

FACULDADES DE TAQUARA
FACULDADE DE INFORMÁTICA DE TAQUARA
CURSO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

PLATAFORMA DE MEDIÇÃO ATIVA BASEADA EM MÉTRICAS
PARA GERENCIAMENTO DE PERFORMANCE EM REDES DE
COMPUTADORES

ANDREA FRÖHLICH

Taquara
2007

ANDREA FRÖHLICH

PLATAFORMA DE MEDIÇÃO ATIVA BASEADA EM MÉTRICAS PARA
GERENCIAMENTO DE PERFORMANCE EM REDES DE COMPUTADORES

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Sistemas de Informação da Faculdade de Informática das Faculdades de Taquara, como requisito parcial para obtenção do grau de graduação em Sistemas de Informação, sob orientação do Professor Mestre Alexandre Timm Vieira.

Taquara
2007

Ao meu orientador, Alexandre Timm Vieira, pelo incentivo, dedicação e amizade.

A minha amiga Carolina Valentini Wilhelms, pelo apoio e pelo companheirismo neste momento tão importante de minha vida.

Aos meus pais que sempre se fizeram presentes.

RESUMO

À medida que um número maior de empresas reconhece a importância estratégica de suas inter-redes, elas estão colocando mais ênfase na administração proativa, ou seja, verificam a saúde da rede durante a operação normal, a fim de reconhecer problemas potenciais, otimizar o desempenho e planejar atualizações. A qualidade, velocidade, confiabilidade e a segurança dos caminhos digitais são fatores determinantes para estas conexões pelas quais inúmeras plataformas se interligam em todo o mundo, um elemento de suma importância na evolução tecnológica. A referente pesquisa de gerenciamento de redes visa ajudar uma organização a alcançar metas de disponibilidade, desempenho, qualidade e segurança em suas redes. Processos efetivos de gerenciamento de redes podem ajudar a medir como estão sendo atendidas as metas de projeto e ajusta os parâmetros de rede, se as metas não estiverem sendo satisfeitas.

ABSTRACT

As a bigger number of companies recognize the strategical importance of their Inter-nets, they are emphasizing the proactive administration, meaning that they verify the health of the net during the normal operation, in order to recognize potential problems, to optimize the performance and to plan updates. The quality, speed, reliability and the security of the digital ways are determining factors for these connections, by which innumerable platforms establish connection in the whole world, an element of utmost importance in the technological evolution. The referred research of the management of nets aims at helping an organization to reach goals of availability, performance, quality and security in its nets. An effective processes of net management can help to measure how well the project goals are being achieved and adjusts the net parameters, if the goals are not being satisfied.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Comunicação por <i>socket</i> entre dois processos	16
Figura 2 – Funcionamento do sistema gerente/agente.....	19
Figura 3 - Atraso fim-a-fim.....	21
Figura 4 - Atraso de Ida e Volta	22
Figura 5 - Variação do Atraso (<i>Jitter</i>)	23
Figura 6 - Diagrama de Casos de Uso	28
Figura 7 - Implementação da Aplicação	31
Figura 8 - Pesquisa SQL no banco de dados.....	37
Figura 9 - Aba Envio	38
Figura 10 - Aba Dados 1/2.....	38
Figura 11 - Aba Dados 2/2.....	38
Figura 12 - Aba Resultados.....	39
Figura 13 - Aba Pesquisa	40
Figura 14 - Aba Gráficos	40
Figura 15 - Aba Relatórios.....	41
Figura 16 - Aplicação Servidor, aba Principal	42
Figura 17 - Aba Dados do cliente.....	43
Figura 18 - Perda no Envio de Pacotes.....	44
Figura 19 - Atraso de Ida com intervalo 0ms entre envio de pacotes.....	44
Figura 20 - Perda de pacotes do servidor para o cliente	45
Figura 21 - Atraso de Volta com intervalo de 0ms entre o envio dos pacotes.....	45
Figura 22 - Atraso de Ida	46
Figura 23 - Atraso de Volta.....	47
Figura 24 - Atraso de ida e volta total	47
Figura 25 - <i>Jitter</i> (Variação do atraso) de Ida.....	48
Figura 26 - <i>Jitter</i> de Volta.....	48
Figura 27 - <i>Jitter</i> de Ida e Volta	49
Figura 28 - Largura de banda do caminho de Ida.....	49
Figura 29 - Largura de banda do caminho de Volta.....	50
Figura 30 - Perda de pacotes no envio	50
Figura 31 - Perda de pacotes na volta.....	51
Figura 32 - Pacotes perdidos aleatoriamente em um intervalo de 25ms de envio para cada pacote	52
Figura 33 - Atraso de Ida	52
Figura 34 - Atraso de Volta.....	53
Figura 35 - Atraso de ida e volta	53
Figura 36 - <i>Jitter</i> (Variação do atraso) de Ida.....	54
Figura 37 - <i>Jitter</i> de Volta.....	54
Figura 38 - <i>Jitter</i> de Ida e Volta	55
Figura 39 - Largura de banda da Ida.....	55
Figura 40 - Largura de banda da volta.....	56
Figura 41 - Perda de pacotes na Ida.....	56
Figura 42 - Perda de Pacotes na Volta.....	57
Figura 43 - Atraso de Ida	58
Figura 44 - Atraso de Volta.....	58
Figura 45 - Atraso Ida e Volta.....	59

