

# Proposta de Ambiente de Testes para Implementação de Serviços de QoS desde uma Rede MetroEthernet até uma Rede WiMAX

**Leoncio Regal Dutra**

Universidade de Brasília (UnB), Departamento de Engenharia Elétrica (EnE) Brasil  
leoncio@redes.unb.br

**Carlos Henrique Bacellar Bon**

carlos.bon@serpro.gov.br  
Serviço Federal de Processamento de Dados (SERPRO) Brasil

**Georges Amvame Nze**

georges@redes.unb.br  
Universidade de Brasília (UnB), Departamento de Engenharia Elétrica (EnE) Brasil

**Cláudia J. A. Barenco**

barenco@ldc.usb.ve  
Departamento de Computación Y Tecnología de la Información, Universidad Simon Bolívar (USB)  
Oficina MYS - Venezuela

**Anderson C. A. Nascimento**

andclay@ene.unb.br  
Universidade de Brasília (UnB), Departamento de Engenharia Elétrica (EnE) Brasil

**Luciana Gomes**

luciana.gomes@serpro.gov.br  
Serviço Federal de Processamento de Dados (SERPRO) Brasil

## Resumo

Este trabalho visa nortear a implementação em redes Metro Ethernet de tráfego multimídia de tempo real. Como a tecnologia metro Ethernet tem se difundido no mundo e aqui no Brasil, e esta está sendo associada com tecnologias tipo WiMax, estão sendo criadas redes com a combinação destas duas tecnologias. Vemos, entretanto, que pouco se tem escrito sobre a metodologia de implementação deste conjunto, principalmente para tráfego em tempo real. Esta proposta, baseada em experimentos de simulação, irá dar o direcionamento para a implementação destas redes em um futuro próximo.

## Abstract

*This work aims to guide the implementation in multimedia and real time networks. As Metro Ethernet technology has spread out in the world and here in Brazil, and being associated with WiMax technologies, networks will be created with the combination of these two technologies. However, we foresaw, that little had been written about implementation methodology of this set, mostly for real time traffic. This proposal, based in simulation experiments, will help us in the implementation of these networks in near future.*

## 1. Introdução

O Brasil está presenciando uma mudança radical nas conexões de redes no ambiente metropolitano para órgãos públicos e de pesquisa. Das conexões de baixa velocidade, que na maior parte dos links trafegam a não mais de 10 Mbps para conexões que podem chegar a 10 Gbps. Serão criadas 27 redes metropolitanas, uma por capital, onde organismos públicos e de pesquisa irão dividir uma infra-estrutura óptica moderna e de alta velocidade [Scheufler 2006].

Estas redes utilizam tecnologia óptica, com ativos de última geração com características e desempenho de equipamentos especializados para redes Gigabit Ethernet.

Embora pouco utilizado no mercado, o padrão de redes sem fio 802.16 está a caminho de revolucionar a indústria de acesso de banda larga sem fio oferecendo capacidade ampla de cobertura de transmissão para áreas metropolitanas e rurais, com visada ou com ela comprometida. Tal padrão, conhecido pela sigla WiMax (Worldwide Interoperability for Microwave Access), vem sendo especificado pelo grupo do IEEE que trata de acessos de banda larga em áreas dispersas. Embora o WiMax não crie um mercado novo, ele habilita a padronização da tecnologia em um volume econômico tal que permita reduzir custos e possibilitará um maior crescimento do mercado de comunicação sem fio. Experiências foram documentadas no evento WIMAX

FORUM, na edição de outubro/2005, em Boston, onde uma rede com voz e dados foi montada em menos de 2 dias, para atender a demanda nas áreas devastadas pelos furacões no sul dos Estados Unidos.

Com este cenário e com a crescente demanda por banda, para trafegar aplicativos de alto consumo como vídeo colaboração, voz e sinal televisivo, toda uma infra-estrutura está sendo montada para suportar este tráfego. Neste trabalho abordamos uma proposta de implementação de QoS, baseada em medições efetuadas em laboratório, para nortear e funcionar como modelo para as outras redes. Para isso, serão utilizados equipamentos disponíveis, cuja rede metropolitana já está em produção e a WIMAX já está para ser implementada, funcionando como complemento de acesso a rede metropolitana óptica.

