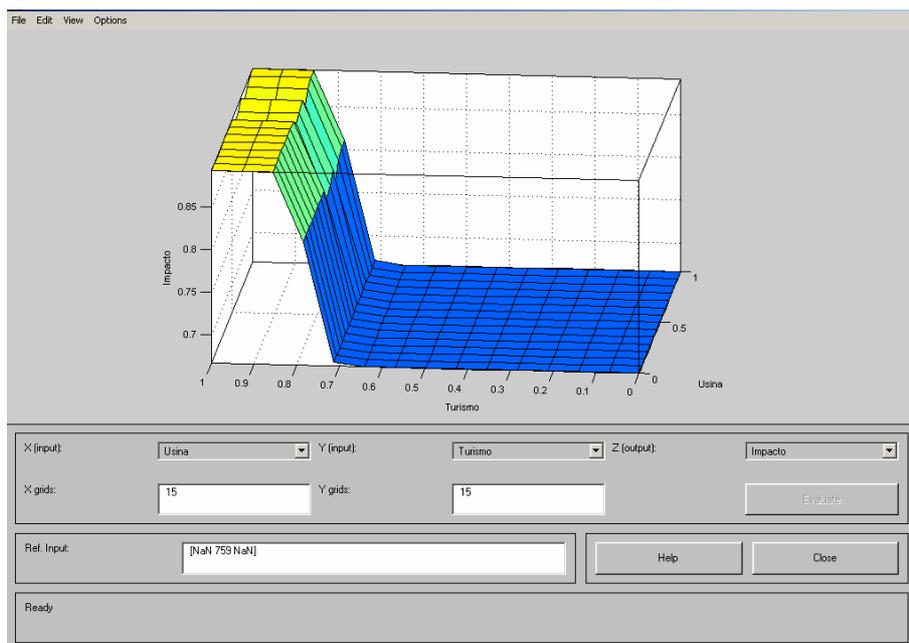
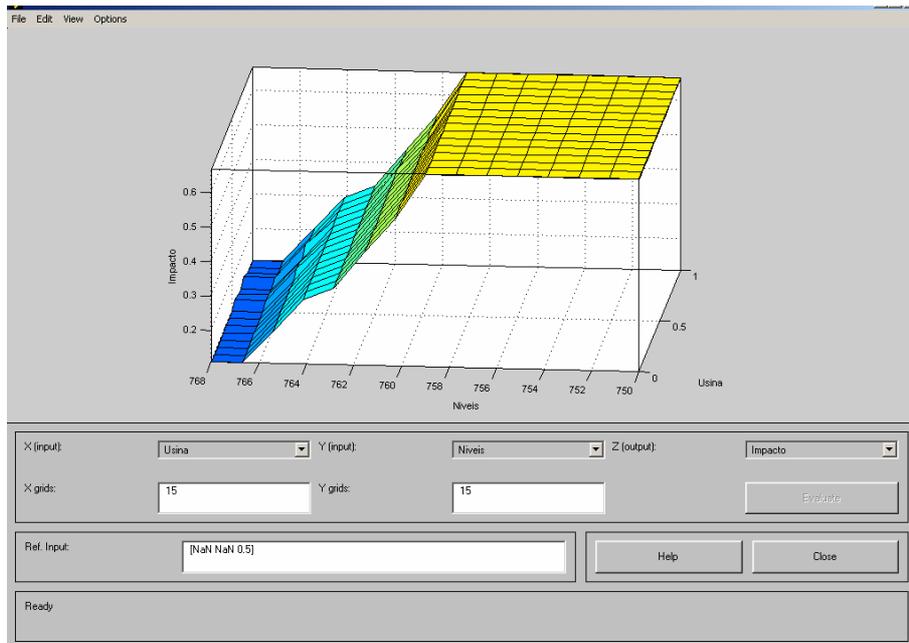
medida que a Usina tenha que rebaixar o nível do mesmo a valores que prejudiquem o desenvolvimento do mercado turístico.

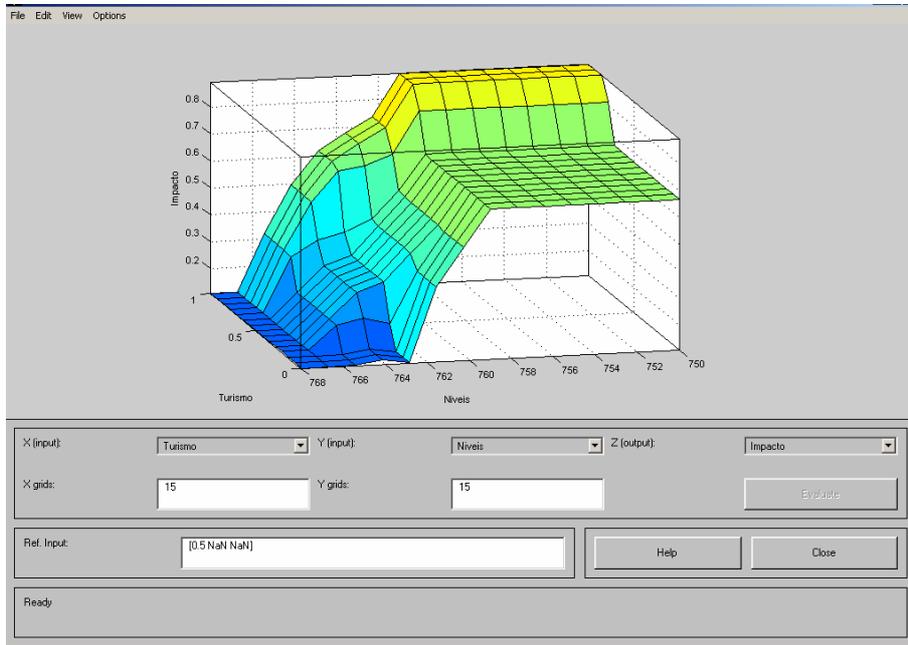
Este valor se destinaria aos empreendimentos de bens e serviços turísticos instalados as margens do reservatório e que dependem exclusivamente do fluxo de turistas que visitam a região em função da beleza paisagística do local. E deveria ser estipulada de acordo com o valor de impacto que cada região do reservatório apresenta.

Desta forma, os investidores instalados na região, bem como, os futuros investidores teriam confiança no mercado turístico instalado as margens do reservatório de Furnas quanto aos níveis do mesmo. Mesmo porque, em ocasiões em que o setor elétrico exija quantidades de energia que possam vir a rebaixar o lago a níveis insatisfatórios as atividades turísticas, a compensação viria para sanar os problemas financeiros destas empresas.

