

# Gerenciamento Pró-Ativo Distribuído baseado em Lógica Difusa

Ernesto Carvalho <sup>1</sup>  
Departamento de Ciência da Computação  
Universidade Federal do Ceará - UFC  
[ernesto@lia.ufc.br](mailto:ernesto@lia.ufc.br)

Arnaldo Dias Belchior <sup>2</sup>  
Departamento de Ciência da Computação  
Universidade de Fortaleza - UNIFOR  
[belchior@banconordeste.gov.br](mailto:belchior@banconordeste.gov.br)

José Neuman de Souza <sup>3</sup>  
Departamento de Ciência da Computação  
Universidade Federal do Ceará – UFC  
[neuman@ufc.br](mailto:neuman@ufc.br)

## Resumo

Devido aos requisitos de complexidade e flexibilidade necessários às redes de computadores atuais, são indispensáveis sistemas de gerência de redes mais eficientes e flexíveis. Tais sistemas devem ser capazes de tratar de forma inteligente todas as situações previsíveis de degradação do desempenho da rede e das aplicações por eles suportados.

O presente trabalho é motivado pelo interesse em explorar e propor um modelo para o uso de lógica difusa na modelagem de um sistema de gerência de redes. Tal modelo permite incorporar a visão de um especialista e sintetizar os conhecimentos e as condições existentes para uma diagnose de possíveis situações de degradação, suportando as decisões tomadas através de uma visão mais lingüística (formal) das incertezas inerentes ao processo de gerência de redes.

Um protótipo do modelo vem sendo desenvolvido no Ponto de Presença (POP/CE) da Rede Nacional de Pesquisa no Ceará.

## Abstract

Due to the requirements and flexibility needed by recently computer networks, essentially more efficient and flexible management systems must be in place. These system should be able to treat in a intelligent way all the situations predicted of a performance degradation and the applications supported.

The present work is motivated by the interest to explore and propose a model through the use of a fuzzy logic for the modeling of a network management system. This model incorporates an expert vision, simplifies the knowledge and the conditions alive to diagnose possible degrading situations, supporting the decisions got through a linguistic (formal) vision of the uncertain inherent the process of management.

A testbed has been implemented at the Presence Point of the Research National Network Backbone in Ceará, Brazil (RNP-POP/CE).

## 1. Introdução

A Gerência de Redes é uma aplicação distribuída responsável pela troca de informações entre processos de gerência (gerente/agente), a fim de monitorar e controlar o maior número de

---

<sup>1</sup> Mestrando em Ciência da Computação, Universidade Federal do Ceará - UFC, Brasil. Projeto suportado pela CAPES.

<sup>2</sup> PhD pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil.

<sup>3</sup> PhD pela Paris VI University, França.

recursos da rede. O Modelo de Referência da ISO subdividiu a gerência de redes em cinco áreas funcionais: Gerência de Configuração, Contabilização, Desempenho, Falha e Segurança [Sloman96].

Uma vez que as ferramentas de gerência de redes não cobrem todos os aspectos dessas cinco áreas funcionais, elas não abrangem todos os diversos problemas de uma rede e das aplicações por ela suportadas e portanto essas ferramentas nem sempre são convenientemente usadas nas organizações. É importante que outros mecanismos de gerência sejam utilizados para suprir as carências mais evidentes.

Torna-se necessário cobrir ações particulares sobre as redes de computadores com ferramentas de gerência que não estão atualmente disponíveis, mas que conferem a cada organização as particularidades que diferenciam sua rede de outras, facilitando a tarefa de gerenciá-las [Rocha96].

Dois comportamentos possíveis são usados no gerenciamento: um comportamento reativo e um pró-ativo. O comportamento reativo avisa o gerente dos problemas ocorridos na rede para que ele providencie uma solução e no comportamento pró-ativo, o gerente deve ser capaz de detectar os problemas antes que eles aconteçam a fim de buscar evitá-los.

Atualmente, na grande maioria das redes, as cinco áreas funcionais de gerência tem sido aplicadas como forma de fazer a gerência reativa, emitindo alarmes e eventos apenas quando a rede já se encontra com algum problema de degradação. A visão proativa vem sendo empregada mais recentemente podendo ser encontrada nos seguintes trabalhos: [Franceschi96, Artola96, Watzko96].

Portanto a gerência pró-ativa tem como objetivo identificar situações que caracterizam estados que possam vir a degradar os serviços oferecidos pela rede [Jander93, Rocha96, Stevenson95, Watzko96]. É fundamental observar um comportamento anormal da rede, coletar seus sintomas e diagnosticar corretamente um problema maior antes que possa vir a ocorrer e até mesmo cadastrar anomalias, para assim ligar o acontecimento a um possível problema conhecido.

Este trabalho visa apresentar um modelo capaz de implementar a gerência pró-ativa de redes de computadores, fazendo uso de uma Metodologia Difusa e Distribuída ao longo de uma rede local, que facilite o processo de avaliação e diagnose dos dados coletados.

O protótipo utiliza os objetos da RMON MIB (mib-2 16) [Beholder93] escolhidos para realizar uma análise de tendências possibilitando a previsão de ocorrência de problemas globais da rede, além de outros objetos que compõe a MIB II que são responsáveis pela avaliação das interfaces das máquinas com agente SNMP instalado. Através da aplicação de uma lógica difusa sobre informações monitoradas, o modelo permite uma análise mais clara dos problemas e portanto uma melhor diagnose.

## **2. Gerenciamento Pró-Ativo**

Problemas de desempenho são caros, difíceis de detectar e de corrigir – especialmente em tempo real. As ferramentas de gerenciamento representam a única forma de garantir um aumento desses serviços maximizando os objetivos da empresa e controlando os custos. Não

somente aquelas que automatizam tarefas redundantes de gerenciamento mas principalmente as que garantem ao administrador informações mais úteis, tais como os dados de utilização de cada recurso que influem no desempenho da rede para assim poder prever situações futuras. Tais ferramentas oferecem mais valor que aquelas cujo único propósito é garantir o gerenciamento de falhas e configuração.

Neste contexto se enquadra o gerenciamento pró-ativo onde o desempenho da rede é medido pela disponibilidade dos recursos distribuídos ao longo dos vários segmentos, reduzindo ao máximo os problemas de modo que os administradores possam dedicar seu tempo e recursos as tarefas de gerenciamento que minimizem os problemas futuros.