Na Figura 1, podemos ver o traçado da primeira fase da INFOVIA Brasília, cobrindo os órgãos públicos na área central de Brasília, Esplanada dos Ministérios.

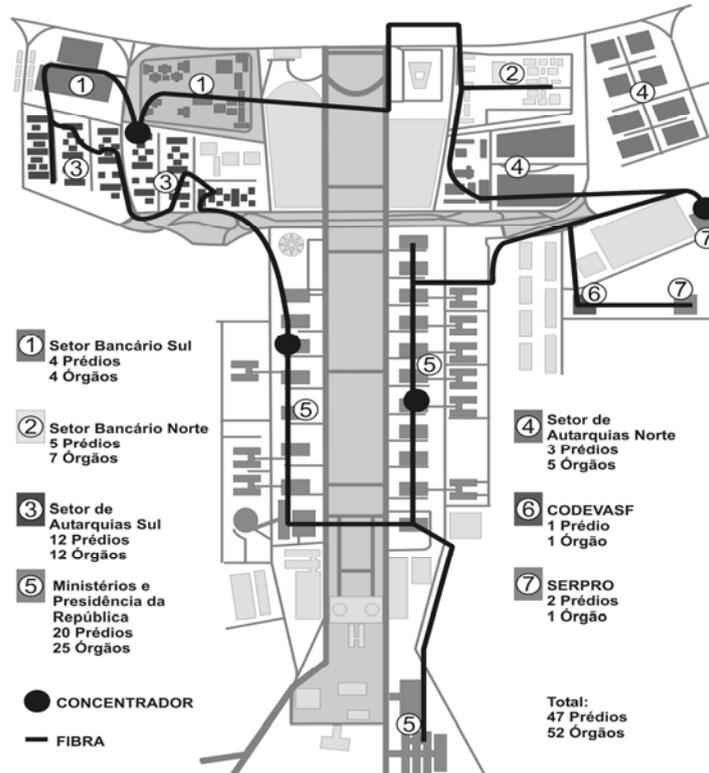


Figura 1. Topologia da primeira fase da INFOVIA Brasília.

## 2. Ambiente Experimental

### 2.1 O Testbed

Hoje os órgãos públicos utilizam, na maior parte de suas conexões urbanas, links *ATM* ou *Frame-Relay*, com velocidades baixas, muitas vezes menores que 10Mbps. Também é comum que vários órgãos contratem operadoras diferentes e links de baixa velocidade, não conseguindo ganho em escala, tornando a contratação no varejo mais cara que se fosse feita no atacado. Muitos enlaces são urbanos, no mesmo centro metropolitano, tratando da troca de informações entre organismos públicos. Da mesma maneira ligações telefônicas são trocadas via operadoras públicas.

