

# Gerenciamento Integrado de QoS em Redes de Computadores

Lisandro Zambenedetti Granville, Liane Margarida R. Tarouco

Instituto de Informática - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)  
Caixa Postal 15.064 - CEP 91501-970 - Porto Alegre, RS  
granville@inf.ufrgs.br, liane@penta.ufrgs.br

***Abstract.** This work presents a classification for the management of QoS-enabled networks. This classification shows that a solution for an integrated management is required. Thus, a model for integrated QoS management is proposed. Such model is analyzed through the implementation of the QAME (QoS-Aware Management Environment) prototype.*

***Resumo.** Este trabalho apresenta uma classificação para as pesquisas relacionadas à gerência de redes com QoS. Tal classificação permite verificar que uma solução de gerência integrada é necessária. Assim, é também apresentado um modelo para gerência integrada de QoS que é analisado através da implementação do protótipo QAME (QoS-Aware Management Environment).*

## 1. Introdução

A maioria das redes de computadores instaladas atualmente opera segundo o paradigma de melhor esforço (*best-effort*), onde não existe nenhuma garantia sobre a vazão, atraso máximo tolerado, taxa de perdas e variação do atraso dos fluxos gerados nas aplicações usuárias das redes. Aplicações convencionais, com restrições temporais não severas (por exemplo, navegação Web e correio eletrônico), operam adequadamente em redes *best-effort*. Entretanto, aplicações mais recentes, como telemedicina e videoconferência, que possuem restrições temporais estritas, não conseguem operar de forma satisfatória em redes *best-effort*. Neste contexto, a utilização de arquiteturas para fornecimento de QoS (*Quality of Service*) em redes de computadores é uma necessidade real. Uma rede com tais arquiteturas é uma rede que apresenta as garantias essenciais para que as aplicações com restrições temporais passem a operar adequadamente [Huston 2001].

A implantação de uma arquitetura para fornecimento de QoS envolve a introdução de novos elementos de rede, como negociadores de banda (BB - *Bandwidth Brokers*) [Nichols 1999], conformadores de tráfego, algoritmos de priorização de tráfego e protocolos de sinalização. A introdução de uma arquitetura de QoS melhora os serviços disponibilizados aos usuários de uma rede, mas também aumenta a complexidade da gerência dessa mesma rede [Eder 2001]. Além disso, uma rede com QoS só poderá fornecer serviços com garantias se a arquitetura de QoS utilizada for adequadamente gerenciada. As arquiteturas de fornecimento de QoS não garantem, por si só, o correto funcionamento dos serviços disponibilizados. Sem uma solução de gerência que permita aos administradores de redes atuar sobre as arquiteturas, o fornecimento de QoS está comprometido. Assim, o principal argumento deste trabalho é de que para se ter garantias de funcionamento das facilidades de redes com QoS são

necessários: (a) Uma arquitetura para fornecimento de QoS; (b) Um sistema de gerenciamento de QoS.

O gerenciamento de uma rede com QoS possui diversos aspectos distintos. Atualmente, as pesquisas em gerenciamento de QoS tratam tais aspectos de forma isolada. Como resultado, várias soluções estanques são propostas na literatura, e eventualmente disponibilizados no mercado. Em situações reais, entretanto, o administrador de redes acaba sendo obrigado a contar com estas soluções estaques ao mesmo tempo no seu ambiente de gerenciamento. Isso acaba por confundir as ações a serem executadas e torna o gerenciamento de QoS ainda mais complexo.

Neste trabalho é proposto um modelo para gerenciamento de QoS, onde os diversos aspectos envolvidos no gerenciamento de redes com QoS encontram-se integrados no modelo. A definição do modelo proposto só pôde ser realizada após a observação do estado da arte. Tal observação indicou a necessidade de organização das pesquisas na área. Como resultado, este trabalho também propõe um conjunto de *tarefas de gerenciamento de QoS* que classificam as soluções existentes atualmente. As tarefas de gerenciamento de QoS definidas, e o modelo proposto foram posteriormente analisados, utilizando-se, principalmente, uma implementação de um protótipo baseado no modelo chamado QAME (*QoS-Aware Management Environment*) [Granville 2001].

O restante deste artigo está assim organizado: a seção 2 apresenta a definição das tarefas de gerenciamento de QoS e a definição do problema investigado. Como comentado anteriormente, a partir das tarefas definidas foi criado um modelo para gerenciamento integrado de QoS que é apresentado na seção 3. A seção 4 apresenta a análise do modelo proposto, enquanto que a seção 5 apresenta as conclusões.