Figura 46 - <i>Jitter</i> de Ida	59
Figura 47 - <i>Jitter</i> de Volta.....	60
Figura 48 - <i>Jitter</i> (Variação de atraso) de ida e volta	60
Figura 49 - Largura de banda da Ida.....	61
Figura 50 - Largura de banda da volta.....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Qualidade de transmissão de voz.....	26
Tabela 2 - Cabeçalho	32
Tabela 3 - Estrutura da tabela de dados salva no cliente/servidor.....	33
Tabela 4 - Banco de Dados Final de Medições	34

LISTA DE ABREVIATURAS

Bps - Bytes por segundo

Kbps – Kilo bits por segundo

Mbps – Mega bits por segundo

Ms – Milissegundos

Quant. – Quantidade

LISTA DE SIGLAS

IP – *Internet Protocol*

NIST – *National Institute Standards and Technology*

NTP – *Network Time*

QoS – **Qualidade de Serviço**

TCP – *Transmission Control Protocol*

UDP – *User Datagram Protocol*

SNMP – *Simple Network Management Protocol*

OSI – *Open Systems Interconnection*

SUMÁRIO

	RESUMO.....	4
	ABSTRACT.....	5
1.	INTRODUÇÃO	12
2.	REDES DE COMPUTADORES.....	15
2.1	<i>Sockets</i>	15
2.1.1	Endereçamento de Processos.....	16
2.1.2	Protocolo UDP (User Datagram Protocol).....	17
2.3	Modelo Gerente/Agente	18
2.4	Métricas de Rede.....	20
2.4.1	Atraso	20
2.4.1.1	Atraso Fim-a-fim.....	21
2.4.1.2	Atraso de Ia e Volta.....	21
2.4.2	Variação do atraso (<i>jitter</i>).....	22
2.4.3	Perda de pacotes.....	23
2.4.4	Largura de banda.....	24
2.4.5	Vazão (throughput)	25
2.5	Qualidade de Serviço (QoS).....	25
2.5.1	Parâmetros de QoS.....	26
2.6	Sincronismo de Relógios.....	27
2.7	Geração de Tráfego	27
2.8	Ganhos Para a Empresa com Qualidade de Monitoramento de uma Rede	28
3	METODOLOGIA	29
3.1	Sincronização de Relógios.....	29
3.2	Implementação.....	30
3.2.1	Funções e procedimentos	32
3.3	Aplicação	37
3.3.1	Aplicação cliente.....	37
3.3.2	Aplicação servidor	41
3.4	Testes.....	43
3.4.1.	Teste com 1000 pacotes de 1000 bytes	43
3.4.2	Testes com 1000 pacotes de 500 bytes.....	50
3.4.3	Teste com 1000 pacotes de 250 bytes	56
4	CONCLUSÃO	62
5	REFERÊNCIAS.....	63

1. INTRODUÇÃO

Informação no mundo atual é a palavra chave que abre as portas para o conhecimento do passado, a gerência do presente e a visão de um futuro. As redes, conexões pelas quais inúmeras plataformas se interligam em todo o mundo, são as responsáveis pelo tráfego, disseminação e compartilhamento deste conhecimento, vias pelas quais a humanidade deposita uma infinidade de conhecimento. Reside neste ponto um dos alicerces que faz das redes de módulos processadores, um elemento de suma importância na evolução tecnológica. A qualidade, velocidade, confiabilidade e a segurança destes caminhos digitais são fatores determinantes para a manutenção e o funcionamento deste elemento que conduz o saber.

Caracterizar o tráfego de dados em rede tem sido de grande valia para empresas. Com a evolução tecnológica e evolução das aplicações, cada vez mais a internet é utilizada para transporte de dados com características bem distintas. Desta forma a caracterização, a medição e a modelagem do tráfego são parâmetros essenciais para o planejamento, dimensionamento e gerenciamento de uma rede.

Um bom projeto de gerenciamento de Redes, segundo Oppenheimer (OPPENHEIMER, 1997) pode ajudar uma organização a alcançar metas de disponibilidade, desempenho e segurança. Os processos de gerenciamento de rede efetivo podem ajudar toda uma organização a medir como estão sendo atendidas as metas de projeto e ajusta os parâmetros da rede, se as metas não estiverem sendo satisfeitas.