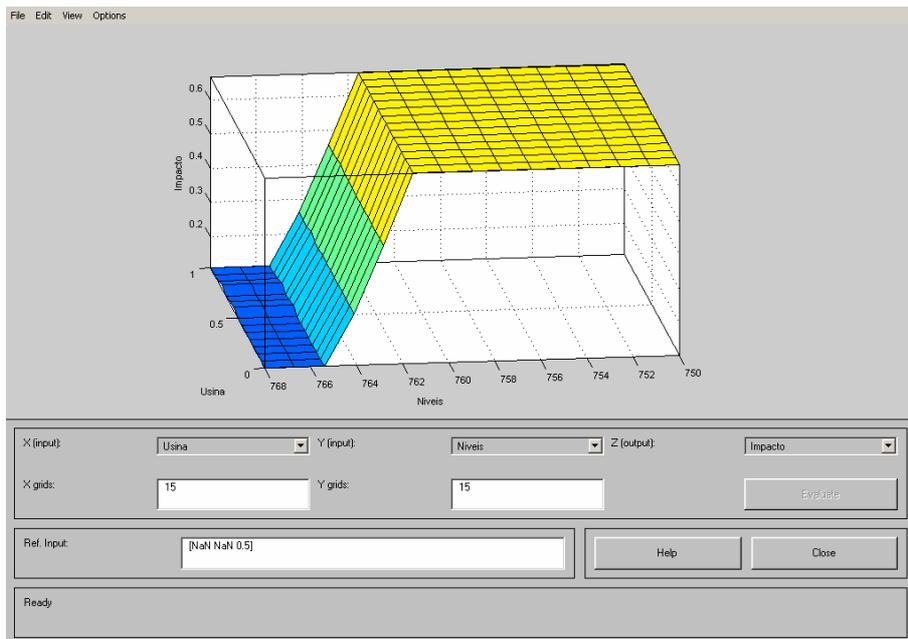
ANEXO A

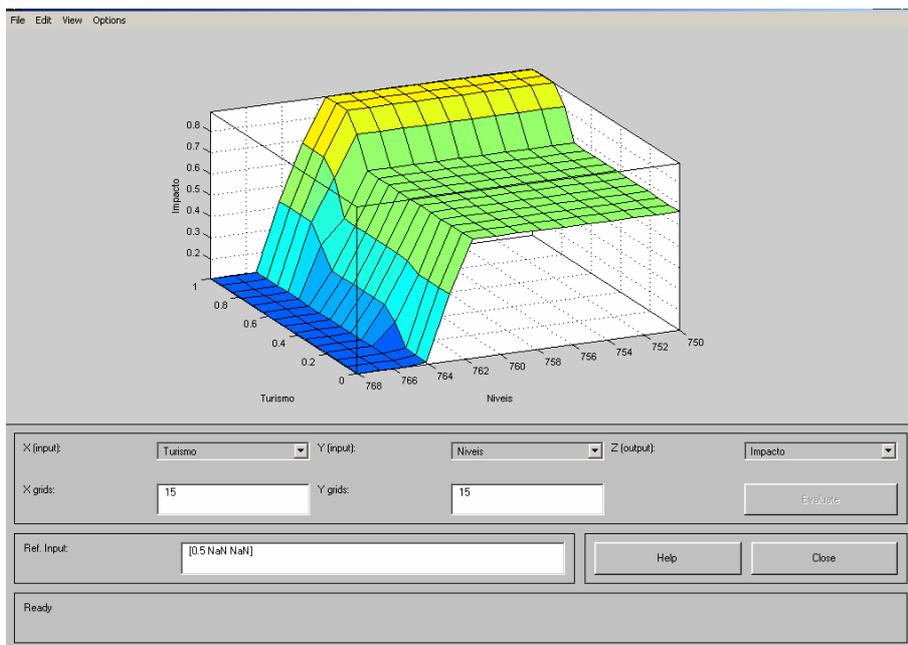
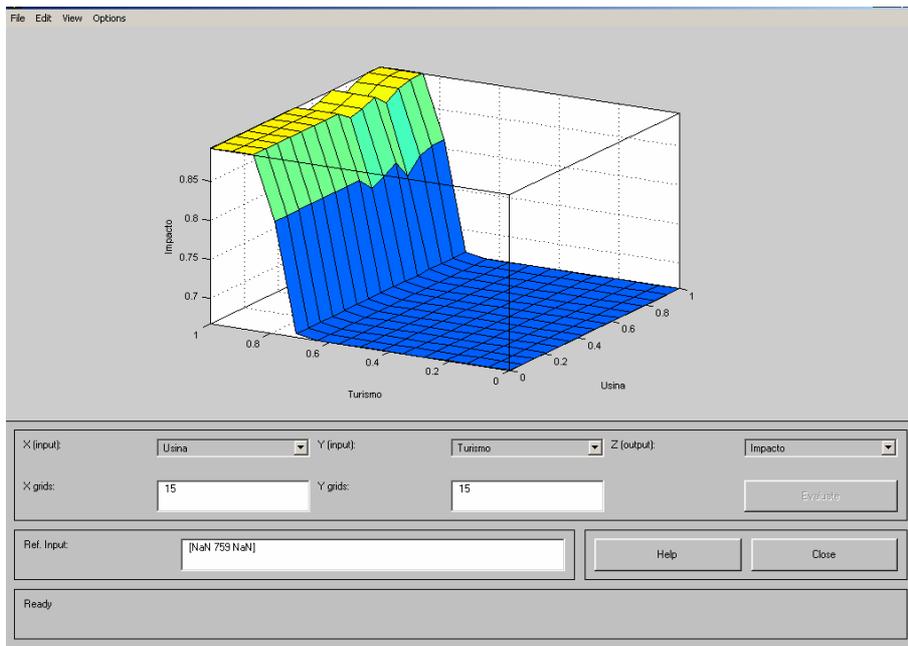
Cluster Leste:



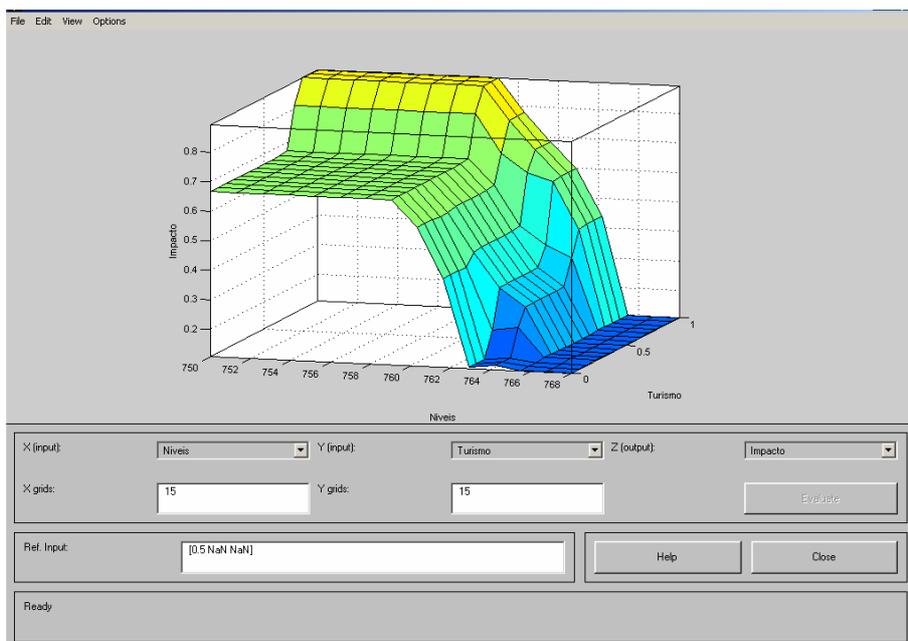
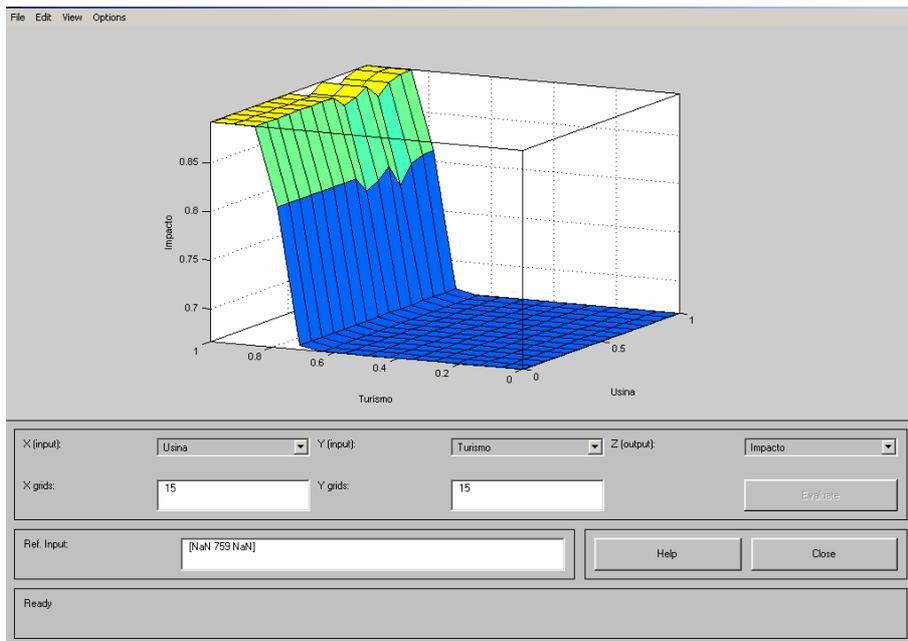


Cluster Sul:

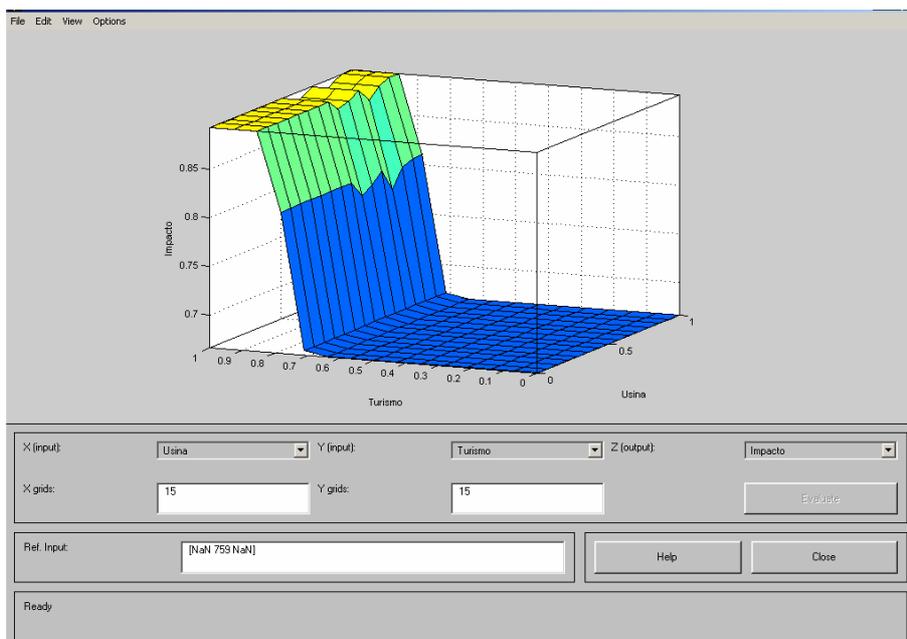
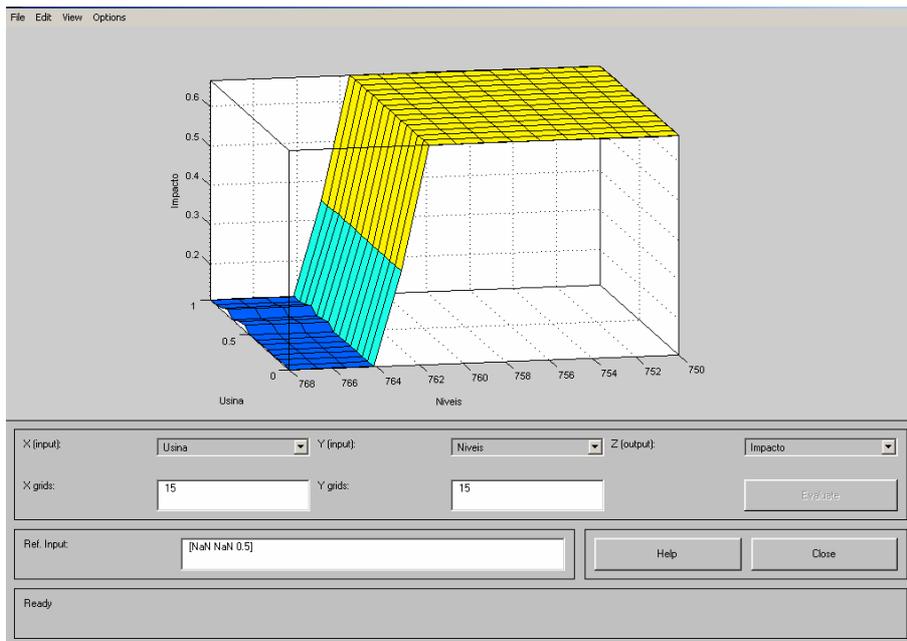