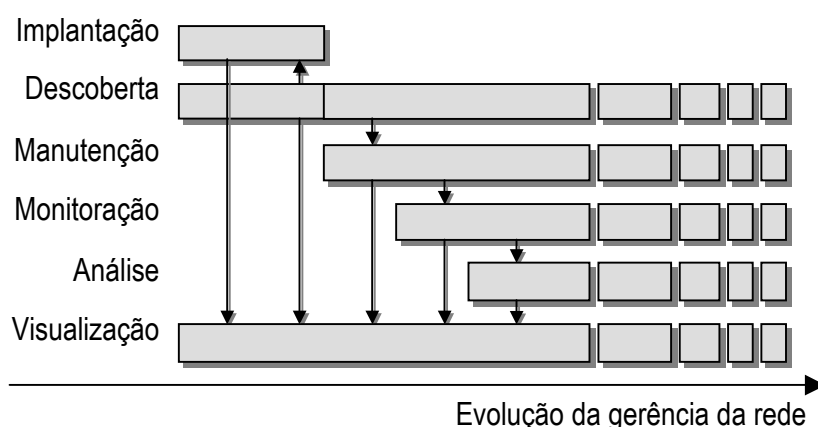
## **2. Tarefas de Gerenciamento de QoS e Definição do Problema Investigado**

Como dito anteriormente, as pesquisas e soluções em relação ao gerenciamento de redes com QoS investigam aspectos distintos. A classificação de tais soluções em *tarefas de gerenciamento de QoS* ajudam a organizar o estudo relacionado a tais soluções. As tarefas de gerenciamento de QoS definidas neste trabalho são: implantação, descoberta, manutenção, monitoração, análise e visualização de QoS. A figura 1 apresenta tais tarefas, sua aplicação em relação à evolução do gerenciamento da rede e a inter-relação entre tais tarefas.

A **implantação de QoS** é a tarefa de se escolher uma solução de QoS e implantar tal solução em uma rede. A implantação inicia quando a rede não existe, ou quando a rede existe, mas ainda não possui uma arquitetura de fornecimento de QoS associada. O uso de soluções de simulação de redes é importante para a implantação de QoS porque permite a um administrador verificar o comportamento de uma solução antes mesmo de implantá-la, o que auxilia na decisão de qual a melhor solução a ser utilizada. O NS2 (*Network Simulator*), por exemplo, é um *software* de simulação importante que pode facilitar muito a escolha de uma solução de QoS a ser implantada em uma rede.

Não é raro encontrar redes onde os equipamentos utilizados possuem diversas funcionalidades que podem melhorar o fornecimento de QoS. Entretanto, seguidamente tais funcionalidades não utilizadas porque os dispositivos estão subutilizados. A

**descoberta de QoS** é a tarefa que procura nos dispositivos da rede de computadores características e funcionalidades que sejam capazes de auxiliar ou melhorar o fornecimento de QoS. A descoberta pode iniciar em dois momentos diferentes: se a rede já existir, a descoberta pode iniciar junto com a implantação de QoS e ajuda a descrever a rede a ser analisada na implantação através dos dados retornados pela descoberta; se a rede ainda não existir, a descoberta inicia logo após a implantação, e permanece ativa para que novos equipamentos ou facilidades de QoS adicionados à rede possam ser detectados. Uma solução interessante para descoberta de QoS é o uso de agentes móveis capazes de percorrer uma rede de computadores a procura de facilidades de QoS nos dispositivos.



**Figura 1. Evolução das tarefas de gerenciamento QoS na rede**

Depois que a arquitetura de QoS é definida e implantada na rede, os serviços com QoS estão prontos para ser oferecidos aos usuários. Classificamos como **manutenção de QoS** os procedimentos tomados para definir o comportamento das facilidades de fornecimento de QoS aos mesmo tempo em que estas facilidades estão sendo oferecidas. Procedimentos frequentemente realizados na manutenção de QoS são aqueles relacionados à classificação de tráfego, marcação e priorização de pacotes. Reserva estática de banda, gerenciamento de SLAs (*Service Level Agreements*) e PBNM (*Policy-Based Network Management*) [Clark 2000] são também exemplos de operações de manutenção de QoS.