Á medida que um número maior de empresas reconhece a importância estratégica de suas inter-redes, elas estão dando mais ênfase na administração proativa, verificando a saúde da rede durante a operação normal, a fim de reconhecer problemas potenciais, otimizar o desempenho e planejar atualizações.

Para uma empresa poder manter a qualidade dos serviços disponíveis na rede, e inclusive para segurança, é indispensável um gerenciamento de performance das redes de computadores. Isto envolve a qualidade dos serviços de transporte exigidos pelas aplicações, todos os requisitos necessários do sistema em questão e os índices de medições.

As redes são responsáveis pelo funcionamento das empresas modernas, são as artérias por onde trafegam os fluxos de dados das corporações. Métricas de performance, hoje em dia, são de extrema importância para o gerenciamento da rede de uma empresa.

O gerenciamento adequado e o monitoramento eficiente da rede podem evitar a perda de dinheiro, garantir uma maior eficiência para a empresa, respostas rápidas as mudanças do

ambiente onde a empresa está inserida e mesmo manter as funções operacionais em funcionamento de maneira eficaz. Um grande congestionamento, uma queda de um servidor, a indisponibilidade de um serviço para o cliente, perda de dados vitais para a companhia podem ser evitados com um aplicativo como o proposto neste trabalho.

O gerenciamento de redes complexas é um desafio que a maioria das organizações enfrenta. Um bom gerenciamento disponibiliza serviços de alta qualidade, alta disponibilidade, e controla os custos de propriedade (*staffing*, facilidades, e melhoramentos), além de evitar desperdícios, economizar recursos e otimizar os mesmos.

Dentre as várias maneiras de se realizar o monitoramento do desempenho de uma rede, os dois modos mais comuns são os ativos e os passivos. Ambos os métodos possuem seu valor e devem ser vistos não como tecnologias concorrentes, mas complementares, já que os dois modos de medida de desempenho podem ser usados em conjunto e tem sido motivo de divulgações científicas pelo mundo.

As métricas de rede são medidas de desempenho que descrevem as características do estado de uma rede.

Neste trabalho será usada a medição ativa, a qual consiste na capacidade de injetar pacotes de controle na rede e enviar pacotes a servidores e aplicações, seguindo os pacotes injetados de modo controlado, e a partir disso medir o serviço obtido na rede. As soluções ativas de medida de desempenho provêm controle explícito na geração de pacotes para medida de quadros da rede. Esse controle inclui a natureza do tráfego gerado, técnicas de amostragem, temporização, frequência, agendamento, tamanho e tipo dos pacotes, qualidade estatística, caminho e funções escolhidas para monitoramento, disponibilidade, taxa de erro e precisão, taxa de colisões, tempo de resposta (latência), *jitter* (variação da latência) e *throughput* (fluxo da quantidade total de trabalho em um determinado tempo). O estado de ser ativo implica testar o que se deseja quando é preciso. Os principais parâmetros de desempenho de uma rede são definidos para que se possa diagnosticar eventuais deficiências de produtividade.

Para um sistema de gerenciamento de redes é necessário um protocolo de comunicação entre as entidades que participam do sistema. Muito tem sido visto sobre o protocolo TCP (*Transmission Control Protocol*), e podemos encontrar várias ferramentas para gerenciamento de redes em TCP, porém aplicações de tempo real como videoconferência e aplicações de voz utilizam UDP (*User Datagram Protocol*), pois o UDP é mais rápido por não ser orientado a conexão, onde ele simplesmente envia os pacotes sem saber se os mesmos

chegaram ou não ao destino, enquanto o TCP aguarda aviso de recebimento do pacote para que um novo pacote seja enviado.

O objetivo principal deste trabalho é desenvolver um sistema para gerenciamento de redes na área funcional de desempenho, utilizando técnicas de medições ativas, com um conjunto de métricas definidas para serem monitoradas, reportando as condições de uma rede para se ter uma maior confiabilidade, velocidade, disponibilidade e contenção de despesas.

Empresas que praticam a administração proativa coletam estatísticas e conduzem testes, como medidas do tempo de resposta, como rotina. As estatísticas e os resultados de testes podem ser usados para comunicar tendências e a saúde da rede à gerência e aos usuários. Os gerentes de rede podem escrever mensalmente e documentar em relatórios trimestrais a qualidade do serviço de rede que foi entregue no último período de medição, medida em relação às metas de serviço. Metas de serviço são definidas pelo projeto de rede: disponibilidade, tempo de resposta, vazão, facilidade de uso, entre outros (OPPENHEIMER, 1997).

Através de pesquisas realizadas neste cenário, foi observado que empresas têm efetuado um ganho econômico muito grande com a utilização de ferramentas de gerenciamento de tráfego da rede. Além da economia gerada com a aquisição de software para analisar o tráfego, há também a economia despendida em não necessitar contratar especialistas para monitorar o tráfego e esta economia se observa também pela opção da administração proativa, o que gera uma maior lucratividade para a empresa por combater links superdimensionados, que antes não era possível sua identificação, e com a alta disponibilidade da rede para seus usuários.