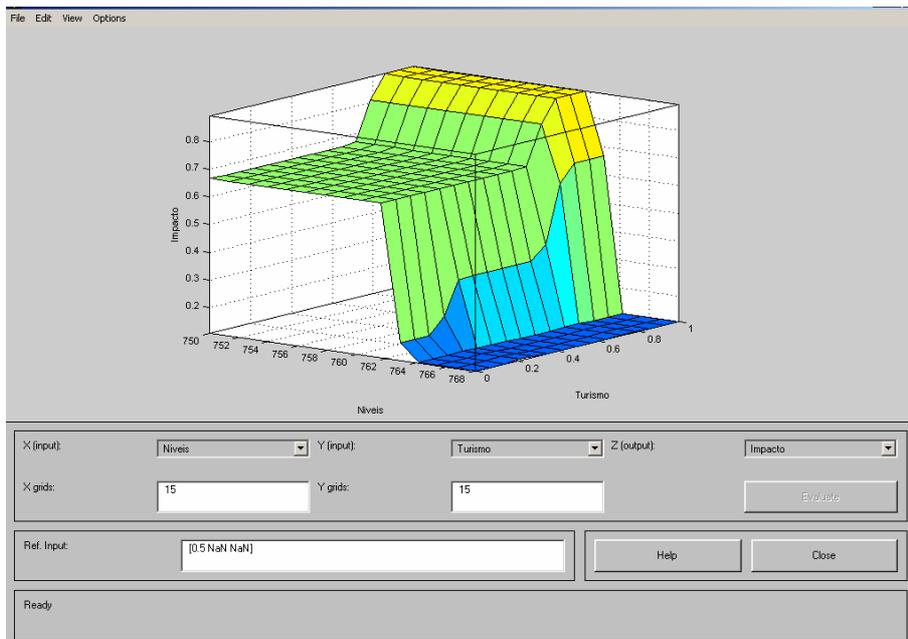


Cluster Noroeste



Cluster Nordeste





ANEXO B

Legendas:

Intervalos de impacto(%):	
de 0 a 33	Baixo
de 34 a 66	Médio
de 67 a 100	alto

Valores de impacto para o *cluster* leste

TABELA 8: Impacto no mercado turístico do *Cluster* Leste

Mês/ano	Geração	Nível	Turismo	Impacto LESTE
jan/96	0,599056	761,36	0,9	0,69
fev/96	0,725311	763,92	0,5	0,31
mar/96	0,525026	764,66	0,3	0,27
abr/96	0,586347	766,18	0,5	0,12
mai/96	0,712513	766,04	0,5	0,11
jun/96	0,82733	765,09	0,5	0,24
jul/96	0,726535	764,25	0,9	0,48
ago/96	0,888642	762,77	0,3	0,33
set/96	0,722236	762,17	0,5	0,38
out/96	0,701452	761,34	0,5	0,45
nov/96	0,583675	761,29	0,5	0,46
dez/96	0,641387	763,17	0,9	0,58
jan/97	0,83869	767,42	0,9	0,12
fev/97	0,832029	767,32	0,5	0,12
mar/97	0,863313	767,75	0,3	0,11
abr/97	0,947017	767,68	0,5	0,11
mai/97	0,813776	767,32	0,5	0,12
jun/97	0,641928	767,38	0,5	0,12
jul/97	0,643962	767,1	0,9	0,12
ago/97	0,747151	766,29	0,3	0,11
set/97	0,916077	765,04	0,5	0,24
out/97	0,90763	764	0,5	0,30
nov/97	0,963591	763,01	0,5	0,33
dez/97	0,536472	763,17	0,9	0,59
jan/98	0,774088	764,33	0,9	0,48
fev/98	0,582464	764,61	0,5	0,27
mar/98	0,610287	765,76	0,3	0,18
abr/98	0,745558	765,61	0,5	0,18
mai/98	0,718942	764,97	0,5	0,25
jun/98	0,856033	763,89	0,5	0,31
jul/98	0,822852	762,56	0,9	0,66
ago/98	0,835718	761,07	0,3	0,48
set/98	0,814274	759,19	0,5	0,64

out/98	0,685112	758,21	0,5	0,67
nov/98	0,749589	756,96	0,5	0,67
dez/98	0,537426	756,62	0,9	0,89
jan/99	0,535796	757,91	0,9	0,89
fev/99	0,524201	760,49	0,5	0,52
mar/99	0,495385	761,96	0,3	0,40
abr/99	0,558113	763,86	0,5	0,31
mai/99	0,718019	763,12	0,5	0,33
jun/99	0,856103	761,93	0,5	0,40
jul/99	0,732534	760,77	0,9	0,71
ago/99	0,851665	758,82	0,3	0,67
set/99	0,782807	756,75	0,5	0,67
out/99	0,807083	753,94	0,5	0,67
nov/99	0,586237	752,15	0,5	0,67
dez/99	0,533829	751,9	0,9	0,89
jan/00	0,751067	752,26	0,9	0,89
fev/00	0,596817	756,81	0,5	0,67
mar/00	0,500189	759,89	0,3	0,57
abr/00	0,783031	761,26	0,5	0,47
mai/00	0,855568	759,93	0,5	0,57
jun/00	0,657627	758,99	0,5	0,67
jul/00	0,656459	757,75	0,9	0,89
ago/00	0,750238	755,95	0,3	0,67
set/00	0,578053	755,31	0,5	0,67
out/00	0,679741	753,18	0,5	0,67
nov/00	0,40631	752,71	0,5	0,67
dez/00	0,385981	753,43	0,9	0,89
jan/01	0,419778	755,14	0,9	0,89
fev/01	0,522495	755,86	0,5	0,67
mar/01	0,485778	755,5	0,3	0,67
abr/01	0,46426	754,83	0,5	0,67
mai/01	0,282635	754,54	0,5	0,67
jun/01	0,182538	754,45	0,5	0,67
jul/01	0,177923	754,25	0,9	0,89
ago/01	0,179879	753,87	0,3	0,67
set/01	0,177241	753,65	0,5	0,67
out/01	0,170315	753,69	0,5	0,67
nov/01	0,308303	754,21	0,5	0,67
dez/01	0,154352	754,63	0,9	0,89
jan/02	0,061896	757,14	0,9	0,89
fev/02	0	760,07	0,5	0,55
mar/02	0,116035	764,05	0,3	0,30
abr/02	0,15321	766,22	0,5	0,11
mai/02	0,38645	766,13	0,5	0,11
jun/02	0,337218	765,92	0,5	0,12
jul/02	0,662876	765,05	0,9	0,39
ago/02	0,662299	763,93	0,3	0,31
set/02	0,3606	763,52	0,5	0,32
out/02	0,488359	762,6	0,5	0,33
nov/02	0,523555	762,06	0,5	0,39
dez/02	0,315434	761,66	0,9	0,68
jan/03	0,313074	763,09	0,9	0,59

fev/03	0,428567	765,95	0,5	0,12
mar/03	0,572103	767,32	0,3	0,12
abr/03	0,436468	767,58	0,5	0,11
mai/03	0,509879	767,43	0,5	0,11
jun/03	0,449451	767,05	0,5	0,11
jul/03	0,708564	766,24	0,9	0,11
ago/03	0,815178	766,24	0,3	0,12
set/03	0,735274	763,54	0,5	0,32
out/03	0,66201	762,5	0,5	0,33
nov/03	0,599732	761,82	0,5	0,43
dez/03	0,505877	761,82	0,9	0,67
jan/04	0,448894	762,29	0,9	0,67
fev/04	0,301426	763,81	0,5	0,31
mar/04	0,515664	765,89	0,3	0,13
abr/04	0,541972	767,19	0,5	0,11
mai/04	0,560136	767,77	0,5	0,12
jun/04	0,545443	767,8	0,5	0,11
jul/04	0,47011	767,73	0,9	0,11
ago/04	0,696943	767,09	0,3	0,11
set/04	0,591753	766,29	0,5	0,13
out/04	0,466332	766,17	0,5	0,11
nov/04	0,640017	765,68	0,5	0,18
dez/04	0,576151	765,74	0,9	0,26
jan/05	1	767,18	0,9	0,11
fev/05	0,754546	767,32	0,5	0,11
mar/05	0,859507	767,54	0,3	0,11
abr/05	0,722265	767,54	0,5	0,11
mai/05	0,603406	767,67	0,5	0,13
jun/05	0,592631	767,73	0,5	0,13
jul/05	0,661647	767,38	0,9	0,11

Fonte: próprios autores

Valores de impacto para o *cluster* sul:

TABELA 9: Impacto no mercado turístico do *Cluster* Sul

Mês/ano	Geracao	Nivel	Turismo	Impacto SUL
jan/96	0,599056	761,36	0,9	0,87
fev/96	0,725311	763,92	0,5	0,3
mar/96	0,525026	764,66	0,3	0,11
abr/96	0,586347	766,18	0,5	0,12
mai/96	0,712513	766,04	0,5	0,11
jun/96	0,82733	765,09	0,5	0,12
jul/96	0,726535	764,25	0,9	0,39
ago/96	0,888642	762,77	0,3	0,48
set/96	0,722236	762,17	0,5	0,61
out/96	0,701452	761,34	0,5	0,67
nov/96	0,583675	761,29	0,5	0,67
dez/96	0,641387	763,17	0,9	0,67

jan/97	0,83869	767,42	0,9	0,12
fev/97	0,832029	767,32	0,5	0,12
mar/97	0,863313	767,75	0,3	0,11
abr/97	0,947017	767,68	0,5	0,11
mai/97	0,813776	767,32	0,5	0,12
jun/97	0,641928	767,38	0,5	0,12
jul/97	0,643962	767,1	0,9	0,12
ago/97	0,747151	766,29	0,3	0,11
set/97	0,916077	765,04	0,5	0,11
out/97	0,90763	764	0,5	0,28
nov/97	0,963591	763,01	0,5	0,42
dez/97	0,536472	763,17	0,9	0,67
jan/98	0,774088	764,33	0,9	0,37
fev/98	0,582464	764,61	0,5	0,12
mar/98	0,610287	765,76	0,3	0,12
abr/98	0,745558	765,61	0,5	0,11
mai/98	0,718942	764,97	0,5	0,11
jun/98	0,856033	763,89	0,5	0,3
jul/98	0,822852	762,56	0,9	0,72
ago/98	0,835718	761,07	0,3	0,67
set/98	0,814274	759,19	0,5	0,67
out/98	0,685112	758,21	0,5	0,67
nov/98	0,749589	756,96	0,5	0,67
dez/98	0,537426	756,62	0,9	0,89
jan/99	0,535796	757,91	0,9	0,89
fev/99	0,524201	760,49	0,5	0,67
mar/99	0,495385	761,96	0,3	0,67
abr/99	0,558113	763,86	0,5	0,3
mai/99	0,718019	763,12	0,5	0,39
jun/99	0,856103	761,93	0,5	0,67
jul/99	0,732534	760,77	0,9	0,89
ago/99	0,851665	758,82	0,3	0,67
set/99	0,782807	756,75	0,5	0,67
out/99	0,807083	753,94	0,5	0,67
nov/99	0,586237	752,15	0,5	0,67
dez/99	0,533829	751,9	0,9	0,89
jan/00	0,751067	752,26	0,9	0,89
fev/00	0,596817	756,81	0,5	0,67
mar/00	0,500189	759,89	0,3	0,67
abr/00	0,783031	761,26	0,5	0,67
mai/00	0,855568	759,93	0,5	0,67
jun/00	0,657627	758,99	0,5	0,67
jul/00	0,656459	757,75	0,9	0,89
ago/00	0,750238	755,95	0,3	0,67
set/00	0,578053	755,31	0,5	0,67
out/00	0,679741	753,18	0,5	0,67
nov/00	0,40631	752,71	0,5	0,67

dez/00	0,385981	753,43	0,9	0,89
jan/01	0,419778	755,14	0,9	0,89
fev/01	0,522495	755,86	0,5	0,67
mar/01	0,485778	755,5	0,3	0,67
abr/01	0,46426	754,83	0,5	0,67
mai/01	0,282635	754,54	0,5	0,67
jun/01	0,182538	754,45	0,5	0,67
jul/01	0,177923	754,25	0,9	0,89
ago/01	0,179879	753,87	0,3	0,67
set/01	0,177241	753,65	0,5	0,67
out/01	0,170315	753,69	0,5	0,67
nov/01	0,308303	754,21	0,5	0,67
dez/01	0,154352	754,63	0,9	0,89
jan/02	0,061896	757,14	0,9	0,89
fev/02	0	760,07	0,5	0,67
mar/02	0,116035	764,05	0,3	0,28
abr/02	0,15321	766,22	0,5	0,11
mai/02	0,38645	766,13	0,5	0,11
jun/02	0,337218	765,92	0,5	0,11
jul/02	0,662876	765,05	0,9	0,11
ago/02	0,662299	763,9	0,3	0,29
set/02	0,3606	763,52	0,5	0,33
out/02	0,488359	762,59	0,5	0,51
nov/02	0,523555	762,06	0,5	0,64
dez/02	0,315434	761,66	0,9	0,89
jan/03	0,313074	763,09	0,9	0,67
fev/03	0,428567	765,95	0,5	0,11
mar/03	0,572103	767,32	0,3	0,12
abr/03	0,436468	767,58	0,5	0,11
mai/03	0,509879	767,43	0,5	0,11
jun/03	0,449451	767,05	0,5	0,11
jul/03	0,708564	766,24	0,9	0,11
ago/03	0,815178	766,24	0,3	0,12
set/03	0,735274	763,54	0,5	0,33
out/03	0,66201	762,51	0,5	0,53
nov/03	0,599732	761,82	0,5	0,67
dez/03	0,505877	761,82	0,9	0,89
jan/04	0,448894	762,29	0,9	0,78
fev/04	0,301426	763,81	0,5	0,31
mar/04	0,515664	765,89	0,3	0,11
abr/04	0,541972	767,19	0,5	0,11
mai/04	0,560136	767,77	0,5	0,12
jun/04	0,545443	767,8	0,5	0,11
jul/04	0,47011	767,73	0,9	0,11
ago/04	0,696943	767,09	0,3	0,11
set/04	0,591753	766,29	0,5	0,13
out/04	0,466332	766,17	0,5	0,11

nov/04	0,640017	765,68	0,5	0,12
dez/04	0,576151	765,74	0,9	0,12
jan/05	1	767,18	0,9	0,11
fev/05	0,754546	767,32	0,5	0,11
mar/05	0,859507	767,54	0,3	0,11
abr/05	0,722265	767,54	0,5	0,11
mai/05	0,603406	767,67	0,5	0,13
jun/05	0,592631	767,73	0,5	0,13
jul/05	0,661647	767,38	0,9	0,11

Fonte: próprios autores

Valores de impacto para o *cluster* noroeste:

TABELA 10: Impacto no mercado turístico do *Cluster* Noroeste

Mês/ano	Geracao	Nivel	Turismo	Impacto NO
jan/96	0,59906	761,36	0,9	0,70
fev/96	0,72531	763,92	0,5	0,28
mar/96	0,52503	764,66	0,3	0,21
abr/96	0,58635	766,18	0,5	0,12
mai/96	0,71251	766,04	0,5	0,11
jun/96	0,82733	765,09	0,5	0,15
jul/96	0,72653	764,25	0,9	0,42
ago/96	0,88864	762,77	0,3	0,33
set/96	0,72224	762,17	0,5	0,37
out/96	0,70145	761,34	0,5	0,47
nov/96	0,58368	761,29	0,5	0,48
dez/96	0,64139	763,17	0,9	0,56
jan/97	0,83869	767,42	0,9	0,12
fev/97	0,83203	767,32	0,5	0,12
mar/97	0,86331	767,75	0,3	0,11
abr/97	0,94702	767,68	0,5	0,11
mai/97	0,81378	767,32	0,5	0,12
jun/97	0,64193	767,38	0,5	0,12
jul/97	0,64396	767,1	0,9	0,12
ago/97	0,74715	766,29	0,3	0,11
set/97	0,91608	765,04	0,5	0,15
out/97	0,90763	764	0,5	0,28
nov/97	0,96359	763,01	0,5	0,32
dez/97	0,53647	763,17	0,9	0,56
jan/98	0,77409	764,33	0,9	0,42
fev/98	0,58246	764,61	0,5	0,24
mar/98	0,61029	765,76	0,3	0,12
abr/98	0,74556	765,61	0,5	0,11
mai/98	0,71894	764,97	0,5	0,16
jun/98	0,85603	763,89	0,5	0,29

jul/98	0,82285	762,56	0,9	0,64
ago/98	0,83572	761,07	0,3	0,50
set/98	0,81427	759,19	0,5	0,67
out/98	0,68511	758,21	0,5	0,67
nov/98	0,74959	756,96	0,5	0,67
dez/98	0,53743	756,62	0,9	0,89
jan/99	0,5358	757,91	0,9	0,89
fev/99	0,5242	760,49	0,5	0,56
mar/99	0,49539	761,96	0,3	0,40
abr/99	0,55811	763,86	0,5	0,29
mai/99	0,71802	763,12	0,5	0,32
jun/99	0,8561	761,93	0,5	0,41
jul/99	0,73253	760,77	0,9	0,73
ago/99	0,85166	758,82	0,3	0,67
set/99	0,78281	756,75	0,5	0,67
out/99	0,80708	753,94	0,5	0,67
nov/99	0,58624	752,15	0,5	0,67
dez/99	0,53383	751,9	0,9	0,89
jan/00	0,75107	752,26	0,9	0,89
fev/00	0,59682	756,81	0,5	0,67
mar/00	0,50019	759,89	0,3	0,63
abr/00	0,78303	761,26	0,5	0,48
mai/00	0,85557	759,93	0,5	0,63
jun/00	0,65763	758,99	0,5	0,67
jul/00	0,65646	757,75	0,9	0,89
ago/00	0,75024	755,95	0,3	0,67
set/00	0,57805	755,31	0,5	0,67
out/00	0,67974	753,18	0,5	0,67
nov/00	0,40631	752,71	0,5	0,67
dez/00	0,38598	753,43	0,9	0,89
jan/01	0,41978	755,14	0,9	0,89
fev/01	0,5225	755,86	0,5	0,67
mar/01	0,48578	755,5	0,3	0,67
abr/01	0,46426	754,83	0,5	0,67
mai/01	0,28263	754,54	0,5	0,67
jun/01	0,18254	754,45	0,5	0,67
jul/01	0,17792	754,25	0,9	0,89
ago/01	0,17988	753,87	0,3	0,67
set/01	0,17724	753,65	0,5	0,67
out/01	0,17032	753,69	0,5	0,67
nov/01	0,3083	754,21	0,5	0,67
dez/01	0,15435	754,63	0,9	0,89
jan/02	0,0619	757,14	0,9	0,89
fev/02	0	760,07	0,5	0,61
mar/02	0,11604	764,05	0,3	0,27
abr/02	0,15321	766,22	0,5	0,11
mai/02	0,38645	766,13	0,5	0,11