As empresas estão se conscientizando da importância de se anteciparem aos problemas futuros da rede, pressionando cada vez mais os fabricantes de equipamentos a oferecerem produtos que viabilizem a gerência pró-ativa. Esses produtos buscam oferecer implementações da RMON MIB, para disponibilizar o monitoramento remoto. Em [Jander93] são relacionados equipamentos, como, monitores de redes, analisadores de protocolos e *smart hubs*, que estão embutindo facilidades para o desenvolvimento da gerência pró-ativa de redes.

Segundo [Jander93] e [Watzko96], os principais objetivos da gerência pró-ativa que melhoram a qualidade dos serviços da rede são:

- prover um *baseline* (ou Perfil do Monitoramento) baseado no comportamento normal da rede;
- manter o desempenho da rede em um nível considerado normal em relação a *baseline* gerada; e
- compreender a utilização padrão da rede, identificando os usuários muito carregados, o congestionamento de tráfego e o planejamento da capacidade da rede.

*Baseline* (ou Perfil da Rede) é uma amostragem coletada durante intervalos definidos onde o desempenho normal da rede é obtido por meio de médias ponderadas e cálculos estatísticos. Podem ser obtidas várias amostras em um dia durante vários dias ou várias semanas, conforme a determinação do administrador. Os dados de monitoramento devem ser revisados regularmente para se adequarem melhor as mudanças nos padrões de tráfego e assim tentar evitar falhas antes imprevisíveis.

As áreas de Simulação e Inteligência Artificial vem sendo abordadas pela gerência pró-ativa. Pela simulação de uma rede através de um modelo matemático, pode-se prognosticar a natureza das deficiências de desempenho pela execução do modelo em condições simuladas. Infelizmente, a maioria das redes não se prestam a modelagem matemática, ou por serem muito complexas e dinâmicas para serem modeladas ou porque o custo computacional da execução desses modelos é abusivo [Lewis94].

Uma outra maneira é simular a expressividade de um bom disparador de redes por meio de um sistema especialista convencional. A forma usual de fazer isso é construindo algoritmos que traduzam seqüências de leituras numéricas dos monitores da rede em símbolos significativos, e garantam um mecanismo de inferência sobre os símbolos que capturam o conhecimento do melhor especialista na área. As implementações atuais representam este conhecimento em uma estrutura baseada em regras, onde as mais comuns são as regras de produção.

Segundo [Lewis94], se o comportamento da rede mantêm-se relativamente constante o sistema necessitará de pouca manutenção. Mas se o sistema for usado para resolver falhas imprevisíveis ou rápidas, dois problemas podem ocorrer:

- (i) o sistema pode sofrer o problema da fragilidade; e
- (ii) o processo de desenvolvimento pode sofrer o problema do gargalo na aquisição de conhecimento.

A fragilidade significa que o sistema falhará quando ocorrer um novo problema. Junto ao problema da fragilidade está a falta de habilidade do sistema em adaptar o conhecimento a uma nova situação.

O gargalo na aquisição do conhecimento pode acontecer quando o engenheiro tenta incorporar um novo conhecimento ao sistema a fim de cobrir situações imprevisíveis. Quando isso acontece o sistema fica pesado, imprevisível e de difícil manutenção. Em caso de mudanças na rede o sistema pode ficar obsoleto.

A maioria das redes atuais está mais vulnerável a esses problemas uma vez que o surgimento de falhas imprevisíveis é um fator dependente da estrutura topológica e física da rede, das informações de outras redes que trafegam sobre a malha local e também do conjunto de novos sistemas em execução.

Dentro da gerência de redes a proatividade preocupa-se com esses problemas uma vez que a necessidade de antecipação a fatos degradantes exige da ferramenta de gerenciamento a capacidade de disparar inferências em tempo real diagnosticando o problema antes que estes ocorram.

A Lógica Difusa permite-nos interpretar comportamento à rede em termos do senso comum com uma forte abordagem matemática e uma semântica mais rica que os Sistemas Especialistas Convencionais, aliviando o problema da fragilidade e do gargalo na aquisição de conhecimento, devido a maior expressividade na construção das regras que é inerente ao próprio processo lingüístico.

### **3. Lógica Difusa**

A lógica difusa e seus conjuntos apresentam uma teoria matemática formal para a representação de incertezas. A incerteza está presente no gerenciamento de sistemas reais, por exemplo, a verificação de salobridade presente em uma substância depende da quantidade de sal por  $\text{mm}^3$  da substância, de forma que se esse valor exceder a um certo patamar, a substância pode ser considerada salobra. Mas qual é o ponto exato no qual uma substância pode ser considerada salobra? Uma medição cujo resultado dê exatamente o limite inferior desse intervalo pode realmente ser considerada salobra? Em gerência de redes, quando será que se pode dizer que uma dada medição representa verdadeiramente uma instância em que a rede encontra-se congestionada? Ou onde os pacotes colididos são verdadeiramente maiores que os permitidos? Ou mesmo quando o nível de pacotes broadcast passa a interferir numa utilização normal da rede?

Introduzida nos meados dos anos 60 pelo Dr. Lotfi Zadeh do University College – Berkeley como meio para modelar as incertezas da linguagem natural [Zadeh65], a lógica difusa é uma

extensão da lógica clássica (booleana) para tratar o conceito de verdade parcial, isto é, valores verdades entre “completamente falso” e “completamente verdade”.

Na lógica clássica, um conjunto é definido como uma coleção de elementos distintos, finitos ou não, que podem ser descritos por uma enumeração,  $A = \{1, 2, 3, 4\}$ , ou por uma condição de pertinência,  $A = \{x \mid 0 < x \leq 4 \wedge x \in \mathbb{Z}\}$ .