Processos para **monitoração de QoS** são necessários para se verificar se os níveis de garantias fornecidos pela rede são consistentes com aqueles definidos na manutenção de QoS. Para se alcançar um gerenciamento de QoS pró-ativo, tarefas de **análise de QoS** devem também ser executadas. O comportamento histórico catalogado pode mostrar, por exemplo, o número de sessões RSVP (*Resource reSerVation Protocol*) negadas devido à falta de recursos. Se o número de sessões negadas crescer muito, isso indica que o administrador deveria atualizar os recursos da rede.

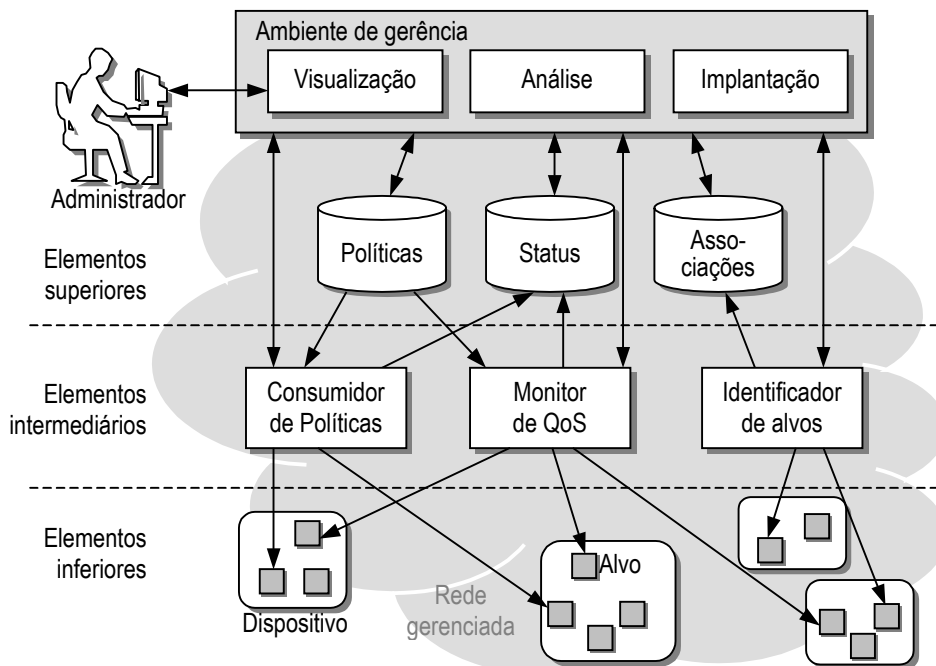
As plataformas de gerenciamento de rede atuais são orientadas a topologias, isto é, elas mostram as informações a partir da perspectiva da topologia da rede. Os administradores navegam na topologia da rede e verificam cada dispositivo. Algumas facilidades podem ser encontradas, permitindo aos administradores, por exemplo, solicitar à plataforma um mapa listando todas as impressoras da rede. Em relação às tarefas de gerenciamento de QoS, as visualizações existentes atualmente são pobres. Os

administradores seguidamente procuram os dispositivos importantes em mapas, e acessam tais dispositivos para saber se os mesmo possuem facilidades de QoS. Esta é uma tarefa que consome muito tempo e deveria ser substituída por um procedimento de procura automatizado. Assim, a tarefa de **visualização de QoS** é uma facilidade que auxilia os administradores de rede a procederem com as outras tarefas relacionadas ao QoS, como as citadas anteriormente.

Considerando as soluções atuais existentes para gerenciamento de QoS, e a classificação em *tarefas de gerenciamento de QoS*, pode-se concluir que, na prática, todas as tarefas podem ser executadas pelos administradores em suas redes. Isso significa que as barras horizontais da figura 1 realmente existem. Entretanto, o ponto crítico é o fato de que as soluções existentes não são integradas. Logo, as setas verificais da figura 1, indicativas das interações entre as tarefas não são encontradas em nenhuma solução de gerenciamento de QoS. Logo, esta falta de integração é o problema principal investigado neste trabalho. A seguir, um modelo integrado para gerenciamento de redes com QoS é apresentado como proposta de solução deste problema.

### 3. Modelo para Gerenciamento Integrado de QoS

A figura 2 apresenta o modelo de gerenciamento integrado de QoS proposto. O modelo é dividido em três conjuntos de elementos principais: elementos inferiores (alvos e dispositivos), elementos intermediários (consumidor de políticas, monitor de QoS e identificador de alvos) e elementos superiores (bases de dados e ambiente de gerência).