2. REDES DE COMPUTADORES

As redes de computadores consistem em dois ou mais computadores conectados entre si e compartilhando dados, recursos e comunicação. Existe uma infinidade de recursos que podem ser interligados e compartilhados, mediante meios de acesso, um arranjo topológico, protocolos e requisitos de segurança. Uma rede de computadores precisa ser avaliada de modo a viabilizar investimentos e aplicações (KOPETZ, 1997).

2.1 Sockets

Socket é a interface entre a camada de aplicação e a camada de transporte dentro de uma máquina. É também denominado Interface de Programação da Aplicação (API) entre a aplicação e a rede, visto que o *socket* é a interface de programação pela qual as aplicações de rede são inseridas na internet (KUROSE, 2006).

As aplicações consistem em pares de processos comunicantes, sendo que os dois processos de cada par enviam mensagens um para o outro. Qualquer mensagem enviada de um processo para outro tem de passar pela rede subjacente. Um processo envia mensagens para a rede e recebe mensagens dela através de seu *socket* (KUROSE, 2006).

Um processo é análogo a uma casa e seu *socket*, que é a porta da casa. Quando um processo quer enviar uma mensagem a outro processo hospedeiro, ele empurra a mensagem porta (*socket*) afora para dentro da rede. Esse processo emissor admite que exista uma infraestrutura de transporte do outro lado de sua porta que transportará a mensagem pela rede até a porta do processo destinatário. Ao chegar ao hospedeiro destinatário, a mensagem passa através da porta (*socket*) do processo receptor, que então executa alguma ação sobre a mensagem (KUROSE, 2006).

A figura 1 ilustra a comunicação por *socket* entre dois processos que se comunicam pela internet. O processo é controlado pelo desenvolvedor da aplicação e o TCP, UDP pelo sistema operacional.

O desenvolvedor da aplicação controla tudo o que existe no lado da camada de aplicação do *socket*, mas tem pouco controle do lado da camada de transporte do *socket*. Os únicos controles que o desenvolvedor da aplicação tem do lado da camada de transporte são:

- a escolha do protocolo de transporte

- a capacidade de determinar alguns parâmetros da camada de transporte, tais como tamanho máximo de *buffer* e de segmentos.

Uma vez escolhido o protocolo de transporte, o desenvolvedor constrói a aplicação usando os serviços da camada de transporte oferecidos por este protocolo.

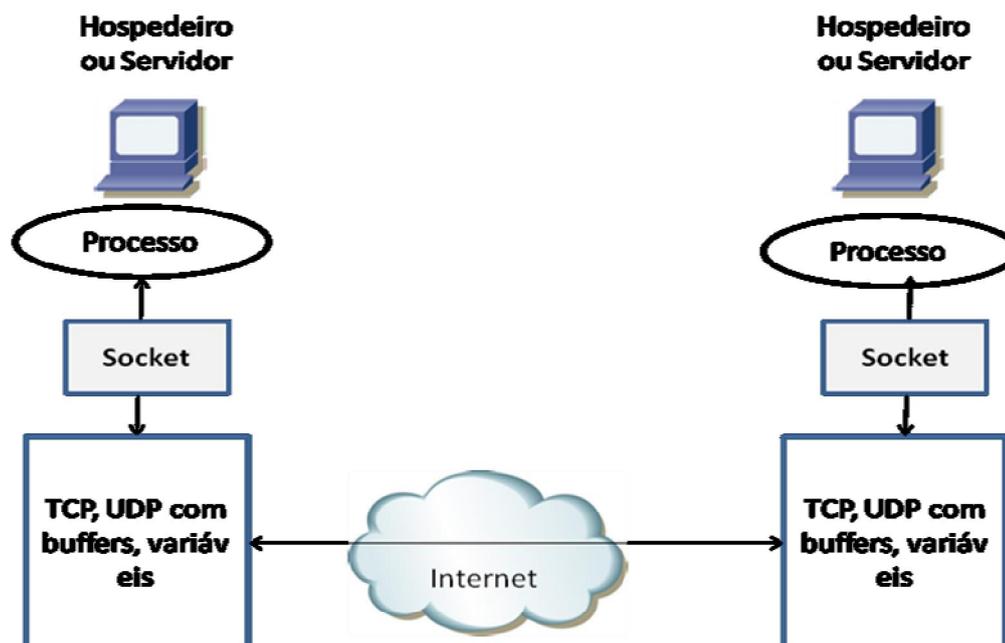


Figura 1 - Comunicação por *socket* entre dois processos

Fonte: Kurose, James. Ross, Keith. Redes de Computadores e a Internet. (3ed).

Pearson Addison Wesley, 2006.