Na Teoria dos Conjuntos Difusos, um conjunto difuso  $F$  de um conjunto  $S$  pode ser definido como um conjunto de pares ordenados da forma  $(x, \mu_F(x))$ , onde o primeiro elemento pertence ao conjunto  $S$  e o segundo encontra-se no intervalo  $[0,1]$ , com exatamente um único par ordenado para cada elemento de  $S$  sobre a função  $F$ , ou seja,

$$F: S \rightarrow [0,1]. \quad (1.1)$$

A função  $F$  da equação (1.1) define um mapeamento entre elementos do conjunto  $S$  e valores no intervalo  $[0,1]$ . O valor 0 (zero) é usado para representar que não há relacionamento, já o valor 1 (um) representa um relacionamento total, e os valores entre esses dois extremos representam graus de relacionamento intermediários. O conjunto  $S$  simboliza o Universo de Discurso do conjunto difuso  $F$ . O valor semântico da sentença ‘ $x$  está em  $F$ ’ é determinado achando-se o par ordenado cujo primeiro elemento é ‘ $x$ ’. O Grau de Pertinência (ou Grau de Verdade) da sentença é dado pelo segundo elemento ( $\mu_F$ ) do par ordenado. Na prática, os termos “Função de Relacionamento” e “Conjunto Difuso” são usados similarmente.

Segundo afirmações de Zadeh [WWW01], a teoria difusa não deve ser tratada como uma teoria simples, porque o processo de fuzificação pode ser considerado como uma metodologia que generaliza qualquer teoria especificada com valores discretos para uma forma contínua, conforme dita o Princípio da Extensão<sup>4</sup>.

Na lógica difusa é bastante utilizado o conceito de Variável Lingüística (ou Variável da mais Alta Ordem). Essas variáveis não são formadas por números como valores, mas compostas por termos ou sentenças da linguagem natural.

Uma variável lingüística é totalmente expressa pelo quintuplo  $(x, T(x), U, G, M)$  onde:

- $x$  é o nome da variável;
- $T(x)$  é o conjunto de termos (ou valores lingüísticos) de  $x$ , onde cada valor encontra-se no intervalo  $[0, 1]$ ;
- $U$  é o universo de discurso que formam os termos  $T(x)$ ;
- $G$  é uma regra sintática, que usualmente tem a forma de uma gramática;
- $M$  é uma regra que associa a cada ‘ $x$ ’, o seu significado sintático, assim  $M(x)$  é um subconjunto de  $U$ .

A figura 01 representa as etapas de um Sistema de Lógica Difusa. Ele é composto pela entrada dos dados numéricos sobre o módulo de fuzificação que dá uma interpretação lingüística na adequação desses números a gramática especificada. O motor de inferência processa a aplicação de uma regra do tipo SE-ENTÃO formada por proposições que usam termos de

---

<sup>4</sup> O Princípio da Extensão é uma das idéias básicas da teoria dos conjuntos difusos. Ele permite estender ao ambiente difuso conceitos matemáticos não difusos.

variáveis lingüísticas. O processamento das regras resulta em um valor difuso que é desfuzificado resultando em uma saída numérica do sistema.

A etapa de fuzificação dá-se pela conversão de entradas numéricas em números difusos da forma pontual, triangular, trapezoidal ou gaussiana, como na figura 02. Já sobre a desfuzificação pode ser aplicado o método do máxima, centro de gravidade, centro de soma, método das alturas ou método da média dos máximos. Conforme [Orchard95], o método do máxima tem a vantagem de produzir saídas mais suaves que o método do centro de gravidade, mas é criticado por aplicar pesos insuficientes as regras conclusivas. Enquanto isso, o método de centro de gravidade tem a vantagem de possuir menos cálculos de ponto flutuante aumentando a velocidade do processo em relação ao método dos máximos.

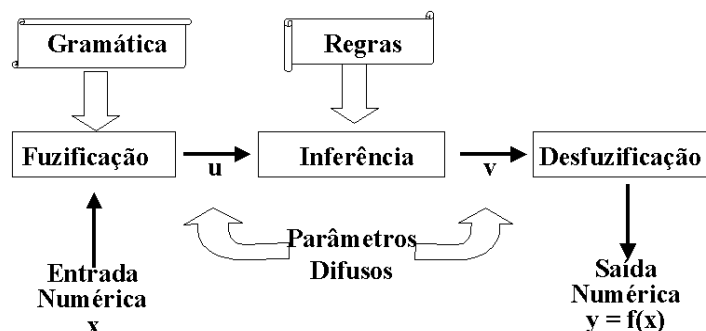


Fig. 01: Sistema de Lógica Difusa

Relações Difusas Binária-R são subconjuntos difusos do produto cartesiano  $X \times Y = \{(x, y) | x \in X, y \in Y\}$  caracterizada pela função de pertinência  $\mu_R(x, y)$ , a qual associa a cada par  $(x, y)$  pertencente a R, um valor real no intervalo  $[0, 1]$ . Essas relações assumem um papel importante dentro da teoria de conjuntos difusos, sendo aplicadas na resolução de diversos problemas.

A regra de Composição max-min combina relações difusas de produtos de espaços diferentes. Seja  $R_1 = \{(u, v) | (u, v) \in U \times V\}$  e  $R_2 = \{(v, w) | (v, w) \in V \times W\}$  relações de U para V e de V para W, respectivamente. A composição  $R_1 \circ R_2$  é dada pelo seguinte conjunto difuso:

$$R_1 \circ R_2 = \{ ((u, w), \mu_{R_1 \circ R_2}(u, w)) | \mu_{R_1 \circ R_2}(u, w) = \sup \min[\mu_{R_1}(u, v), \mu_{R_2}(v, w)] \}$$

onde  $u \in U, v \in V$  e  $w \in W$ .

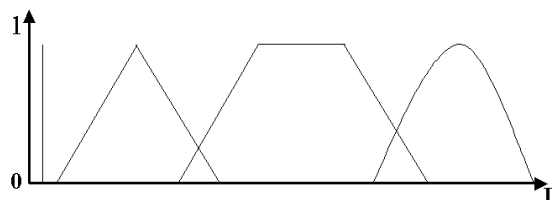


Fig. 02: Números Difusos Pontual, Triangular, Trapezoidal e Gaussiano

Este trabalho busca tratar as incertezas inerentes ao processo de determinação das situações proativas por meio do uso de números difuso triangulares. Através de processos de inferência, estes números difusos devem retornar um valor numérico real que caracterize o desempenho da rede monitorada ou a normalidade característica às particularidades de uma máquina especificada.

#### 4. Uma Metodologia para a Gerência Pró-Ativa Distribuída

Com o objetivo de tratar o gerenciamento pró-ativo da rede da RNP/CE observando certos indicadores de degradação e buscando solucioná-los, é apresentado um modelo baseado em lógica difusa o qual foi adaptado de estudos anteriores dos trabalhos de [Watzko97] e [Bussmann98].