**Figura 2. Modelo de gerenciamento integrado de QoS proposto**

Os **alvos** são os pontos internos aos **dispositivos** que efetivamente implementam uma arquitetura de fornecimento de QoS. Exemplos de alvos são as filas de uma interface de roteador, processos de conformação de tráfego e prevenção de congestionamento. Nos elementos intermediários, o **consumidor de políticas** é o elemento que recebe uma política de rede (definida pelo administrador e armazenada na base de políticas) e traduz

a política para ações específicas nos alvos. As mesmas políticas são utilizadas pelo **monitor de QoS** para verificar se o QoS existente na rede está consistente com o QoS definido nas políticas. Se a comparação entre o QoS existente e o QoS esperado indicar uma degradação, o monitor de QoS informa o administrador enviando notificações ao ambiente de gerência, e atualiza o *status* da política na base *status*. O consumidor de políticas também acessa a base de *status* quando, por exemplo, uma política não pode ser implantada. Por fim, o **identificador de alvos** é usado para vasculhar a rede de computadores a procura de alvos. Sempre que um alvo é encontrado, a base de associações é atualizada com informações do alvo descoberto e de seu dispositivo associado.

As três bases de dados existentes (políticas, *status* e associações) são utilizadas no armazenamento de políticas de rede, na determinação do *status* das políticas que estão em operação na rede, e no armazenamento das associações entre políticas-alvos e alvos-dispositivos. O ambiente de gerência, por sua vez, possui internamente suporte à **visualização de QoS**, **análise de QoS** e **implantação de QoS**. Como mostrado na figura 2, o administrador da rede tem acesso indireto a toda estrutura de gerenciamento através dos elementos de visualização de QoS.

#### 4. Análise do Modelo Proposto

Nesta seção serão analisados outros aspectos do modelo proposto. O objetivo desta seção é fornecer uma avaliação do modelo utilizando também resultados obtidos a partir de um protótipo.

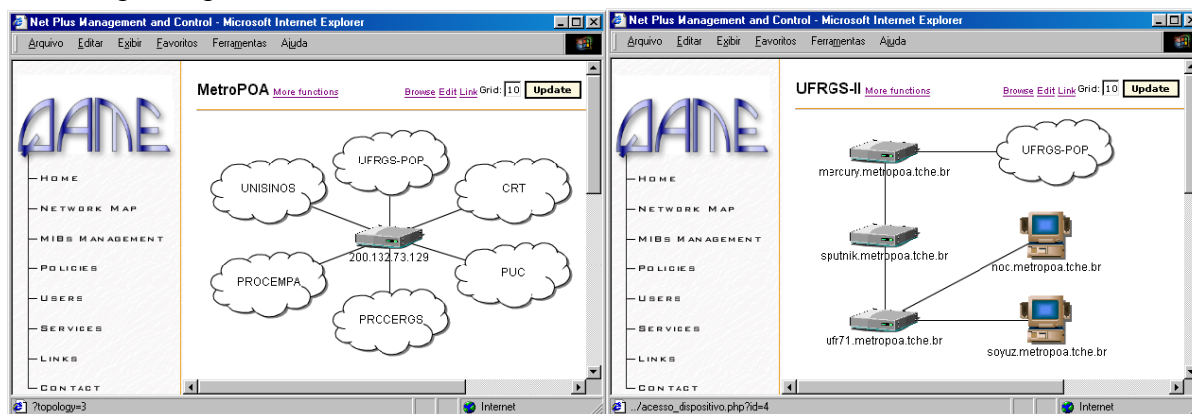


Figura 3. O protótipo QAME

##### 4.1. Aplicabilidade e Exeqüibilidade do Modelo

O modelo proposto foi utilizado no gerenciamento da rede Metropoa (Rede Metropolitana da Grande Porto Alegre) através do protótipo QAME (*QoS-Aware Management Environment*). O ambiente de gerência foi totalmente implementado em uma máquina Linux utilizando tecnologia PHP4. O acesso do administrador ao ambiente se dá via HTTP/HTTPS, implementado assim uma gerência de QoS baseada na Web. A visualização de QoS é implementada com tecnologia Flash, que permite uma interação mais dinâmica do administrador da rede através de seu navegador Web. Normalmente, os ambientes de gerência baseados na Web não permitem uma interação muito grande porque normalmente as imagens disponibilizadas são geradas na forma de *bitmaps* estático. Com o uso de Flash, entretanto, o administrador pode, por exemplo,

alterar a disposição dos equipamentos nos mapas de rede, ter acesso a menus sensíveis ao contexto, definir enlaces entre dispositivos através do desenho de linhas, entre outros. A figura 3 apresenta dois exemplos da interface gráfica QAME.