2.1.1 Endereçamento de Processos

Todos os processos, para envio de mensagens entre hospedeiros, necessitam de um identificador para que seja identificado o processo destinatário (KUROSE, 2006.). Duas informações são necessárias:

- Endereço IP da máquina hospedeira.
- Identificador que especifique o processo destinatário no hospedeiro de destino.

2.1.2 Protocolo UDP (*User Datagram Protocol*)

O UDP é um protocolo da camada de transporte, que permite a comunicação entre as aplicações. É um protocolo simplificado, leve. Caracteriza-se por ser mais simples que o protocolo TCP, o qual é orientado a conexão e se preocupa com a chegada correta dos dados no destino (TANENBAUM, 2003). Por ser um protocolo mais simples, ele também é menor, dando um maior ganho de velocidade na transmissão e recepção de dados. Possui algumas características peculiares que o diferenciam do protocolo TCP, como podemos citar:

- não é orientado a conexão, ou seja, não é necessário o estabelecimento de conexão antes de enviar um pacote UDP ;

- não é confiável, pois o pacote UDP é enviado para o destinatário sem nenhuma garantia de que o mesmo irá receber o pacote, não havendo nenhuma confirmação de entrega;

- por não haver controle dos pacotes enviados, os mesmos podem ser entregues fora de ordem;

- não há garantia de entrega dos pacotes, pois ele envia e não aguarda resposta de recebimento;

- não inclui um mecanismo de controle de congestionamento, portanto um processo originador pode enviar rajadas de dados para dentro de um *socket* UDP à taxa de transmissão que escolher, porém não haverá a garantia de recebimento destes pacotes de dados (KUROSE, 2006).

Aplicações em tempo real usualmente podem tolerar certa perda de dados, e desenvolvedores desse tipo de aplicações frequentemente preferem executá-las por UDP, evitando assim o controle de congestionamento (KUROSE, 2006).

Quando um processo quer enviar um conjunto de bytes a outro, o processo remetente deve anexar o endereço do processo destinatário ao conjunto de bytes. Isso precisa ser feito para cada conjunto de bytes que o processo remetente enviar.

O UDP é um protocolo utilizado principalmente para transmissão de voz e videoconferência, pois ele envia o pacote somente uma vez e de forma mais rápida, caso haja perda do pacote aquele será descartado. Se fosse usado o protocolo TCP, a velocidade de transmissão seria menor e o TCP ficaria aguardando retorno de recebimento; enquanto não houvesse retorno ele continuaria tentando enviar até que o pacote fosse recebido, tornando a transmissão de voz e vídeo conferência prejudicada.

Com uma visão de futuro, de acordo com as tendências e com os avanços tecnológicos, pode-se dizer que o protocolo UDP está em crescente uso, pois as aplicações emergentes que necessitam requisitos de tempo real alteram consideravelmente a natureza *scaling* do tráfego IP, onde o que importa é a velocidade de transmissão e não a verificação de perda de pacotes ou garantia de entrega, sendo este o motivo que o torna peça chave para o bom funcionamento destas ferramentas.

2.2 Modelo Gerente/Agente

Para um sistema de gerenciamento de redes é necessário um protocolo de comunicação entre as entidades que participam do sistema, onde podemos utilizar o modelo gerente/agente. Destaca-se neste sistema o gerenciamento via internet por seus benefícios, que pela independência da localização, podendo estar em qualquer lugar do mundo, é possível gerenciar a rede fornecendo deste modo uma maior e incomparável facilidade e flexibilidade de visualização de dados gerenciados.

A função do processo gerente é a de coordenar as atividades a serem realizadas através do envio de pacotes de sondagem (*probes*) aos processos agentes e analisar os dados resultantes das aferições de métricas da rede que está sendo avaliada. Normalmente os gerentes são componentes de software que oferecem interfaces gráficas para visualização dos dados coletados (CITeseer.IST, acesso em 30 ago. 2006).

Os agentes são projetados para se integrar com dispositivos, computadores e aplicações da rede, onde respondem as rajadas de pacotes de sondagem enviados pelo gerente. O agente é adicionado a cada estação a ser gerenciada, a qual estará sendo controlada.

O gerenciamento de uma rede UDP/IP é baseado na estrutura agente-gerente, onde o gerente faz as requisições das operações a serem executadas sobre os recursos gerenciados. Estas requisições são enviadas ao agente, que executa as operações sobre os objetos gerenciados (abstrações dos recursos gerenciados para o agente). Através de uma interface, estas operações realizadas nos objetos gerenciados se refletem nos recursos gerenciados, e uma resposta é enviada de volta ao gerente, completando a operação de gerenciamento. Conforme figura 2.