Visando adequar melhor o modelo proposto por [Watzko97] para aplicação da lógica difusa no gerenciamento pró-ativo de redes heterogêneas, foi incluído um módulo de Gerenciamento Pontual que junto com o uso da técnica de lógica difusa na análise do perfil da rede monitorada, feita sobre o Módulo de Gerenciamento Global, possibilita a inclusão de novas regras no Sistema de Correções Automáticas. [Bussmann98] foi útil a este trabalho na modelagem de um gerente responsável por possibilitasse a integração com os agentes remotos.

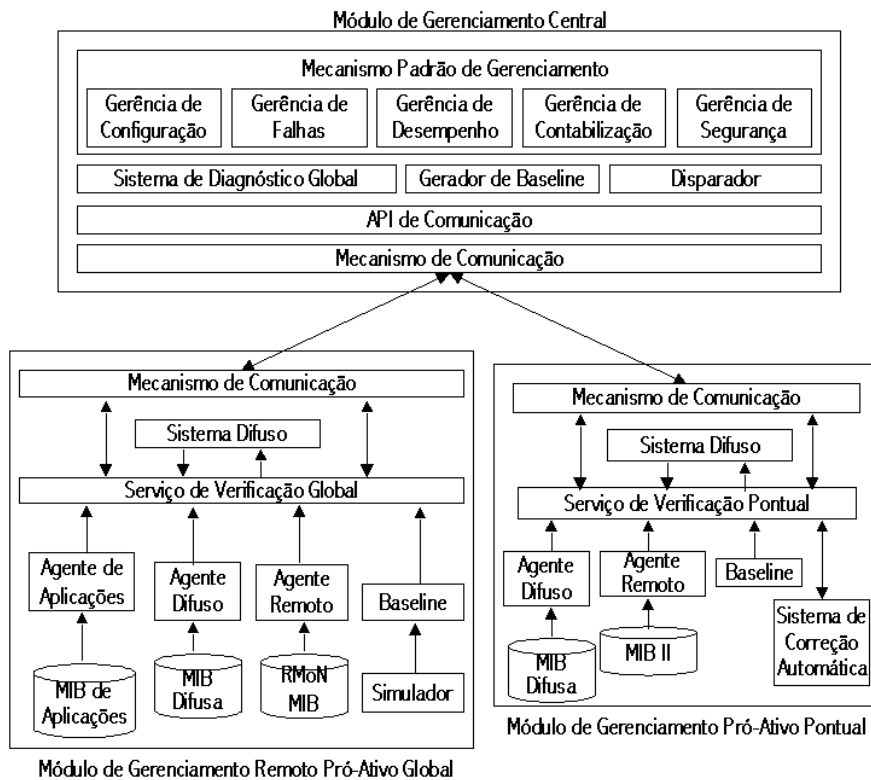


Fig 03. Modelo de Gerenciamento Pró-Ativo

Alguns módulos desse modelo são descritos logo abaixo:

- **Módulo de Gerenciamento Central:** Formado pela Plataforma de Gerenciamento Central, funciona como um gerente para uma ou mais redes locais sendo monitoradas. Essa plataforma fica responsável pelo envio e recebimento de informações de gerência através de um mecanismo de comunicação padrão. A comunicação neste modelo distribuído é feita usando a linguagem Java suportada por uma plataforma CORBA (*Common Object Request Broker Architecture*) que garante o acesso transparente as informações distribuídas ao longo da rede.

- **Módulo de Gerenciamento Pró-Ativo Global:** Tem como objetivo a implementação do monitoramento pró-ativo feito via os objetos RMoN (mib-2 16) possibilitando uma análise difusa do comportamento global da rede.
- **Módulo de Gerenciamento Pró-Ativo Pontual:** Uma vez analisado o estado global da rede e encontradas situações que possam levar a um estado de degradação desta, este módulo é ativado pelo Disparador a fim de ser feita uma verificação individual sobre todas as máquinas da rede que implementam algum protocolo de gerência. Esta verificação é feita através de alguns objetos da própria RMoN acrescidos a objetos da MIB II instanciados nessas máquinas.
- **Serviço de Verificação Global:** identifica as situações que podem levar a degradação da rede e dos sistemas aplicando sobre elas o Módulo de Sistema Difuso. Este módulo de Verificação Global é baseado em uma análise temporal sobre os valores difusos retornados ao longo da última hora de monitoramento.
- **Serviço de Verificação Pontual:** identifica o comportamento individual apresentado pelo host, roteador ou hub que possua um agente SNMP instalado. Tal monitoramento é atualmente feito sobre os grupos *system* (mib-2 1), *interfaces* (mib-2 2), *tcp* (mib-2 6) e o grupo *host* da MIB RMoN através de uma baseline local instalada.
- **Sistema Difuso:** Tem como entrada um conjunto de variáveis de monitoramento e como saída o estado da rede naquele instante de tempo, ou a normalidade da máquina em questão.
- **Baseline:** contém informações referentes ao comportamento normal da rede ou da máquina em questão. Atualmente essas informações são obtidas através de monitoramento, mas alguns objetos poderiam ser gerados pela aplicação de técnicas de simulação.
- **Agente Remoto:** Responsável pela coleta dos dados presentes na MIB RMoN até o nível de rede.
- **Agente Local:** Responsável pela coleta dos dados presentes na MIB II sobre os objetos de interfaces do dispositivo local.
- **Disparador:** O monitoramento remoto é uma ação contínua sobre a rede; o mesmo não podendo ser dito a respeito do monitoramento pontual, ao qual só é disparado quando o Sistema de Verificação Global achar relevante uma ação mais minuciosa. O Disparador é responsável por controlar o tempo de processamento do Módulo Pontual e por reportar informações relevantes ao Gerente.
- **Sistema de Correções Automáticas:** responsável pelos procedimentos de automação da correção de possíveis degradações detectadas pelo Serviço de Verificação Pontual.
- **Gerador de Baseline:** Informa aos agentes o conjunto de objetos que devem ser coletados durante um intervalo de tempo estipulado.
- **Sistema de Diagnóstico Global:** nem todos os problemas em uma rede são gerados nas máquinas conectadas, alguns se encontram em elementos comuns as estações, tais como, hubs, repetidores ou cabos.