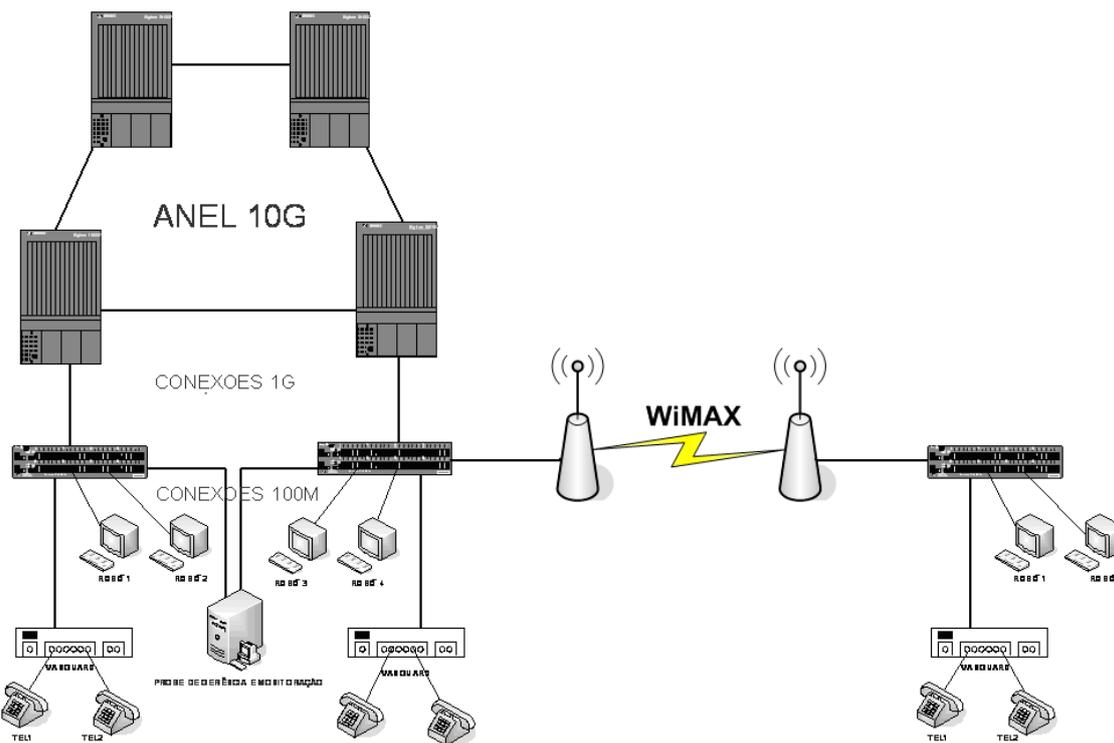


Figura 2. Ambiente Experimental.

Temos presenciado esforços isolados, de empresas que tentam modernizar o acesso e suas conexões, porém nem sempre dispõe de orçamento ou de corpo técnico para sustentar estas iniciativas. Um bom exemplo disto é Brasília, onde a INFOVIA irá interligar diretamente 110 órgãos em 80 prédios diferentes e indiretamente, através de uma rede *pré-wimax* outros 10 prédios. Neste caso foi lançada uma rede metropolitana com velocidades que chegam a 10Gbps, com capacidade de transporte de tráfego de voz, dados e imagem, com uma rede moderna de alta disponibilidade, totalmente gerenciada e com um desempenho muito melhor do que os padrões até hoje experimentados. A primeira fase da INFOVIA com 60 órgãos já está instalada e agora estão sendo iniciados os trabalhos da segunda fase e da fase complementar com uma rede com conexões *pré-wimax*. É justamente na fase complementar que este trabalho aborda e descreve os testes para a adoção de um modelo de simulação a ser adotado, e levará em consideração os recursos disponíveis, tanto em termos de software quanto hardware, com um diagrama de montagem conforme mostrado na Figura 2. O laboratório duplica a topologia utilizada na *metrolan* com a mesma capacidade de interligação e com os mesmos equipamentos.

## 2.2 Ferramentas de Softwares

### 2.2.1 Gerador e Analisador de Tráfego

O Gerador e Analisador de tráfego de QoS (*Quality of Service*) fim-à-fim, é uma ferramenta baseada na linguagem Java para geração de tráfego real-time do tipo UDP *multicast* ou *unicast* de uma fonte para um destino determinado. Essa ferramenta foi desenvolvida pelo grupo de pesquisa do LabCom (*Laboratório de Comunicações*), do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade de Brasília [Carvalho, P. 2006].