jun/02	0,33722	765,92	0,5	0,11
jul/02	0,66288	765,05	0,9	0,21
ago/02	0,6623	763,93	0,3	0,28
set/02	0,3606	763,52	0,5	0,31
out/02	0,48836	762,59	0,5	0,33
nov/02	0,52356	762,06	0,5	0,39
dez/02	0,31543	761,66	0,9	0,68
jan/03	0,31307	763,09	0,9	0,57
fev/03	0,42857	765,95	0,5	0,11
mar/03	0,5721	767,32	0,3	0,12
abr/03	0,43647	767,58	0,5	0,11
mai/03	0,50988	767,43	0,5	0,11
jun/03	0,44945	767,05	0,5	0,11
jul/03	0,70856	766,24	0,9	0,11
ago/03	0,81518	766,24	0,3	0,12
set/03	0,73527	763,54	0,5	0,31
out/03	0,66201	762,5	0,5	0,33
nov/03	0,59973	761,82	0,5	0,44
dez/03	0,50588	761,82	0,9	0,68
jan/04	0,44889	762,29	0,9	0,67
fev/04	0,30143	763,81	0,5	0,29
mar/04	0,51566	765,89	0,3	0,11
abr/04	0,54197	767,19	0,5	0,11
mai/04	0,56014	767,77	0,5	0,12
jun/04	0,54544	767,8	0,5	0,11
jul/04	0,47011	767,73	0,9	0,11
ago/04	0,69694	767,09	0,3	0,11
set/04	0,59175	766,29	0,5	0,13
out/04	0,46633	766,17	0,5	0,11
nov/04	0,64002	765,68	0,5	0,12
dez/04	0,57615	765,74	0,9	0,12
jan/05	1	767,18	0,9	0,11
fev/05	0,75455	767,32	0,5	0,11
mar/05	0,85951	767,54	0,3	0,11
abr/05	0,72227	767,54	0,5	0,11
mai/05	0,60341	767,67	0,5	0,13
jun/05	0,59263	767,73	0,5	0,13
jul/05	0,66165	767,38	0,9	0,11

Fonte: próprios autores

Valores de impacto para o *cluster* nordeste:

TABELA 11: Impacto no mercado turístico do *Cluster* Nordeste

Mês/ano	Geracao	Nivel	Turismo	Impacto NE
jan/96	0,59906	761,36	0,9	0,87
fev/96	0,72531	763,92	0,5	0,19
mar/96	0,52503	764,66	0,3	0,11
abr/96	0,58635	766,18	0,5	0,12
mai/96	0,71251	766,04	0,5	0,11
jun/96	0,82733	765,09	0,5	0,12
jul/96	0,72653	764,25	0,9	0,11
ago/96	0,88864	762,77	0,3	0,38
set/96	0,72224	762,17	0,5	0,52
out/96	0,70145	761,34	0,5	0,67
nov/96	0,58368	761,29	0,5	0,67
dez/96	0,64139	763,17	0,9	0,57
jan/97	0,83869	767,42	0,9	0,12
fev/97	0,83203	767,32	0,5	0,12
mar/97	0,86331	767,75	0,3	0,11
abr/97	0,94702	767,68	0,5	0,11
mai/97	0,81378	767,32	0,5	0,12
jun/97	0,64193	767,38	0,5	0,12
jul/97	0,64396	767,1	0,9	0,12
ago/97	0,74715	766,29	0,3	0,11
set/97	0,91608	765,04	0,5	0,11
out/97	0,90763	764	0,5	0,16
nov/97	0,96359	763,01	0,5	0,33
dez/97	0,53647	763,17	0,9	0,57
jan/98	0,77409	764,33	0,9	0,12
fev/98	0,58246	764,61	0,5	0,12
mar/98	0,61029	765,76	0,3	0,12
abr/98	0,74556	765,61	0,5	0,11
mai/98	0,71894	764,97	0,5	0,11
jun/98	0,85603	763,89	0,5	0,21
jul/98	0,82285	762,56	0,9	0,68
ago/98	0,83572	761,07	0,3	0,67
set/98	0,81427	759,19	0,5	0,67
out/98	0,68511	758,21	0,5	0,67
nov/98	0,74959	756,96	0,5	0,67
dez/98	0,53743	756,62	0,9	0,89
jan/99	0,5358	757,91	0,9	0,89
fev/99	0,5242	760,49	0,5	0,67
mar/99	0,49539	761,96	0,3	0,56
abr/99	0,55811	763,86	0,5	0,22
mai/99	0,71802	763,12	0,5	0,33

jun/99	0,8561	761,93	0,5	0,57
jul/99	0,73253	760,77	0,9	0,89
ago/99	0,85166	758,82	0,3	0,67
set/99	0,78281	756,75	0,5	0,67
out/99	0,80708	753,94	0,5	0,67
nov/99	0,58624	752,15	0,5	0,67
dez/99	0,53383	751,9	0,9	0,89
jan/00	0,75107	752,26	0,9	0,89
fev/00	0,59682	756,81	0,5	0,67
mar/00	0,50019	759,89	0,3	0,67
abr/00	0,78303	761,26	0,5	0,67
mai/00	0,85557	759,93	0,5	0,67
jun/00	0,65763	758,99	0,5	0,67
jul/00	0,65646	757,75	0,9	0,89
ago/00	0,75024	755,95	0,3	0,67
set/00	0,57805	755,31	0,5	0,67
out/00	0,67974	753,18	0,5	0,67
nov/00	0,40631	752,71	0,5	0,67
dez/00	0,38598	753,43	0,9	0,89
jan/01	0,41978	755,14	0,9	0,89
fev/01	0,5225	755,86	0,5	0,67
mar/01	0,48578	755,5	0,3	0,67
abr/01	0,46426	754,83	0,5	0,67
mai/01	0,28263	754,54	0,5	0,67
jun/01	0,18254	754,45	0,5	0,67
jul/01	0,17792	754,25	0,9	0,89
ago/01	0,17988	753,87	0,3	0,67
set/01	0,17724	753,65	0,5	0,67
out/01	0,17032	753,69	0,5	0,67
nov/01	0,3083	754,21	0,5	0,67
dez/01	0,15435	754,63	0,9	0,89
jan/02	0,0619	757,14	0,9	0,89
fev/02	0	760,07	0,5	0,67
mar/02	0,11604	764,05	0,3	0,14
abr/02	0,15321	766,22	0,5	0,11
mai/02	0,38645	766,13	0,5	0,11
jun/02	0,33722	765,92	0,5	0,11
jul/02	0,66288	765,05	0,9	0,11
ago/02	0,6623	763,93	0,3	0,19
set/02	0,3606	763,52	0,5	0,29
out/02	0,48836	762,59	0,5	0,43
nov/02	0,52356	762,06	0,5	0,54
dez/02	0,31543	761,66	0,9	0,86
jan/03	0,31307	763,09	0,9	0,60
fev/03	0,42857	765,95	0,5	0,11
mar/03	0,5721	767,32	0,3	0,12
abr/03	0,43647	767,58	0,5	0,11

mai/03	0,50988	767,43	0,5	0,11
jun/03	0,44945	767,05	0,5	0,11
jul/03	0,70856	766,24	0,9	0,11
ago/03	0,81518	766,24	0,3	0,12
set/03	0,73527	763,54	0,5	0,29
out/03	0,66201	762,51	0,5	0,44
nov/03	0,59973	761,82	0,5	0,58
dez/03	0,50588	761,82	0,9	0,80
jan/04	0,44889	762,29	0,9	0,70
fev/04	0,30143	763,81	0,5	0,23
mar/04	0,51566	765,89	0,3	0,11
abr/04	0,54197	767,19	0,5	0,11
mai/04	0,56014	767,77	0,5	0,12
jun/04	0,54544	767,8	0,5	0,11
jul/04	0,47011	767,73	0,9	0,11
ago/04	0,69694	767,09	0,3	0,11
set/04	0,59175	766,29	0,5	0,13
out/04	0,46633	766,17	0,5	0,11
nov/04	0,64002	765,68	0,5	0,12
dez/04	0,57615	765,74	0,9	0,12
jan/05	1	767,18	0,9	0,11
fev/05	0,75455	767,32	0,5	0,11
mar/05	0,85951	767,54	0,3	0,11
abr/05	0,72227	767,54	0,5	0,11
mai/05	0,60341	767,67	0,5	0,13
jun/05	0,59263	767,73	0,5	0,13
jul/05	0,66165	767,38	0,9	0,11