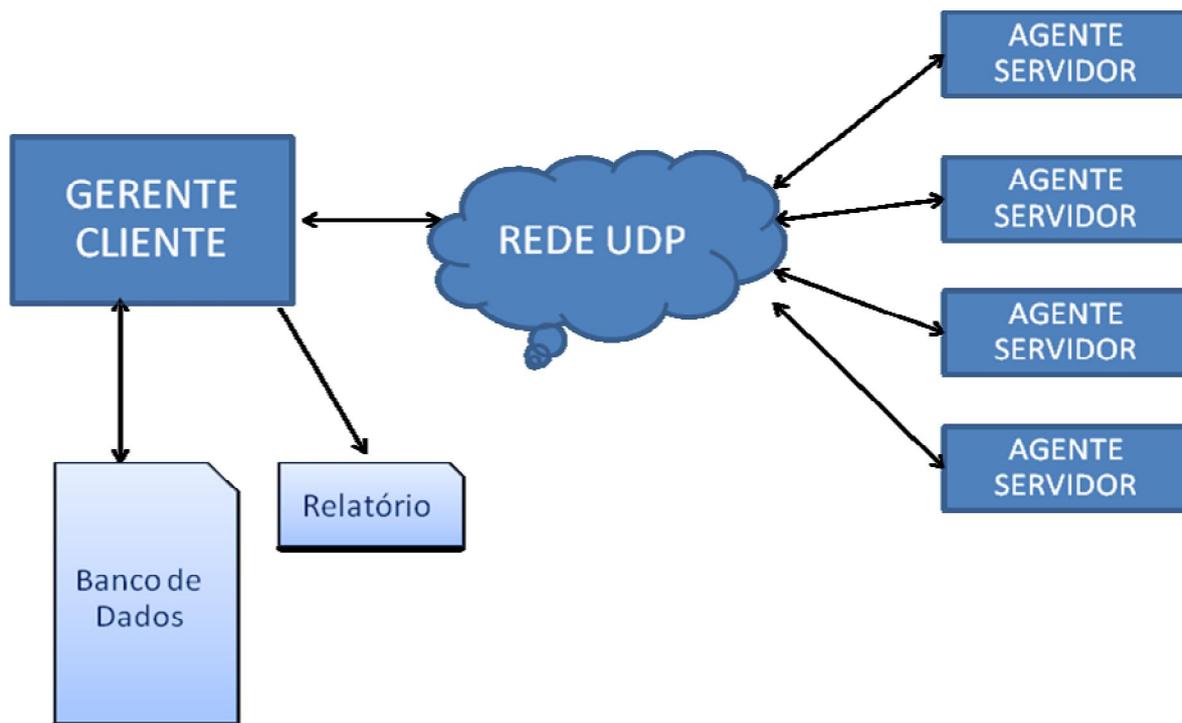


Figura 2 – Funcionamento do sistema gerente/agente

A função do processo gerente é a de coordenar as atividades a serem realizadas através do envio de pacotes de sondagem (*probes*) aos processos agentes e analisar os dados resultantes das aferições de métricas da rede que estão sendo avaliadas. Normalmente os gerentes são componentes de software que oferecem interfaces gráficas para visualização dos dados coletados (CITeseer.IST, acesso em 30 ago. 2006).

Os agentes são projetados para se integrar com dispositivos, computadores e aplicações da rede, onde respondem as rajadas de pacotes de sondagem enviados pelo gerente. O agente é adicionado a cada estação a ser gerenciada, a qual estará sendo controlada.

A partir dos dados coletados pelo software, o mesmo poderá gerar relatórios de análise do desempenho da rede. Essa funcionalidade trará um ganho efetivo para a empresa, pois a partir dos dados coletados a empresa poderá:

- a) determinar as características peculiares da rede;
- b) diminuir o tempo gasto com operacionalidade da rede, possibilitando um maior foco diretamente na análise da rede pelo analisador;
- c) visualizar gráficos da rede em relação a atraso, perda, conectividade, *jitter*, vazão e largura de banda;

d) evitar a perda de dinheiro e ter uma maior lucratividade a partir do monitoramento eficiente da rede obtendo respostas rápidas as mudanças do ambiente onde a empresa está inserida e mesmo manter as funções operacionais em funcionamento de maneira eficaz. Um grande congestionamento, uma queda de um servidor, a indisponibilidade de um serviço para o cliente, perda de dados vitais para a companhia podem ser evitados.

2.3 Métricas de Rede

As métricas de rede são medidas de desempenho que descrevem as características do estado de uma rede e podem ser obtidas através de técnicas de medição ativa ou passiva.

O objetivo é descrever a definição das métricas estudadas durante o trabalho. As medidas de desempenho descrevem as características do estado da rede durante os experimentos.

A medição ativa consiste na injeção de pacotes de controle na rede enquanto a técnica de medição passiva, apenas observa os pacotes que trafegam pela rede. A seguir serão descritas as medidas de desempenho estimadas a partir das técnicas ativas. No entanto, algumas dessas métricas podem também ser estimadas na forma passiva de medição, mas, por não fazer parte do escopo deste trabalho, essas técnicas não serão aprofundadas.