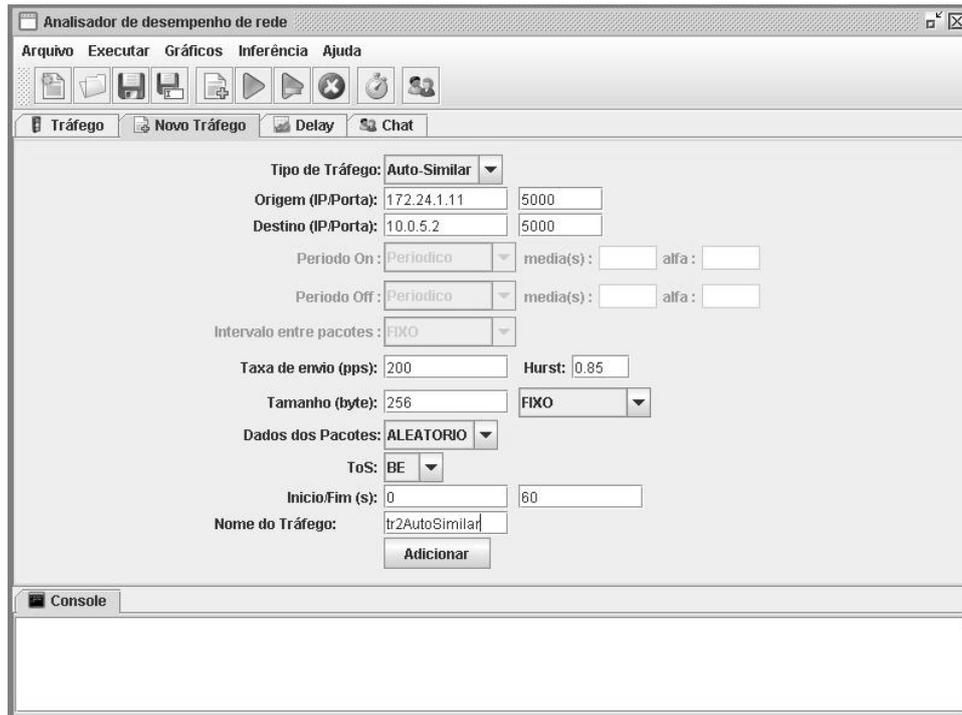


Figura 3. Gerador de Tráfego.

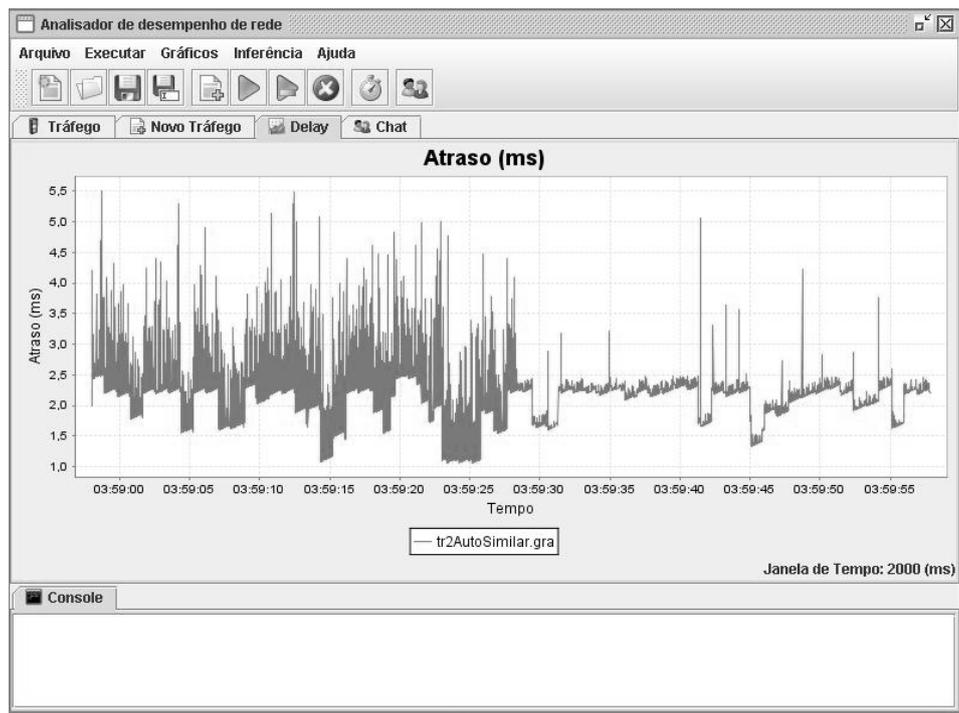


Figura 4. Analisador de Desempenho.

Esta ferramenta suporta a entrada e escolha de parâmetros para a geração de fluxos de pacotes tais como: marcação do campo do TOS (*Type of Service*) do IP, tipo de tráfego, *porta/endereço* de Origem, *porta/endereço* de destino, taxa de envio de pacotes entre outras opções, Figura 3. A geração e monitoração de tráfego podem rodar em máquinas distintas sendo cliente ou servidor. Como o processo gerador roda na máquina fonte e o processo coletor na máquina destino, a ferramenta faz uso de um algoritmo baseado no NTP (*Network Protocol*) para sincronização dos relógios das máquinas envolvidas no experimento. O aplicativo, configurado no modo servidor, serve de relógio principal para uma ou mais máquinas no modo cliente e permite atualizações periódicas para que o sincronismo esteja sempre garantido.