Fonte: próprios autores

ANEXO C

Cluster Leste:

[System]
Name='Cluster Leste'
Type='mamdani'
Version=2.0
NumInputs=3
NumOutputs=1
NumRules=27
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'

[Input1]
Name='Usina'
Range=[0 1]
NumMFs=3
MF1='Baixa': 'trapmf', [-0.0123 -0.00217 0.499 0.697]
MF2='Media': 'trimf', [0.5 0.7 0.9]
MF3='Alta': 'trapmf', [0.7 0.9 1 1.1]

[Input2]
Name='Niveis'
Range=[750 768]
NumMFs=3
MF1='Ruim': 'trapmf', [749 750 759 762.5]
MF2='Medio': 'trimf', [759 762.5 766]
MF3='Bom': 'trapmf', [762.5 766 768 789]

[Input3]
Name='Turismo'
Range=[0 1]
NumMFs=3
MF1='Baixo': 'trapmf', [-0.36 -0.04 0.191 0.301300578034682]
MF2='Medio': 'trapmf', [0.2 0.296 0.7 0.79985549132948]
MF3='Alto': 'trapmf', [0.7 0.794 1 1]

[Output1]
Name='Impacto'
Range=[0 1]
NumMFs=4
MF1='Baixo': 'trimf', [-0.3333 0 0.3333]
MF2='Medio': 'trimf', [0 0.3333 0.6667]
MF3='Alto': 'trimf', [0.3333 0.6667 1]
MF4='MuitoAlto': 'trimf', [0.6667 1 1.333]

[Rules]
3 3 3, 1 (1) : 1
3 3 2, 1 (1) : 1

3 3 1, 1 (1) : 1
 3 2 3, 3 (1) : 1
 3 2 2, 2 (1) : 1
 3 2 1, 1 (1) : 1
 3 1 3, 4 (1) : 1
 3 1 2, 3 (1) : 1
 3 1 1, 3 (1) : 1
 2 3 3, 1 (1) : 1
 2 3 2, 1 (1) : 1
 2 3 1, 1 (1) : 1
 2 2 3, 3 (1) : 1
 2 2 2, 2 (1) : 1
 2 2 1, 1 (1) : 1
 2 1 3, 4 (1) : 1
 2 1 2, 3 (1) : 1
 2 1 1, 3 (1) : 1
 1 3 3, 1 (1) : 1
 1 3 2, 1 (1) : 1
 1 3 1, 1 (1) : 1
 1 2 3, 3 (1) : 1
 1 2 2, 2 (1) : 1
 1 2 1, 1 (1) : 1
 1 1 3, 4 (1) : 1
 1 1 2, 3 (1) : 1
 1 1 1, 3 (1) : 1

Cluster Sul

[System]
 Name='Cluster Sul'
 Type='mamdani'
 Version=2.0
 NumInputs=3
 NumOutputs=1
 NumRules=27
 AndMethod='min'
 OrMethod='max'
 ImpMethod='min'
 AggMethod='max'
 DefuzzMethod='centroid'

[Input1]
 Name='Usina'
 Range=[0 1]
 NumMFs=3
 MF1='Baixa': 'trapmf', [-0.0123 -0.00217 0.499 0.697]
 MF2='Media': 'trimf', [0.5 0.7 0.9]
 MF3='Alta': 'trapmf', [0.7 0.9 1 1.1]

[Input2]
 Name='Niveis'
 Range=[750 768]
 NumMFs=3
 MF1='Ruim': 'trapmf', [749 750 762 763.3]
 MF2='Medio': 'trimf', [762 763.3 764.6]

MF3='Bom': 'trapmf', [763.3 764.6 768 789]

[Input3]

Name='Turismo'

Range=[0 1]

NumMFs=3

MF1='Baixo': 'trapmf', [-0.36 -0.04 0.191 0.301300578034682]

MF2='Medio': 'trapmf', [0.2 0.296 0.7 0.79985549132948]

MF3='Alto': 'trapmf', [0.7 0.794 1 1]

[Output1]

Name='Impacto'

Range=[0 1]

NumMFs=4

MF1='Baixo': 'trimf', [-0.3333 0 0.3333]

MF2='Medio': 'trimf', [0 0.3333 0.6667]

MF3='Alto': 'trimf', [0.3333 0.6667 1]

MF4='MuitoAlto': 'trimf', [0.6667 1 1.333]

[Rules]

3 3 3, 1 (1) : 1

3 3 2, 1 (1) : 1

3 3 1, 1 (1) : 1

3 2 3, 3 (1) : 1

3 2 2, 2 (1) : 1

3 2 1, 1 (1) : 1

3 1 3, 4 (1) : 1

3 1 2, 3 (1) : 1

3 1 1, 3 (1) : 1

2 3 3, 1 (1) : 1

2 3 2, 1 (1) : 1

2 3 1, 1 (1) : 1

2 2 3, 3 (1) : 1

2 2 2, 2 (1) : 1

2 2 1, 1 (1) : 1

2 1 3, 4 (1) : 1

2 1 2, 3 (1) : 1

2 1 1, 3 (1) : 1

1 3 3, 1 (1) : 1

1 3 2, 1 (1) : 1

1 3 1, 1 (1) : 1

1 2 3, 3 (1) : 1

1 2 2, 2 (1) : 1

1 2 1, 1 (1) : 1

1 1 3, 4 (1) : 1

1 1 2, 3 (1) : 1

1 1 1, 3 (1) : 1

Cluster Noroeste:

[System]

Name='Cluster Noroeste'

Type='mamdani'

Version=2.0

NumInputs=3

NumOutputs=1
NumRules=27
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'

[Input1]
Name='Usina'
Range=[0 1]
NumMFs=3
MF1='Baixa':'trapmf',[-0.0123 -0.00217 0.499 0.697]
MF2='Media':'trimf',[0.5 0.7 0.9]
MF3='Alta':'trapmf',[0.7 0.9 1 1.1]

[Input2]
Name='Niveis'
Range=[750 768]
NumMFs=3
MF1='Ruim':'trapmf',[749 750 759.7 762.4]
MF2='Medio':'trimf',[759.7 762.4 765.2]
MF3='Bom':'trapmf',[762.4 765.2 768 789]

[Input3]
Name='Turismo'
Range=[0 1]
NumMFs=3
MF1='Baixo':'trapmf',[-0.36 -0.04 0.191 0.301300578034682]
MF2='Medio':'trapmf',[0.2 0.296 0.7 0.79985549132948]
MF3='Alto':'trapmf',[0.7 0.794 1 1]

[Output1]
Name='Impacto'
Range=[0 1]
NumMFs=4
MF1='Baixo':'trimf',[-0.3333 0 0.3333]
MF2='Medio':'trimf',[0 0.3333 0.6667]
MF3='Alto':'trimf',[0.3333 0.6667 1]
MF4='MuitoAlto':'trimf',[0.6667 1 1.333]

[Rules]
3 3 3, 1 (1) : 1
3 3 2, 1 (1) : 1
3 3 1, 1 (1) : 1
3 2 3, 3 (1) : 1
3 2 2, 2 (1) : 1
3 2 1, 1 (1) : 1
3 1 3, 4 (1) : 1
3 1 2, 3 (1) : 1
3 1 1, 3 (1) : 1
2 3 3, 1 (1) : 1
2 3 2, 1 (1) : 1
2 3 1, 1 (1) : 1
2 2 3, 3 (1) : 1

2 2 2, 2 (1) : 1
2 2 1, 1 (1) : 1
2 1 3, 4 (1) : 1
2 1 2, 3 (1) : 1
2 1 1, 3 (1) : 1
1 3 3, 1 (1) : 1
1 3 2, 1 (1) : 1
1 3 1, 1 (1) : 1
1 2 3, 3 (1) : 1
1 2 2, 2 (1) : 1
1 2 1, 1 (1) : 1
1 1 3, 4 (1) : 1
1 1 2, 3 (1) : 1
1 1 1, 3 (1) : 1

Cluster Nordeste:

[System]
Name='Cluster Nordeste'
Type='mamdani'
Version=2.0
NumInputs=3
NumOutputs=1
NumRules=27
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'

[Input1]
Name='Usina'
Range=[0 1]
NumMFs=3
MF1='Baixa': 'trapmf', [-0.0123 -0.00217 0.499 0.697]
MF2='Media': 'trimf', [0.5 0.7 0.9]
MF3='Alta': 'trapmf', [0.7 0.9 1 1.1]

[Input2]
Name='Niveis'
Range=[750 768]
NumMFs=3
MF1='Ruim': 'trapmf', [749 750 761.6 762.9]
MF2='Medio': 'trimf', [761.6 762.9 764.1]
MF3='Bom': 'trapmf', [762.9 764.1 768 789]

[Input3]
Name='Turismo'
Range=[0 1]
NumMFs=3
MF1='Baixo': 'trapmf', [-0.36 -0.04 0.191 0.301300578034682]
MF2='Medio': 'trapmf', [0.2 0.296 0.7 0.79985549132948]
MF3='Alto': 'trapmf', [0.7 0.794 1 1]

[Output1]

```

Name='Impacto'
Range=[0 1]
NumMFs=4
MF1='Baixo':'trimf',[-0.3333 0 0.3333]
MF2='Medio':'trimf',[0 0.3333 0.6667]
MF3='Alto':'trimf',[0.3333 0.6667 1]
MF4='MuitoAlto':'trimf',[0.6667 1 1.333]