Uma vez geradas as baselines, o modelo está pronto para entrar em processo contínuo de monitoramento de forma que, a cada 30 segundos uma nova instância do comportamento da rede é coletada e analisada pelo Serviço de Verificação Global em conjunto com o Módulo de Sistema Difuso que utiliza técnicas de inferência difusa através das regras encarregadas de avaliar o estado apresentado pela rede. Essas regras retornam o nível de congestionamento da rede para que este seja avaliado de forma temporal pelo Serviço de Verificação Global que detecta a provável situação de degradação. O Disparador dispara todos os dispositivos gerenciados ao



longo da rede para fazer a coleta das instâncias apresentadas pelos objetos particulares a estes dispositivos.

A coleta de informações das variáveis RMoN são feitas pelo software BTNG (*Beholder - The Next Generation*) [BTNG94]. Trata-se de uma *probe* RMoN criado pelo grupo DNPAP - *Data Network Performance Analysis Project* - da Universidade de Delft na Holanda. Um ou mais coletores ficam responsáveis pela atualização de cada grupo RMoN. Alguns coletores são automaticamente disparados, outros necessitam que o administrador os configure.

A intenção por trás do uso do modelo da figura 03 é a possibilidade de oferecer ao gerente da rede uma transparência na comunicação com outras máquinas, disponibilizada pelo uso do ambiente CORBA (*Common Object Request Broken Architecture*). Essa transparência de objetos permite também que operações de gerenciamento (tais como *gets*, *sets*, *getnext*, ...) sejam realizadas similarmente sobre os objetos da MIB RMoN, da MIBII e da Fuzzy MIB que é uma MIB proprietária definida neste trabalho para o processo de gerência difusa.

CORBA é uma solução adequada para a implantação do mecanismo de distribuição, suportando comunicação transparente entre os vários objetos distribuídos e utilizando um modelo de interface único descrito através da linguagem IDL. Para disponibilizar as operações desses objetos, ele fornece mecanismos para a distribuição em sistemas heterogêneos indispensáveis ao ambiente do protótipo; uma vez que são utilizadas máquinas com sistemas operacionais distintos como, plataforma Windows e Solaris.

Para o processo de inferência difusa aplicada à avaliação de desempenho da rede, foi criada uma MIB proprietária responsável por manter acessível ao sistema de gerência, informações sobre as MIBs instanciadas em cada host monitorado. A estrutura hierárquica da Fuzzy MIB pode ser vista na figura 04.

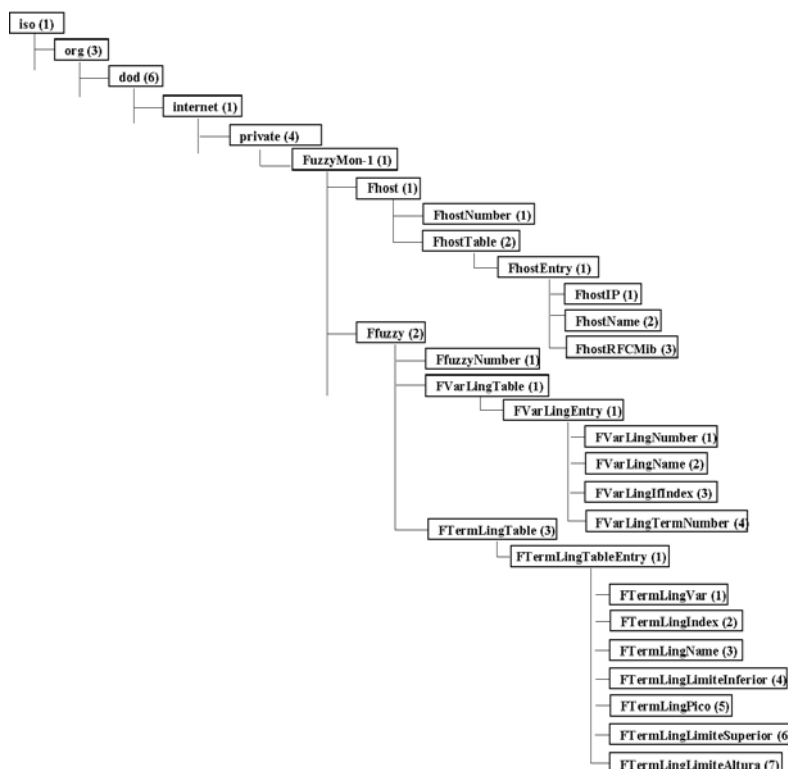


Fig 04. Estrutura Hierárquica da Fuzzy MIB

Essa MIB foi definida em ASN.1 para ser útil a qualquer processo de gerência difusa, tendo servido como base para a definição do código IDL (descrito abaixo) utilizado na modelagem da distribuição do sistema.

```
module Distr_Fuzzy {

    interface ManagedObject {
        attribute string Name;
        attribute any Value;
        attribute string Type;
        attribute string OIDParent;
        attribute boolean Leaf;
    };

    interface SNMPCorba {
        ManagedObject Get(in string host, in string comm, in string OID);
        void Set(in string host, in string comm, in string OID, in ManagedObject MO);
        ManagedObject GetNext(in string host, in string comm, in string OID);
    };

    interface Agente {
        ManagedObject Get_Fuzzy_Mib(in string comm, in string OID);
        void Set_Fuzzy_Mib(in string comm, in string OID, in ManagedObject MObj);
        ManagedObject Get_RMoN_MIB2(in string host, in string comm, in string OID);
        void Set_RMoN_MIB2(in string host, in string comm, in string OID, in ManagedObject MObj);
    };

    interface Gerente {
        string SVP_Situacao_Pontual(in string host, in float Tx_Sit_host, in string Situacao);
        string ArquivoRMoN();
        string ArquivoMIB2();
    };

    interface SVG {
        void RMoN_OID_Seleccionado (in string OID);
        void RMoN_OID_Remove (in string OID);
        any Get_RMoN_OIDs();
        void Time_to_Observe(in long time);
        void Set_Taxa_Alta(in long tx);
        void Call_SistDifuso();
        string SVG_Avaliacao_Temporal(in float Tx_Sit);
    };

    interface SVP {
        void RMoN_MIB2_OID_Seleccionado (in string OID);
        void RMoN_MIB2_OID_Remove (in string OID);
        any Get_RMoN_MIB2_OIDs();
        void Set_Taxa_Alta(in long tx);
        void AtivaHosts();
        string HostsAtivos();
        void DesativaSVP();
    };

    interface Tx_Situacao;

    interface Sistema_Difuso {
        float OverBaseline();
        float Get_Cruzamento();
    };
};
```

```

Tx_Situacao Inferencia();
};

interface Tx_Situacao {
    attribute float Taxa_Situacao;
    attribute string VariavelLinguistica;
};

interface Disparador {
    void AtivaHosts();
    void DesativaSVP();
};

interface Baseline {
    void ConstroiBaselineRMoN(in string OIDs);
    void ConstroiBaselineMIB2(in string OIDs);
};
};