Foram utilizadas as bibliotecas NET-SNMP para acesso SNMP (*Simple Network Management Protocol*) aos dispositivos de rede. O acesso do ambiente de gerência aos elementos intermediários se deu através da MIB Script definida pelo IETF. Os consumidores de políticas e monitores de QoS foram implementados em roteadores Linux de teste usando linguagem C, e as informações que tais elementos exportam são acessíveis também via SNMP.

#### **4.2. Escalabilidade do Modelo**

Os identificadores de alvo do modelo procuram na rede por novos alvos. Se a rede de computadores investigada possuir poucos equipamentos (por exemplo, uma rede com menos de 400 dispositivos), um único identificar de alvos pode ser utilizado. Por outro lado, redes maiores podem exigir a presença de mais identificadores. Entretanto, esta característica permite que o modelo seja escalável em relação as proporções da rede gerenciada, já que novos identificadores podem ser introduzidos se a rede investigada tomar proporções maiores.

Assim como acontece com a descoberta de QoS, os processos para implantação de QoS, executados pelos consumidores de políticas, são igualmente escaláveis. Quanto maior a rede gerenciada, um número maior de consumidores pode ser utilizado. Por outro lado, quem determina quais serão os alvos a serem programados em uma aplicação de políticas é o administrador da rede. Naturalmente, em uma rede de maiores proporções, com um número maior de equipamentos, a determinação dos alvos utilizados em uma aplicação de políticas é uma tarefa executada com uma maior dificuldade.

A escalabilidade da monitoração de QoS é semelhante à escalabilidade da implantação de políticas, ou até mesmo menos crítica. Isso se deve ao fato de que nem toda política implantada na rede é obrigatoriamente uma política monitorada. Espera-se que políticas críticas sejam verificadas constantemente, mas políticas menos críticas não necessariamente precisam de monitoração. Logo, o número de monitores de QoS utilizados tende a ser menor que o número de consumidores de políticas.

Um dos itens que mais influencia a escalabilidade do modelo é a disposição e o número de bases de dados utilizadas. No modelo são apresentadas apenas três bases distintas, mas em uma implementação específica as bases podem estar fisicamente localizadas em um mesmo SGBD ou distribuídas em diversos SGBDs localizados em regiões diferentes da rede gerenciada. Os fatores que mais determinam a centralização ou descentralização das três bases de dados do modelo são os volumes de interações das bases com os elementos intermediários e com o ambiente de gerenciamento. Interações maiores com os elementos intermediários sugerem uma descentralização maior, enquanto que interações maiores com o ambiente de gerenciamento sugerem uma centralização maior.

A base de políticas apresenta maior interação com os consumidores de políticas e monitores de QoS, já que o ambiente de gerência acessa tal base apenas na criação e edição de políticas. Entretanto, os consumidores de políticas e monitores de QoS

acessam a base sempre que uma política deve ser implantada e monitorada. Tipicamente, o gerenciamento baseado em políticas é caracterizado por um número reduzido de definições de políticas, mas um número elevado de utilização das políticas aplicadas e monitoradas [Sloman 1994]. Logo, a base de políticas tende a ser descentralizada em redes maiores, onde um número maior de consumidores de políticas e monitores de QoS é mais indicado.

A base de *status*, diferentemente da base de políticas, é acessada apenas quando algum problema nas políticas aplicadas é detectado. A interação com o ambiente de gerenciamento acaba sendo maior porque a monitoração da base de *status* é uma necessidade. Assim, a base de *status* tende a ser implementada de uma forma mais centralizada que a base de políticas, devido a mais alta interação com o ambiente de gerenciamento. Por fim, a base de associações é aquela que apresenta a maior interação com o ambiente de gerenciamento e por este motivo é a base de dados onde a centralização é mais fortemente indicada.

### **4.3. Complexidade do Modelo**

O trabalho de um administrador na implantação do modelo de gerenciamento de QoS proposto é complexo. Devido ao número e tipos diferentes de elementos do modelo, é exigido que o administrador instale e configure um número maior de processos na rede gerenciada, o que aumenta a complexidade de instalação do modelo. Em uma rede sem QoS, a instalação de soluções de gerenciamento, comparativamente, é mais simples porque o número e tipos de elementos envolvidos na gerência é menos. Numa rede com QoS isso não acontece se o modelo sugerido é utilizado.