```

[Rules]

```

3 3 3, 1 (1) : 1
3 3 2, 1 (1) : 1
3 3 1, 1 (1) : 1
3 2 3, 3 (1) : 1
3 2 2, 2 (1) : 1
3 2 1, 1 (1) : 1
3 1 3, 4 (1) : 1
3 1 2, 3 (1) : 1
3 1 1, 3 (1) : 1
2 3 3, 1 (1) : 1
2 3 2, 1 (1) : 1
2 3 1, 1 (1) : 1
2 2 3, 3 (1) : 1
2 2 2, 2 (1) : 1
2 2 1, 1 (1) : 1
2 1 3, 4 (1) : 1
2 1 2, 3 (1) : 1
2 1 1, 3 (1) : 1
1 3 3, 1 (1) : 1
1 3 2, 1 (1) : 1
1 3 1, 1 (1) : 1
1 2 3, 3 (1) : 1
1 2 2, 2 (1) : 1
1 2 1, 1 (1) : 1
1 1 3, 4 (1) : 1
1 1 2, 3 (1) : 1
1 1 1, 3 (1) : 1

```

Para o cálculo dos valores de impacto do *Cluster Leste*:

```

a = readfis('Cluster Leste.fis');
b = [ Valores de geração (MWh)   Nível do reservatório (m)   Sazonalidade turística ];
Impacto=evalfis(b,a)

```

a=

```

name: 'Cluster Leste'
type: 'mamdani'
andMethod: 'min'
orMethod: 'max'
defuzzMethod: 'centroid'
impMethod: 'min'
aggMethod: 'max'
input: [1x3 struct]
output: [1x1 struct]

```

rule: [1x27 struct]

b=

0.59906	761.36 0.9
0.72531	763.92 0.5
0.52503	764.66 0.3
0.58635	766.18 0.5
0.71251	766.04 0.5
0.82733	765.09 0.5
0.72653	764.25 0.9
0.88864	762.77 0.3
0.72224	762.17 0.5
0.70145	761.34 0.5
0.58368	761.29 0.5
0.64139	763.17 0.9
0.83869	767.42 0.9
0.83203	767.32 0.5
0.86331	767.75 0.3
0.94702	767.68 0.5
0.81378	767.32 0.5
0.64193	767.38 0.5
0.64396	767.1 0.9
0.74715	766.29 0.3
0.91608	765.04 0.5
0.90763	764 0.5
0.96359	763.01 0.5
0.53647	763.17 0.9
0.77409	764.33 0.9
0.58246	764.61 0.5
0.61029	765.76 0.3
0.74556	765.61 0.5
0.71894	764.97 0.5
0.85603	763.89 0.5
0.82285	762.56 0.9
0.83572	761.07 0.3
0.81427	759.19 0.5
0.68511	758.21 0.5
0.74959	756.96 0.5
0.53743	756.62 0.9
0.5358	757.91 0.9
0.5242	760.49 0.5
0.49539	761.96 0.3
0.55811	763.86 0.5
0.71802	763.12 0.5
0.8561	761.93 0.5
0.73253	760.77 0.9
0.85166	758.82 0.3
0.78281	756.75 0.5
0.80708	753.94 0.5
0.58624	752.15 0.5
0.53383	751.9 0.9
0.75107	752.26 0.9
0.59682	756.81 0.5
0.50019	759.89 0.3

0.78303	761.260.5
0.85557	759.930.5
0.65763	758.990.5
0.65646	757.750.9
0.75024	755.950.3
0.57805	755.310.5
0.67974	753.180.5
0.40631	752.710.5
0.38598	753.430.9
0.41978	755.140.9
0.5225	755.860.5
0.48578	755.5 0.3
0.46426	754.830.5
0.28263	754.540.5
0.18254	754.450.5
0.17792	754.250.9
0.17988	753.870.3
0.17724	753.650.5
0.17032	753.690.5
0.3083	754.210.5
0.15435	754.630.9
0.061896	757.140.9
0	760.070.5
0.11604	764.050.3
0.15321	766.220.5
0.38645	766.130.5
0.33722	765.920.5
0.66288	765.050.9
0.6623	763.930.3
0.3606	763.520.5
0.48836	762.590.5
0.52356	762.060.5
0.31543	761.660.9
0.31307	763.090.9
0.42857	765.950.5
0.5721	767.320.3
0.43647	767.580.5
0.50988	767.430.5
0.44945	767.050.5
0.70856	766.240.9
0.81518	766.240.3
0.73527	763.540.5
0.66201	762.510.5
0.59973	761.820.5
0.50588	761.820.9
0.44889	762.290.9
0.30143	763.810.5
0.51566	765.890.3
0.54197	767.190.5
0.56014	767.770.5
0.54544	767.8 0.5
0.47011	767.730.9
0.69694	767.090.3
0.59175	766.290.5
0.46633	766.170.5

0.64002	765.680.5
0.57615	765.740.9
1	767.180.9
0.75455	767.320.5
0.85951	767.540.3
0.72227	767.540.5
0.60341	767.670.5
0.59263	767.730.5
0.66165	767.380.9

Os valores de “b” são os mesmos para as simulações dos 4 *clusters*. Portanto, para o cálculo dos impactos, altera-se apenas os arquivos (.fis) dos *clusters*, representado pela vogal “a”.

No ANEXO B estão os valores de impacto (saída) para cada simulação.

Para o cálculo dos valores de impacto do Cluster Sul:

```
a = readfis('Cluster Sul.fis');
b = [ Valores de geração (MWh)   Nível do reservatório (m)   Sazonalidade turística ];
Impacto=evalfis(b,a)
```

a=

```
name: 'Cluster Sul'
type: 'mamdani'
andMethod: 'min'
orMethod: 'max'
defuzzMethod: 'centroid'
impMethod: 'min'
aggMethod: 'max'
input: [1x3 struct]
output: [1x1 struct]
rule: [1x27 struct]
```

Para o cálculo dos valores de impacto do Cluster Noroeste:

```
a = readfis('Cluster Sul.fis');
b = [ Valores de geração (MWh)   Nível do reservatório (m)   Sazonalidade turística ];
Impacto=evalfis(b,a)
```

a=

```
name: 'Cluster Noroeste'
type: 'mamdani'
andMethod: 'min'
orMethod: 'max'
defuzzMethod: 'centroid'
impMethod: 'min'
aggMethod: 'max'
input: [1x3 struct]
output: [1x1 struct]
rule: [1x27 struct]
```

Para o cálculo dos valores de impacto do *Cluster Nordeste*:

```
a = readfis('Cluster Sul.fis');  
b = [ Valores de geração (MWh)  Nível do reservatório (m)  Sazonalidade turística ];  
Impacto=evalfis(b,a)
```

a=

```
name: 'Cluster Nordeste'  
type: 'mamdani'  
andMethod: 'min'  
orMethod: 'max'  
defuzzMethod: 'centroid'  
impMethod: 'min'  
aggMethod: 'max'  
input: [1x3 struct]  
output: [1x1 struct]  
rule: [1x27 struct]
```

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALAGO (Associação dos Municípios do Lago de Furnas). s/l, 2007. Disponível em <http://www.alago.org.br>. Acesso em 26/08/07.

AMORIM, C. A. LIMA, M. P., (UNEB). **Proposta de um modelo fuzzy para apoio a tomada de decisão no Controle de Tráfego aéreo do Aeroporto Internacional de Salvador**, Salvador, 2007.

ANA (Agência Nacional de Águas) e EFEI (Escola Federal de Engenharia de Itajubá). **Levantamento Histórico e Sócio-Econômico dos Municípios em Torno do Reservatório de Furnas**, s/l, 2000/2001.

ANA (Agência Nacional de Águas) e MME (Ministério do Meio Ambiente). **O turismo e o Lazer e sua interface com o setor de recursos hídrico**, 2005.

ARBACHE, Jorge Saba, TELES, Vladimir Kuhl, CURY, Samir, SILVA, Nelson (Christel Dehaan Tourism and Travel Research Institute - University of Nottingham e Universidade de Brasília). **Matriz de Contabilidade Social do Brasil para o Turismo-2002**, Brasília, 2004.

BENI, Mário Carlos. **Análise Estrutural do Turismo**, São Paulo: Ed. Senac São Paulo, 1998.

BERKHIN, P. **Survey of Clustering Data Mining Techniques**. Accrue Software, 2002, *apud* OCHI, Luiz Satoru, DIAS, Carlos Rodrigo, SOARES, Stênio S. Furtado (IC/ UFF). **Clusterização em Mineração de Dados**, Niterói, 2004.

CERNE/UNIFEI. **Relatório da 3ª viagem ao entorno do lago de Furnas e análise dos usos múltiplos da represa: considerações gerais com enfoque para o turismo e a navegação por balsas**, Itajubá, 2004.

CERNE/UNIFEI e ALAGO. **Avaliação das perdas econômicas nos empreendimentos lindeiros ao reservatório da UHE de Furnas**, em função do deplecionamento, Itajubá, 2006.

COELHO, Bruno Fernando Von Montfort. **Modelo de Previsão da Evolução do Biodiesel no Brasil Utilizando Lógica Fuzzy**. Dissertação de Mestrado Profissionalizante em Administração, Faculdade de Economia e Finanças IBMEC, Programa de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração e Economia, Rio de Janeiro, 2007.

CONCEIÇÃO, Rosangela Ferreira. Desempenho do turismo no Brasil e na Bahia nos últimos seis anos. **Conjuntura e Planejamento**, Salvador, SEI, (150): 30-35, novembro, 2006.