2.3.1 Atraso

Esta métrica estima o tempo que leva para um pacote sair de sua origem e chegar ao seu destino. No entanto, diversos problemas devem ser considerados para se estimar esse parâmetro, como falta de sincronia e diferentes taxas de crescimento dos relógios do transmissor e receptor. A seguir, serão definidas algumas métricas que avaliam o retardo sofrido por pacotes na rede (DEMICHELIS, CHIMENTO, 2002).

2.3.1.1 Atraso fim-a-fim

É o tempo que um pacote leva do emissor ao receptor. Esta métrica possui vários problemas para ser estimada devido às diferenças dos relógios do transmissor e receptor. O problema pode ser solucionado se forem usados equipamentos de sincronização dos relógios. Porém, esses equipamentos nem sempre estão disponíveis.

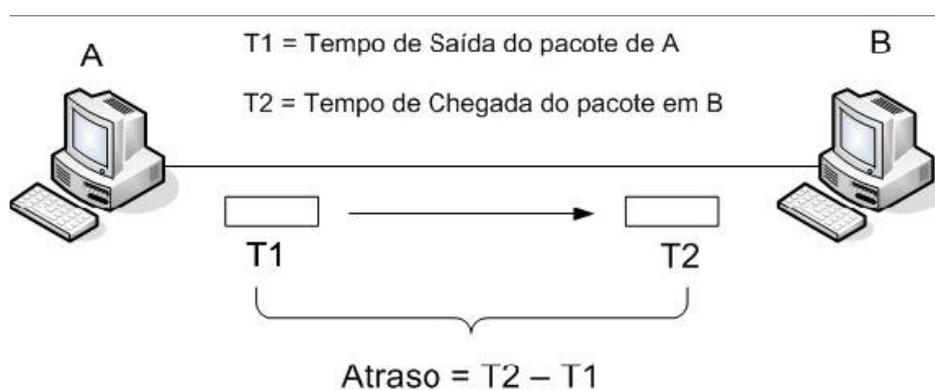


Figura 3 - Atraso fim-a-fim

2.3.1.2 Atraso de Ida e Volta

É o tempo que um pacote leva para ser enviado a um receptor e devolvido ao emissor (*Round Trip Time*). Neste caso, sem o problema de sincronia dos relógios, o parâmetro fica muito mais simples de ser obtido. Algumas considerações devem ser feitas, por exemplo, a precisão mínima de leitura do relógio no sistema operacional. O atraso sofrido pelos pacotes na ida pode ser completamente distinto do retardo durante o retorno, e a existência desta diferença não pode ser estimada através dessa medida. Ferramentas, como PING, estão disponíveis para estimar esta métrica.