Outro fator que deve ser considerado é a utilização do modelo. Como já visto, uma rede com QoS é mais complexa de ser gerenciada. O uso de uma solução convencional de gerenciamento de redes aplicada a uma rede com QoS é inadequada porque as dificuldades existentes não são minimizadas. Por outro lado, o modelo proposto diminui tais dificuldades através dos diversos elementos definidos. Logo, comparativamente, a complexidade de utilização do modelo é menor que a complexidade de utilização de soluções de gerenciamento convencionais aplicadas em uma rede com QoS. Conclui-se, neste caso, que apesar de o modelo ser mais complexo de ser implantado, esta complexidade é compensada com a facilidade de utilização do mesmo. Como a implantação ocorre apenas uma vez, mas a utilização é constante, o modelo proposto é menos complexo que uma solução convencional.

## **5. Conclusão**

O gerenciamento de redes que possuem QoS é uma tarefa complexa porque redes com QoS são redes mais complexas. O conjunto de soluções de gerenciamento de QoS existente é diversificado, e cada solução ataca aspectos diferentes do QoS. A principal consequência desta situação é a inexistência de uma solução para gerência integrada de redes com QoS. A primeira contribuição do trabalho foi a definição de seis tarefas de gerência de QoS: implantação, descoberta, manutenção, monitoração, análise e visualização de QoS. Duas principais conclusões podem ser tiradas da análise da classificação realizada. A primeira é de que utilizando soluções de mercado ou acadêmicas, todas as tarefas de gerência definidas podem ser realizadas, permitindo ao

administrador da rede proceder em sua gerência com as seis tarefas definidas. A segunda conclusão importante é a percepção de que, se as tarefas podem ser na prática executadas, isso acontece de forma não integrada, e um modelo de integração passa a ser necessário.

Assim, um modelo para gerência integrada da QoS foi proposto. O modelo foi definido a partir de trabalhos do IETF, mas concentrando-se no gerenciamento de QoS. O modelo foi ainda analisado de onde se pode concluir os seguintes itens: (a) O modelo é capaz de executar a gerência integrada de QoS porque os elementos do modelo fornecem suporte às seis tarefas de gerência de QoS definidas. (b) A implantação de uma solução para gerência de QoS que siga o modelo proposto é mais complexa de ser executada que a implantação de uma solução de gerência padrão. Entretanto, essa complexidade é enfrentada pelo administrador apenas no início da gerência da rede. Durante a utilização do sistema, a complexidade é menor que a complexidade de uma solução padrão. (c) A escalabilidade do modelo é diretamente relacionada com a distribuição de seus elementos. Neste sentido, pode-se concluir que nem todos os elementos do modelo podem ser distribuídos. (d) O modelo é exequível, e isto é conclusão direta da implementação do ambiente de gerência QAME (*QoS-Aware Management Environment*).

Deste conjunto de conclusões outras importantes podem ser determinadas. Para que o modelo seja utilizado em redes diferentes, tanto em proporções quanto em tecnologia, o mesmo deve ser flexível, como verificado. A flexibilidade permite ao administrador a utilização de diversas configurações de utilização dos elementos do modelo de forma que sua rede seja mais bem gerenciada. Por outro lado, a grande liberdade de configuração pode tornar a implantação do modelo uma tarefa complexa para o administrador, já que diversas escolhas sobre como os elementos do modelo devem ser dispostos na rede são deixadas para o administrador. Em certas situações o administrador pode tomar decisões errôneas que podem ser implementadas porque o modelo é flexível.

Por fim, através das contribuições deste trabalho pode-se concluir que a classificação das tarefas de gerência de QoS, o modelo de gerência integrado proposto, e a implementação do protótipo QAME para redes IP são indicadores de que a gerência de QoS, além de ser uma necessidade, é possível de ser realizada de forma integrada.

## **Referências**

- Clark, R. (2000) "The Mechanics of Policy-Based Management". Network Magazine.
- Eder, M., Nag, S. (2001) "Service Management Architectures Issues and Review". RFC 3052.
- Huston, G. (2000) "Next Steps for the IP QoS Architecture". RFC 2990.
- Granville, L. Z. et al. (2001) "An Approach for Integrated Management of Networks with Quality of Service Support Using QAME". In: IFIP/IEEE DSOM Nancy-France.
- Nichols, K. , Jacobson, V., Zhang, L. (1999) "A Two-bit Differentiated Services Architecture for the Internet". RFC 2638.
- Sloman, M. (1994) "Policy Driven Management For Distributed Systems". Journal of Network and Systems Management.