```

Este sistema vem sendo desenvolvido utilizando a linguagem de programação JAVA fazendo uso do pacote *Advent API SNMP/JAVA* que contém um conjunto de classes que suportam a versão 1 do SNMP. Este pacote foi planejado, principalmente, para o desenvolvimento de gerentes SNMP e aplicações de gerenciamento. Ele está designado a habilitar o desenvolvimento de *applets* JAVA orientado a objetos, e aplicações JAVA que usam SNMP para acessar os nós gerenciados. Uma das telas de configuração do sistema é mostrada na figura 05.

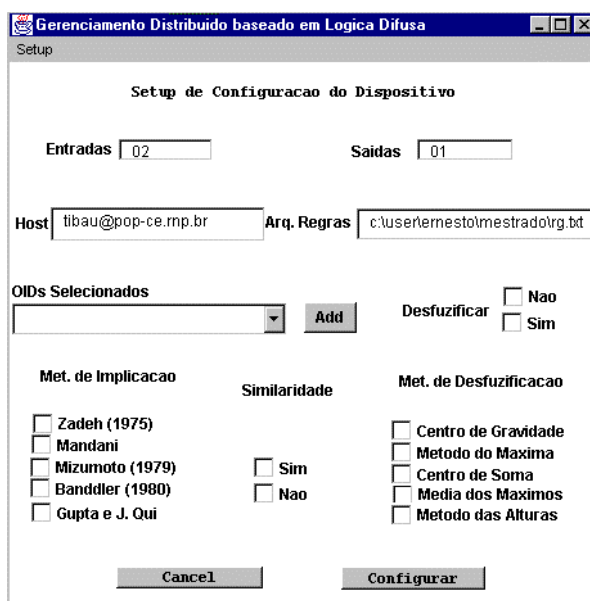


Fig 05. Módulo de Configuração do Sistema de Verificação Global

A figura 06 mostra o Modelo Geral de Informações composto pelas seguintes três camadas:

- **Interface de Administração Difusa:** é a interface onde o administrador deve mais atuar. É o campo da definição das variáveis lingüísticas, termos lingüísticos e da modelagem das regras difusas do modelo.
- **Camada de Avaliação Numérica:** Representa o nível em que os termos lingüísticos são modelados. A modelagem dos termos lingüísticos segue toda uma padronização a qual permite a automatização na geração da *Baseline*.

- **Informações de Monitoramento:** São as informações numéricas da rede propriamente dita.



Fig 06. Modelo Geral de Informações

A técnica utilizada para a avaliação difusa é melhor explicada no item que se segue.

### 5. Técnica Difusa para o Monitoramento e Diagnose da Rede

O Sistema Difuso é formado pela agregação de um conjunto de relações lingüísticas estruturadas como regras de inferência na forma da equação (5.1).

$$\text{Se } (x_1 \text{ é } A_1) \text{ e } (x_2 \text{ é } A_2) \text{ e } \dots \text{ e } (x_n \text{ é } A_n) \text{ então } (Y \text{ é } B) \quad (5.1)$$

Um sistema de regras difusas mapeia regiões no espaço das entradas  $U_1 \times U_2 \times \dots \times U_n$  para regiões no espaço das saídas  $V_1 \times V_2 \times \dots \times V_m$ , ou seja, de conjuntos difusos para conjuntos difusos através da aplicação de regras de inferência, conforme pode ser identificado na figura 07 [Gadelha99][Sousa96].

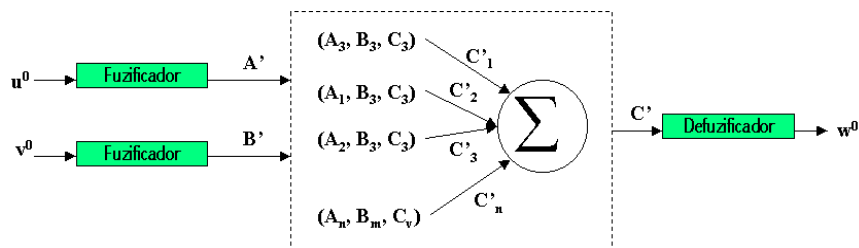


Fig 07. Modelo Geral de Informações

O sistema da figura 07 mapeia regiões do espaço  $R^2$  para o espaço  $R^1$ . As entradas  $A'$  e  $B'$  interagem com as "n" regras representadas por  $(A_i, B_i, C_i)$ , produzindo "n" conjuntos difusos  $C'_i$  que são modificações dos conjuntos  $C_i$  devido ao grau de interação das entradas com as respectivas regras. O conjunto difuso de saída  $C'$  é resultado da regra composicional de inferência (5.2) que ao aplicar o método do centro de gravidade (5.3) resulta no valor desfuzificado  $w^0$ .

$$C' = \sum_{i=1}^n (A' \wedge B') \circ [(A_i \wedge B_i) \rightarrow C_i] \quad (5.2)$$

O Método do Centro de Gravidade  $w_i$  representa o centro local de gravidade e  $\mu_c(w)$  representa a área local, enquanto n representa o número de pontos ou segmentos locais.

$$w^0 = \frac{\sum_{i=1}^n w_i \mu_C(w)}{\sum_{i=1}^n \mu_C(w)} \quad (5.3)$$

Na maioria das aplicações, incluindo este trabalho, o tipo de implicação utilizado no processo de inferência difusa é o Método de Implicação de Mandani e o tipo de número difuso utilizado é o Triangular, por serem de implementação simples e terem demonstrado bons resultados em todos os trabalhos catalogados. Da mesma forma o Método de Desfuzificação mais utilizado é o Método do Centro de Gravidade (5.3).