Na Figura 4 anterior, tem-se uma mostra de tráfego gerado em tempo real, do fluxo definido a partir da Figura 3, como sendo uma agregação do tráfego que se enquadra em determinada regra. O aplicativo, no modo de analisador de desempenho, pode-se criar gráficos de *banda*, *delay*, *jitter* e *perdas de pacotes*.

## 2.2.2 Probe de Gerência e Monitoramento de Tráfego

A probe de gerência (sonda) pode monitorar o tráfego da rede, capturando os pacotes como um analisador de pacotes e contabilizando-os de forma tal que é possível saber quais protocolos, estações e servidores que mais utilizam os recursos de rede, para a construção de uma matriz de tráfego dentre outros dados [Compuware 2006].

Independente do tipo de probe, para ter acesso aos dados capturados, é necessário um software compatível com o recurso, para apresentá-los e consolidá-los na forma de relatórios e telas amigáveis, conforme a Figura 5, para uma melhor análise por parte do usuário. No caso do ambiente de teste, a probe embarca um aplicativo que monitora a utilização da banda por protocolo e aplicação, bem como a latência entre os ativos de rede. Ele irá monitorar, gravar e formar gráficos comparativos em relação ao tráfego anotado.

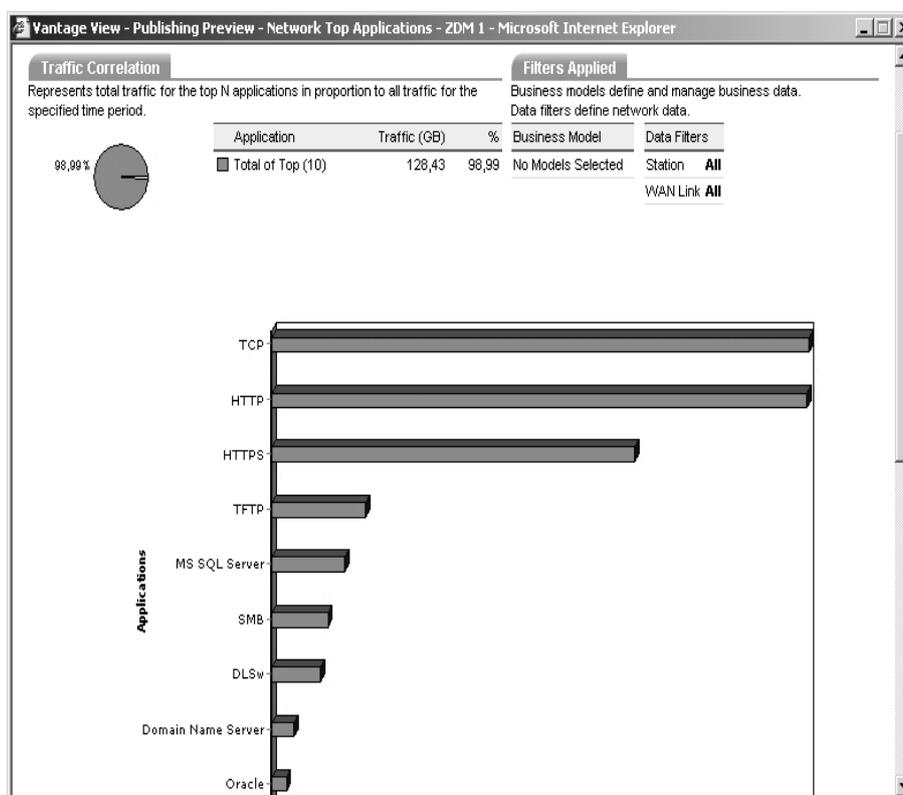


Figura 5. Probe de Gerência e Monitoramento.

Probes podem ser de hardware ou software. Probes de hardware são equipamentos totalmente dedicados e planejados para a função de coleta dos pacotes e consolidação dos dados. Probes de software são PCs com o software de coleta e uma placa que atua em modo promíscuo, capturando os pacotes que passam na rede. O software de coleta interpreta os pacotes capturados e faz a consolidação.