CRESCITELLI, Edson e IKEDA, Ana Ikemi. (FEA/USP). **Panorama do mercado de turismo receptivo internacional no Brasil da ótica do marketing**, São Paulo, 2001.

CYSNE, Rubens P. e SIMONSEN, Mario, H. **Macroeconomia**, São Paulo: Ed. Atlas, 1995, *apud* LAGE, Beatriz Helena Gelas e MILONE, Paulo César. **Economia do Turismo**, São Paulo: Ed. Atlas, 2001.

DOVAL, D., MANCORIDIS, S. e MITCHELL, B. S. Automatic Clustering of Software Systems using a Genetic Algorithm. In 1999 **International Conference on Software Tools and Engineering Practice (STEP '99)**, 1999 *apud* OCHI, Luiz Satoru, DIAS, Carlos Rodrigo, SOARES, Stênio S. Furtado (IC/ UFF). **Clusterização em Mineração de Dados**, Niterói, 2004

DUBOIS, D e PRADE, H. **Fuzzy Sets and Systems: Theory and Applications**, New York: Academic Press, 1980.

ELETROBRÁS (Centrais Elétricas Brasileiras S.A.). **Informações sobre o setor elétrico**, s/l, 2007. Disponível em <http://www.eletrobras.com/ELB/main.asp?ViewID=%7BD81425AF-257E-44E9-8B0F-1F885CD35D6D%7D>. Acesso em 05/07/07.

ELETROBRÁS (Centrais Elétricas Brasileiras S.A.). **Sistema de Informações do Potencial Hidrelétrico Brasileiro-SIPOT**, Rio de Janeiro, Versão junho/2004. apud ANA (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS). O turismo e o Lazer e sua interface com o setor de recursos hídrico, 2005.

ENGEL, E. **Conflitos de uso das águas de Furnas, O Estado das Águas no Brasil**, s/l, 2001/2002, apud JUNIOR, Leopoldo Uberto Ribeiro, SANTOS, Afonso Henriques Moreira, BORTONI, Edson da Costa e GARCIA, Marco Aurélio Raphul Azevedo. **Contribuições metodológicas visando a outorga do Uso de recursos hídricos para geração hidrelétrica**, Itajubá, 2004.

FRACALANZA, Ana Paula. **Água de elemento natural a mercadoria. Sociedade e Natureza**, Uberlândia, 17 (33): 21-36, dezembro 2005.

FURNAS (Furnas Centrais Elétricas S.A.). **Um breve relato da história de Furnas**,s/l, 2007. Disponível em http://www.furnas.com.br/institu_relato.asp. Acesso em 26/08/07.

FURNAS (Furnas Centrais Elétricas S.A.)s/l, 2004, Disponível em http://www.furnas.com.br/hotsites/sistemapurnas/usina_hidr_furnas.asp. Acesso em 28/08/07.

FURNAS (Furnas Centrais Elétricas S.A.)s/l, 2004, Disponível em http://www.furnas.com.br/hotsites/sistemapurnas/usina_hidr_funciona.asp. Acesso em 26/08/07.

FURNAS (Furnas Centrais Elétricas S.A.)s/l, 2004, (consultada da internet, endereço <http://www.furnas.com.br>. em 22.02.2004), apud JUNIOR, Leopoldo Uberto Ribeiro, SANTOS, Afonso Henriques Moreira, BORTONI, Edson da Costa e GARCIA, Marco Aurélio Raphul Azevedo. **Contribuições metodológicas visando a outorga do Uso de recursos hídricos para geração hidrelétrica**, Itajubá, 2004.

GERCELY, Silva e Silva. Estudo de técnicas e utilização de mineração de dados em uma base de dados da saúde pública, Trabalho de Conclusão, ULBRA, Curso Superior de Tecnologia em Informática, Canoas, 2003.

ITAIPU (Usina Hidrelétrica de Itaipu Binacional) Itaipu On line, s/l, 2007 Disponível em <http://www.itaipu.gov.br/releases/JI/impr66.htm>. Acesso em 05/07/07.

KAUFMANN, A, e. GUPTA, M.M. **Introduction to Fuzzy Arithmetic: Theory and Applications**, New York: Van Nostrand Reinhold, 1985.

LAGE, Beatriz Helena Gelas e MILONE, Paulo César. **Economia do Turismo**, São Paulo: Ed. Atlas, 2001.

LAMBERT-TORRES, G, SILVA, L E B, SILVA, A P A. Fuzzy. Load Modelling, Management and Forecasting, In: **Fuzzy Logic Techniques in Power Systems**, Ed. W. Mielczarski, New York: Physica-Verlag, 1998.

LAMBERT-TORRES, R G, L E B, SILVA, VALIQUETTE, B, GREISS, H, MUKHEDKAR, D.. A Fuzzy Knowledge-Based System for Bus Load Forecasting, In: **Fuzzy Logic Technology and Applications**, Ed. Robert J. Marks II, New York: IEEE Press: 221-228, 1994.

LAMBERT-TORRES, R G, ROSSI, R, SILVA, A P A , JARDINI, J A, e QUINTANA, V H. Power System Security Analysis based on Rough Classification, In: **Rough-Fuzzy Hybridization: New Trend in Decision Making**, Ed. S.K. Pal & A. Skowron, New York: Springer-Verlag Co., 1999.

MASSELI, Sandro. **A ponderação de interesses aplicada a conflitos associados à geração hidrelétrica: uma análise jurídica**. Dissertação de Mestrado, UNIFEI, Programa de Pós-graduação em Engenharia da Energia, Itajubá, 2005.

MEDSKER, L R. **Hybrid Intelligent Systems**, Boston: Kulwer Academic Pub., 1995.

MMA (Ministério do meio ambiente), ANA (Agência Nacional de Águas), SEMARH (Secretaria de Recursos Hídricos). Plano Nacional de Recursos Hídricos. Documento Base de Referência, Brasília, 2003, *apud* ANA (Agência Nacional de Águas). **O turismo e o Lazer e sua interface com o setor de recursos hídrico**, 2005.

MOMOH, J.A, TOMSOVIC, Ma & K. Overview and Literature Survey of Fuzzy Set Theory in Power Systems. **IEEE Trans. on Power Systems**, (3): 1676-1690, agosto 1995.

MORAES, C.H.V. **Aplicação de Técnicas Inteligentes no Auxílio à Operação dos Centros de Controle**. Tese de Doutorado, UNIFEI, Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Itajubá, 2006.

OCHI, Luiz Satoru, DIAS, Carlos Rodrigo, SOARES, Stênio S. Furtado (IC/ UFF). **Clusterização em Mineração de Dados**, Niterói, 2004.

ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico). **Sistema interligado Nacional**, s/l, 2007. Disponível em http://www.ons.org.br/conheca_sistema/pop/pop_diagrama_esquemat_usinas.aspx Acesso em 05/09/07.

ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico). Sistema interligado nacional, s/l, 2004. Disponível em <http://www.ons.org.br/ons/sin/index.html>. Acesso em 26/08/07, apud JUNIOR, Leopoldo Uberto Ribeiro, SANTOS, Afonso Henriques Moreira, BORTONI, Edson da Costa e GARCIA, Marco Aurélio Raphul Azevedo. Contribuições metodológicas visando a outorga do Uso de recursos hídricos para geração hidrelétrica, Itajubá, 2004.

PACHECO, Marco Aurélio Cavalcanti (ICA/PUC-RIO). **Algoritmos Genéticos: Princípios e Aplicações**, Rio de Janeiro, 1999.

Praias de Minas. s/l, 2007. Disponível em <http://www.praiasdeminas.com.br>. Acesso em 2004 apud ALVES, Roberto, CUNHA, Yasmine e WESTIN, Fernanda. (CERNE/UNIFEI). Relatório da 3ª viagem ao entorno do lago de Furnas e análise dos usos múltiplos da represa: considerações gerais com enfoque para o turismo e a navegação por balsas, Itajubá, 2004.

SANTOS, Afonso Henriques Moreira. **Administrando Conflitos – O caso do lago de Furnas, O Estado das Águas no Brasil**, s/l, 2002, apud JUNIOR, Leopoldo Uberto Ribeiro, SANTOS, Afonso Henriques Moreira, BORTONI, Edson da Costa e GARCIA, Marco Aurélio Raphul Azevedo. **Contribuições metodológicas visando**

a outorga do Uso de recursos hídricos para geração hidrelétrica, Itajubá, 2004.

SANTOS, Afonso Henriques Moreira, BORTONI, Edson da Costa, JUNIOR, Leopoldo Uberto Ribeiro e GARCIA Marco Aurélio Raphul Azevedo. **Contribuições metodológicas visando a outorga do Uso de recursos hídricos para geração hidrelétrica**, Itajubá, 2004.

SUGENO, M. Industrial **Applications of Fuzzy Control**, Amsterdam, North Holland, 1985.

TRIGO, Luiz Gonzaga Godoi. **Turismo Básico**, São Paulo: Ed. Senac São Paulo, 200.

VARGENS, José. M, TANSCHKEIT, Ricardo, VELLASCO, Marley, M, B,R.**Previsão de produção agrícola baseada em regras linguísticas e lógica fuzzy**. Sba Controle& Automação vol.14 (2), Campinas, April/Jun, 2003.

ZADEH, L. Fuzzy Sets. **Information and Control**, (8): 338-353, 1965.

ZULCY, Souza, SANTOS, Afonso Henriques Moreira e BORTONI, Edson Costa. **Centrais Hidrelétricas: estudos para implantação**, Rio de Janeiro: Ed. Eletrobrás, 1999.