A técnica para a verificação do estado da rede, consiste no uso de um Sistema Difuso com regras distribuídas ao longo de cada segmento de monitoração da rede, objetivando dispará-las a fim de tratar situações eminentemente anormais. Esse sistema opera por meio de variáveis lingüísticas que representam alguns objetos do grupo RMoN, do grupo System, Interfaces e IP. Essas variáveis operam na entrada do sistema enquanto as variáveis Situação da Rede (apresentada na figura 11) e a variável lingüística Normalidade resultam na saída do sistema difuso.

A determinação das funções de pertinência dos conjuntos difusos são de natureza subjetiva, conforme apresentado em [Silva 95], portanto dependem do contexto no qual estão inseridas. Contudo, essa determinação não é arbitrária visto que a função de pertinência tem que ser consistente com o perfil de comportamento dos valores monitorados. O emprego da lógica difusa facilita a descrição do estado em que a rede se encontra pelo uso de termos lingüísticos modelados automaticamente através de variáveis lingüísticas selecionadas pelo administrador da rede em análise.

A figura 11 demonstra a similaridade no comportamento da Variável Utilização monitorada ao longo de 4 datas distintas. A verificação do comportamento da rede consta da aquisição de um fato (ou amostra) obtida pela execução de um *thread* que temporiza a coleta para cada 30 segundos. Estes fatos entrados para um conjunto de regras são avaliados conforme o sistema difuso discutido acima.

No final deste item é apresentado um conjunto de regras responsáveis por avaliar a participação do peso que um fato possui sobre uma função de pertinência. O índice de pacotes broadcast (figura 08), pacotes unicast, pacotes colididos, pacotes com erros de CRC, dentre outros, são avaliados com base na carga utilizada por esses pacotes na rede. Já a própria taxa de utilização (figura 09) deve estar mais ou menos enquadrada dentro de uma variação de 20% a 55% do nível de utilidade da rede e avaliada por meio de inferências difusas.

A variável lingüística Broadcast e a variável Situação da Rede ( que sempre aparece como cláusula conclusiva no processo de inferência) são apresentadas nas figuras 08 e 09. Dessa forma se o valor inferido sobre a variável Broadcast apresentar uma valoração crescente em relação a variável lingüística Utilização, o módulo Disparador é ativado e o Serviço de Verificação Pontual é inicializado a fim de que outras regras difusas venham a ser disparadas e averiguadas.

Na implementação proposta foram utilizados um conjunto de três termos difusos para cada variável lingüística para facilitar o entendimento do administrador da rede. O termo  $\mu_{\text{médio}}$  (visto na figura 08 e 09) cobre todo o intervalo de monitoramento da *baseline* e o termo  $\mu_{\text{balanceada}}$  (figura 10) é definida de forma que os seus extremos inferior e superior, demarquem o Centro de Gravidade dos termos  $\mu_{\text{sub_utilizada}}$  e  $\mu_{\text{super_utilizada}}$ , respectivamente; englobando assim os resultados de inferência que são caracterizados pelos valores contidos na *baseline*.

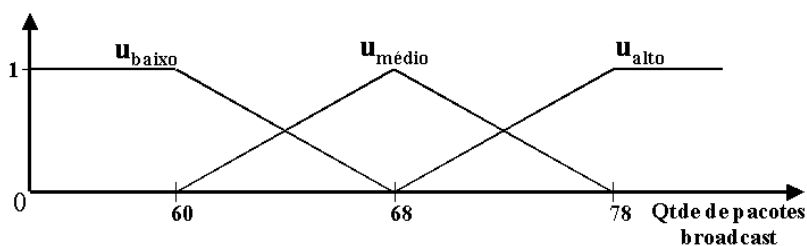


Fig 08. Funções de Pertinência dos Termos Lingüísticos da Variável Broadcast

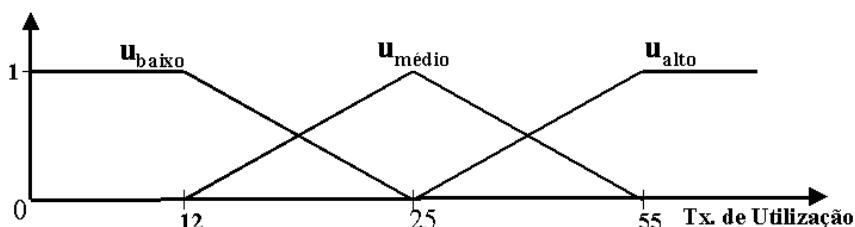


Fig 09. Funções de Pertinência dos Termos Lingüísticos da Variável Utilização da Rede

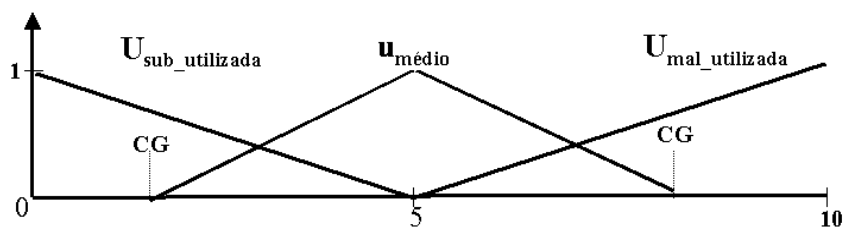


Fig 10. Funções de Pertinência dos Termos Lingüísticos da Variável Situação da Rede

Conjunto de Regras Difusas que tratam o relacionamento entre a taxa de Utilização da Rede e o Número de Pacotes Broadcast

- ⇒ Se ( $\{u_i\}$  é baixo) && ( $\{b_i\}$  é baixo) então (Situação\_da\_Rede<sub>i</sub> é sub\_utilizada)
- ⇒ Se ( $\{u_i\}$  é baixo) && ( $\{b_i\}$  é médio) então (Situação\_da\_Rede<sub>i</sub> é balanceada)
- ⇒ Se ( $\{u_i\}$  é baixo) && ( $\{b_i\}$  é alto) então (Situação\_da\_Rede<sub>i</sub> é mal\_utilizada)
- ⇒ Se ( $\{u_i\}$  é médio) && ( $\{b_i\}$  é baixo) então (Situação\_da\_Rede<sub>i</sub> é sub\_utilizada)
- ⇒ Se ( $\{u_i\}$  é médio) && ( $\{b_i\}$  é médio) então (Situação\_da\_Rede<sub>i</sub> é balanceada)
- ⇒ Se ( $\{u_i\}$  é médio) && ( $\{b_i\}$  é alto) então (Situação\_da\_Rede<sub>i</sub> é mal\_utilizada)
- ⇒ Se ( $\{u_i\}$  é alto) && ( $\{b_i\}$  é baixo) então (Situação\_da\_Rede<sub>i</sub> é sub\_utilizada)
- ⇒ Se ( $\{u_i\}$  é alto) && ( $\{b_i\}$  é médio) então (Situação\_da\_Rede<sub>i</sub> é balanceada)
- ⇒ Se ( $\{u_i\}$  é alto) && ( $\{b_i\}$  é alto) então (Situação\_da\_Rede<sub>i</sub> é mal\_utilizada)