## 2.3 Equipamentos

A Proposta de Teste envolve diversos equipamentos especializados, que são exatamente os que serão utilizados nas redes metropolitanas. O motivo de se utilizar os mesmos equipamentos que serão utilizados em produção, esta relacionado com a parametrização específica de cada um para o resultado final do experimento. Desta maneira, ao final teremos uma relação de parâmetros e como implementá-los em cada caso.

### 2.3.1 Telefonia IP

Os equipamentos tipo gateway de voz estão configurados para conexão de dois telefones cada, isto é, cada equipamento tem duas placas FXS. Trabalha com diversos codecs, como G.711, G.729 e G.723 com cancelamento de eco e transparência a transmissão de fax. Estão conectados por interfaces Fast Ethernet e

suportam tanto IEEE 802.1p quanto IEEE802.1q, que serão utilizados nos testes para definição da melhor configuração [Vanguard 2006].

### 2.3.2 Concentradores

Os concentradores, são equipamentos tipo switch, com capacidade de comutação de 429Mpps, tem módulos com interfaces de 10Gbps e 1Gbps, ópticos. Suportam IEEE 802.1p e IEEE 802.1q, com 4 níveis de priorização de tráfego dentro das vlan e 8 dentro do segmento ethernet [Foundry 2006].

### 2.3.3 Comutadores

Os comutadores já são equipamentos dimensionados como CPEs de rede Metrolan, com interfaces 10/100/1000 metálicas e 1000 ópticas, esta última para fazer o uplink com os equipamentos concentradores. Assim como estes, também suportam IEEE 802.1p e IEEE 802.1q, com 4 níveis de priorização de tráfego dentro das vlan e 8 dentro do segmento ethernet [Foundry 2006].

### 2.3.4 Antenas Pré-WiMax

As são equipamentos ligados nos comutadores da rede Metrolan, trabalhando nas frequências 2.4 GHz, 5.1 GHz, 5.2 GHz, 5.4 GHz, 5.8 GHz, com um range de 56 Kilometros e um Throughput de 7.5 Mbps. Assim como estes, também suportam IEEE 802.1p; IEEE 802.1q, com níveis de priorização de tráfego [IEEE 802.19 – 2004].

## 3. Experimentos

Com o objetivo de verificar o nível de desempenho e o funcionamento do ambiente configurado, serão utilizados, no experimento, tráfego prioritário, como voz ou imagem, com a possibilidade de geração de tráfego concorrente, para simular a situação de uma rede em produção que necessita de priorização para o tráfego em tempo real. Embora seja uma rede GIGA [Scheufler 2006], de alta velocidade e alta disponibilidade, a banda não é infinita, principalmente na passagem de uma rede GIGA para uma WiMax, onde as velocidades são muito diferentes e em termos de priorização de serviços na rede, é necessário a adequação de prioridades.

Então, uma das razões para se medir o tráfego com QoS [RFC-2475 1988], neste ambiente de rede metropolitana, reside na possibilidade de se avaliar, de maneira mais próxima ao ambiente real, as técnicas aplicadas ao tráfego que recebe tratamento prioritário junto ao de melhor esforço (BE – *Best Effort*).

Para a realização dos testes, no ambiente proposto, serão montados 4 cenários implementando a qualidade de serviços em camada 2 [Ek 1999]:

- **Parâmetros referência usados em todos os cenários:**
  - Padrão de compressão G.711.
  - Banda total do circuito  $\leq$  2Mbps.
  - Geração de tráfego concorrente.
  - Saturação do link.
  - Verificar a qualidade (usuários sem treinamento).
  - Verificar o atraso na rede.
  - Verificar a ocorrência de Jitter.
  - Verificar a perda de pacotes.
  - Velocidades de vazão dos testes, 2Mbps, 1Mbps, 512Mbps, 256Mbps
- **Cenário 1**
  - Uso de VLANs para separação de tráfego, 802.1Q
- **Cenário 2**
  - Uso de VLANs para separação de tráfego, 802.1Q
  - Implementação de priorização por VLAN, 802.1Q
- **Cenário 3**
  - Uso de VLANs para separação de tráfego, 802.1Q
  - Implementação de priorização por VLAN, 802.1Q
  - Implementação de priorização, 802.1P
- **Cenário 4**
  - Uso de VLANs para separação de tráfego, 802.1Q
  - Implementação de priorização por VLAN, 802.1Q