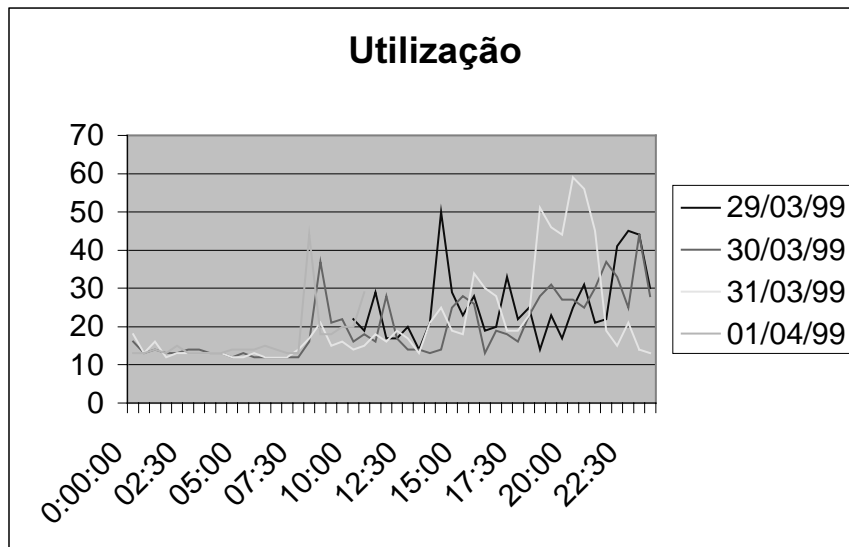


Fig 11. Gráfico da Taxa de Utilização

## 6. Comentários Finais

A principal contribuição deste trabalho de pesquisa é focado sobre a aplicação da técnica difusa como uma ferramenta no gerenciamento pró-ativo de redes. Um modelo tem sido proposto baseado em uma versão modificada de [Watzko97] e [Bussmann98]. O protótipo em execução já possui uma baseline definida cujos valores dos objetos RMON versão 1 e da MIB-II são coletados usando o pacote Beholder. A comunicação de informações de gerência entre dispositivos heterogêneos é possibilitada pelo uso do ambiente CORBA (*Common Object Request Broker Architecture*), cuja especificação IDL (Linguagem de Definição de Interface) foi apresentada anteriormente.

Como trabalho futuro, está em desenvolvimento a automatização do processo de distribuição de regras para prever as situações futuras de degradação da rede.

## 7. Referências Bibliográficas

[Artola96] ARTOLA, Esmilda Sáenz. Olho Vivo: Sistema Especialista para Gerência Pró-Ativa Remota. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Janeiro, 1996.

[Beholder93] BEHOLDER The Next Generation. University of Delft, Holland. Software e documentação obtidos por ftp anônimo em <ftp://ftp.dnpap.et.tudelft.nl/pub/dnpap/btng/>.

[Bussmann98] Bussmann, L. A. Scandelari. "Uma Arquitetura para Gerência de Sistemas Corporativos". Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial. Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná - CEFET-PR, março, 1998.

[Franceschi96] DE FRANCESCHI, Analúcia Schiaffino Morales. “Aplicação de Desempenho para Validar a Gerência Pró-Ativa de Redes”. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Fevereiro, 1996.

[Gadêlha 99] Gadêlha, J. C. "Controlador Fuzzy-Expert para Fluxo Viário". Proposta de dissertação. Mestrado em Engenharia Elétrica. Universidade Federal do Ceará, janeiro, 1999.

[Jander93] JANDER, Mary. “Proactive LAN Management: Tools that look for Trouble to Keep LANs Out of Danger”. Data Communications. Março, 1993.

[Lewis94] Lewis, Lundy, A Fuzzy Logic representation of knowledge for Detecting/Correcting Network Performance Deficiencies, Network Management and Control, Vol. 2, 1994.

[Orchard95] Orchard, R. A., FuzzyCLIPS Version 6.04 – User’s Guide, June, 1995.

[Rocha96] ROCHA, Marco Antonio da, FERNANDEZ, Luiz Fernando Nunes, WESTPHALL, Carlos Becker. “Gerência Pró-Ativa de Redes de Computadores usando Agentes e Técnicas de Inteligência Artificial”. Anais do 14º Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores, Fortaleza, 97-117, 1996.

[SILVA95] da Silva, Agliberto Pessoa, Escalamento Heurístico baseado em Lógica Difusa, Dissertação de Mestrado, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ – Brasil, abril de 1995.

[Stevenson95] STEVENSON, Douglas W., “Network Management – What is and What isn’t”. Whitepaper. <http://smurfland.cit.buffalo.edu/NetMan/Papers.html>, abril, 1995.

[Sloman96] Sloman, Morris. Network and Distributed Systems Management, Addison-Wesley, 1996.

[Sousa 96] Sousa, C. P. "Lógica Nebulosa - Uma introdução". Escola Técnica Federal do Ceará, outubro, 1996.

[Watzko96] WATZKO-NETO, Francisco; MARTINS, Marcelo M.; MADEIRA, Edmundo R. M. “Gerenciamento de Aplicações”. Position Paper publicado no 1º Workshop de Gerenciamento de Redes de Computadores, Fortaleza, 1996.

[Watzko97] WATZKO-NETO, Francisco. “Gerenciamento Pró-Ativo: Consideração do Tráfego de Aplicações e Utilização de Séries Temporais”. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Junho, 1996.

[WWW01] World Wide Web - Visão Geral sobre Lógica Difusa.  
<http://www.cs.cmu.edu/Groups/AI/html/faqs/ai/fuzzy/part1>

[WWW02] World Wide Web - CastleRock Computing’s Home Page.  
<http://www.castlerock.com>.

[Zadeh95] Zadeh, L. A., Fuzzy Sets, Information and Control, 8, 1965, 338-353.