- Implementação de priorização, 802.1P
- Alteração de padrão de compressão G.711/G.728/G.723

Todos os experimentos farão uso de métricas tais como atraso, variação de atraso e perda de pacotes [Carvalho, P. 2006]. Por termos uma rede com alta concorrência na disponibilidade de banda, a qualidade de voz na rede força o uso de métricas de QoS que fazem a priorização de tráfego em tempo real. A avaliação fim-a-fim da qualidade de voz usando um método subjetivo, provê uma abordagem significativa e compreensiva para o usuário final, contrário ao uso de um conjunto de parâmetros técnicos.

No cenário com fluxo BE, serão definidos quatro padrões de tráfego: dois CBR (*Constant Bit Rate*) e dois VBR (*Variable Bit Rate*), de acordo com a Tabela 3.1. Os fluxos de VBR terão rajadas periódicas com uma distribuição exponencial. No caso do tráfego VBR1, serão definidas rajadas de 0,5 s de duração em intervalos de 3 s e, para o VBR2, as rajadas terão duração de 1 s em intervalos de 5 s, de tal forma a reproduzir um tráfego com características elásticas, que irão saturar periodicamente a banda disponível.

No cenário com rede WiMAX, será utilizado uma arquitetura de Diffserv para aplicação de QoS na mesma. Nesse modelo são definidos três (3) parâmetros de prioridades. Pacotes setados com prioridade de 0 a 3 são mapeados para canais de baixo nível, pacotes setados com prioridade de 4 a 7 são mapeados para canais de alto nível. Os mapeamentos também são feitos na utilização de VLAN 802.1p [DUARTE – 2002].

Tabela 3.1. Fluxos de tráfego de melhor esforço.

Tipo de tráfego	Taxa	Tamanho do pacote
CBR1	64 kbps	256 bytes
CBR2	384 kbps	512 bytes
VBR1	1.000 kbps	1.024 bytes
VBR2	1.000 kbps	1.024 bytes

Além disso, as antenas Pré-WiMAX da Motorola que iremos utilizar no experimento, define também 4 parâmetros de qualidade de serviços especificando a taxa de transmissão do AP e do SM para *downlink* e para *uplink* [IEEE 802.16,2004].

A Tabela 3.2 mostra os fluxos que serão definidos para a situação de ambiente com fluxo prioritário. Os padrões de tráfego utilizados serão semelhantes aos da Tabela 3.1, menos o tráfego VBR1 classificado como AF21 (*Assured Forwarding Class 2* precedência de descarte 1), que será substituído pelo CBR3, um tráfego do tipo CBR classificado como BE. Os fluxos CBR1, CBR2 serão classificados, respectivamente, como EF (*Expedited Forward*) e AF11 (*Assured Forwarding Class 1*, precedência de descarte 1).

Tabela 3.2. Fluxos de tráfego para serviço com priorização.

Tipo de Tráfego	Taxa	Classe de Serviço	Tamanho do Pacote
CBR1	64 kbps	EF	256 bytes
CBR2	384 kbps	AF11	512 bytes
CBR3	1.000 kbps	BE	1.024 bytes
VBR2	1.000 kbps	AF21	1.024 bytes

O resultado esperado será um modelo de qualidade de serviço a ser implementado nos equipamentos de redes metropolitanas brasileiras. A idéia é mostrar um caminho uniforme de configuração capaz de efetuar a priorização do tráfego multimídia em tempo real, indicando não só parâmetros, mas também a parte de conceituação em relação aos modelos de *metrolan*. Lembrar que serão implementadas 27 redes metropolitanas a nível Brasil.

## 4. Conclusão e Trabalhos Futuros

Por fim, este trabalho irá contribuir nas implementações futuras de redes metropolitanas, bem como em seus projetos, suas capacidades e parametrizações. Os experimentos servirão para criar um ambiente mais próximo ao real, onde as simulações utilizam os mesmos equipamentos utilizados nestas redes e os geradores de tráfego produzem o modelo de tráfego concorrente ao tráfego a ser priorizado.

Como trabalho futuro, temos a integração entre as redes Metropolitanas e as redes Pré-WiMax com redes WAN, onde esta última tem, via de regra, velocidades menores que as anteriores. O que tem de ser realizado é o

mapeamento da qualidade de serviço entre as redes Metropolitanas e as redes Pré-WiMax para as redes WAN, onde a prioridade de uma seja provisionada para outra, de maneira automática e transparente. Desta maneira o tráfego prioritário poderá navegar entre as redes, passando de segmento para segmento, “carregando” as características de qualidade de serviço entre redes.

## 5. Referências

- Scheufler, N. Luiz, “10-Gigabit Ethernet Solution For a Metro Network”, 2006, Dalhousie University, Halifax, NS – CANADA.
- Carvalho, P., A. Martins, Abdalla Jr H., P. Solis Barreto, Amvame Nze, G. “Open Source Software for Evaluation of Applications and Traffic Measurement in an Experimental Testbed for Converged Networks “. In: 2nd International Conference on Testbeds and Research Infrastructures for the Development of Networks and Communities, 2006, Barcelona. IEEE Tridentcom2006.
- Duarte, Otto Carlos Muniz Bandeira, Bicudo, Marco Dias Dutra, IEEE 802.1p - QoS na camada MAC, 2002.
- Ek, Niclas, IEEE 802.1 P,Q - QoS on the MAC level, Department of Electrical Engineering Helsinki University of Technology, 1999.
- Foundry, Co, <http://www.foundry.com/pdf/ds-ni-400-800-1500.pdf>, 2006.
- Vanguard, Co, <http://www.vanguardms.com/>, 2006.
- Compuware, Co, <http://www.compuware.com/>, 2006.
- RFC-2475, “An Architecture for Differentiated Services”, DiffServ, IETF, 1998.
- IEEE Std 802.16 – 2004, “IEEE Standard For Local and Metropolitan area network – Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems”, IEEE, 2004.



### LEONCIO REGAL DUTRA

Possui graduação em Ciência da Computação pela Universidade Católica de Goiás (2004) e mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade de Brasília (2007). Atualmente é professor - Unieuro Centro Universitário e professor da União Educacional de Brasília. Tem experiência na área de Ciência da Computação e Telecomunicações, com ênfase em Modelos Analíticos e de Simulação, atuando principalmente nos seguintes temas: Computação, Software Livre, Estatística, VoIP, Gerenciamento e Telecomunicações.

### CARLOS HENRIQUE BACELLAR BON

Possui graduação em Administração de Empresas pelo Centro Universitário de Brasília (1984) , graduação em Tecnólogo Em Telecomunicações pela Universidade Estácio de Sá (1989) e especialização em Análise de Sistema pela Universidade Estácio de Sá (1995) . Atualmente é suporte técnico de rede do Serviço Federal de Processamento de Dados e PROFESSOR ESPECIALISTA da Faculdade Santa Terezinha Ltda. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Telecomunicações.

### GEORGES AMVAME NZE

Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade de Brasília (1999) , mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade de Brasília (2002) e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade de Brasília (2006) . Atualmente é Professor Substituto da Universidade de Brasília. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Telecomunicações. Atuando principalmente nos seguintes temas: MIPv4, Recuperação de Falha, RDAIPM, AdHoc.

### CLAUDIA JACY BARENCO ABBAS

Possui graduação em Ciência da Computação pela Universidade Católica de Brasília (1991) , especialização em Redes de Computadores pela Universidade Católica de Brasília (1991) , mestrado em Ciências da Computação pela Universidade Federal de Santa Catarina (1995) e doutorado em Ingeniería de Telecomunicación pela Universidad Politécnica de Madrid (2000) . Atualmente é Professor Adjunto da Universidade de Brasília. Tem experiência na área de Ciência da Computação. Atuando principalmente nos seguintes temas: QoS, Internet, DTM.

### ANDERSON CLAYTON ALVES NASCIMENTO

Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade de Brasília (1998), mestrado em