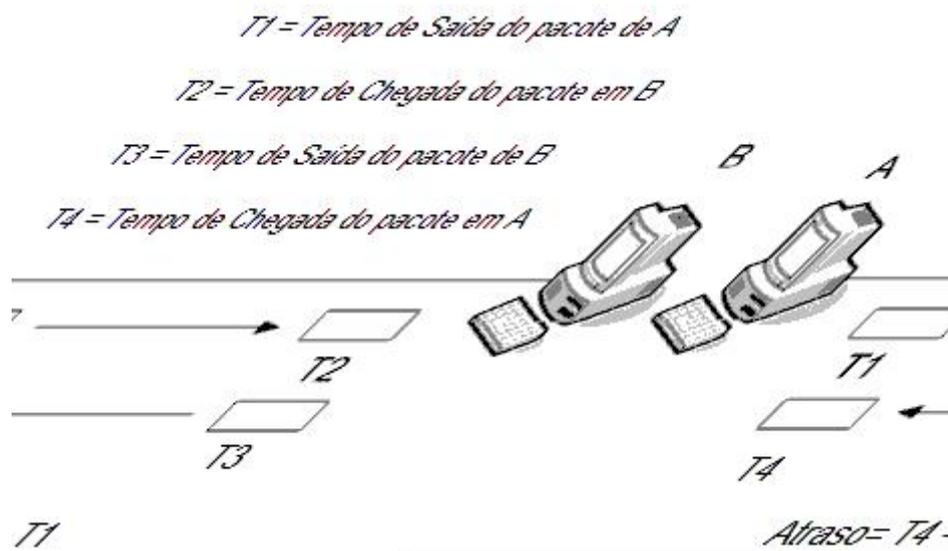


Figura 4 - Atraso de Ida e Volta

2.3.2 Variação do atraso (*Jitter*)

O *Jitter* é o intervalo entre a chegada de dois pacotes consecutivos em relação ao intervalo de sua transmissão. Diferente do Atraso fim-a-fim, se os instantes de envio forem conhecidos ou o intervalo entre eles for constante, essa métrica não possui problemas para ser estimada entre máquinas com relógios não sincronizados. A variação do atraso ou *Jitter* (*Instantaneous Packet Delay Variation*) é formalmente definida pelo grupo de trabalho do IPPM (*Internet Protocol Performance Metrics*) através do Draft “*Instantaneous Packet Delay Variation Metric for IPPM*” (DEMICHELIS, CHIMENTO, 2002). Ele é baseado na medição do atraso fim-a-fim e é definido para pares consecutivos de pacotes. A medição de um único *Jitter* requer dois pacotes. Supondo que X_i seja o atraso do i -ésimo pacote, então o *Jitter* do par de pacotes é definido com $X_i - X_{(i-1)}$. A figura 5 dá uma noção visual desse conceito. O *jitter* é percebido, por exemplo, quando fluxos de voz ou vídeo são transmitidos em uma rede e os pacotes não chegam ao seu destino dentro da ordem sucessiva ou em uma determinada cadência, ou seja, eles variam em termos de tempo de atraso (DEMICHELIS, CHIMENTO, 2002). Esta distorção é particularmente prejudicial ao tráfego multimídia, fazendo com que o sinal de áudio ou vídeo tenha uma qualidade distorcida ou fragmentada na recepção.

O atraso é calculado em pacotes consecutivos, onde o T_2 [Tempo de chegada no servidor] subtraindo-se o T_1 [Tempo de saída do cliente] recebe um valor, podendo este ser positivo ou negativo e não tendo influência a sincronização de relógios. A partir destes dados

somados por pares, é feito uma média de valores de todos os pacotes e calculado o atraso mínimo, máximo e a média.

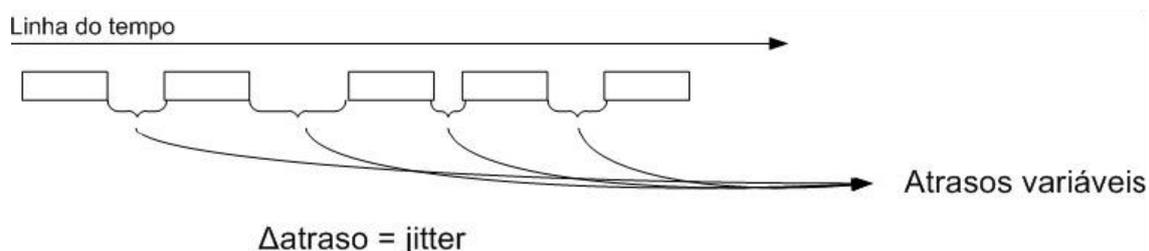


Figura 5 - Variação do Atraso (*Jitter*)

2.3.3 Perda de pacotes

A sensibilidade das aplicações em relação ao número de pacotes perdidos motiva o estudo dessas métricas (DEMICHELIS, CHIMENTO, 2002). Obviamente, todas as aplicações são sensíveis à perda de pacotes. Estes são recuperados via retransmissão. Entretanto, aplicações como as de transmissão de vídeo e voz em tempo real não permitem que haja retransmissão, tornando essas aplicações particularmente sensíveis a perdas. Portanto, é importante conhecer as características de perda e estudar o desempenho dos algoritmos de recuperação de pacotes. Dependendo do processo de perda presente na rede, mecanismos como a redução na qualidade do vídeo ou algoritmos de recuperação de perdas podem ser aplicados para melhorar a qualidade do serviço. A escolha dos mecanismos de recuperação depende do processo de perda na rede. Este processo pode ser estimado com base no número total de pacotes perdidos dividido pelo total de pacotes enviados. Esta métrica pode ser estimada a partir de várias ferramentas de medição intrusiva. Porém, não só a média, mas também outros detalhes sobre o processo de perda devem ser levados em consideração, como o impacto nas aplicações quando perdas ocorrem em rajadas, quando ocorrem distribuídas ao longo da coleta e a distribuição do número de pacotes entregues corretamente em seqüência ao destino, entre duas rajadas de perda são também importantes.

O percentual de perdas de pacotes é um indicador de que problemas estejam ocorrendo na rede. Além disso, é um dos principais parâmetros de Qualidade do Serviço (QoS) das aplicações de áudio e vídeo, que podem ter quedas sensíveis na qualidade de recepção (RNP, acesso em 10 set. 2006).

$$\text{Taxa de Perdas} = \frac{\text{Número de pacotes perdidos}}{\text{Número total de pacotes recebidos}} \times 100$$

2.4.4 Largura de banda

Largura de banda é uma medida de capacidade de transmissão de dados, normalmente expressa em kilobits por segundo (kbps) ou Megabits por segundo (Mbps). A largura de banda indica a capacidade máxima de transmissão de um conjunto de bits de uma conexão. Entretanto, na medida em que a taxa de transmissão utilizada se aproxima da largura de banda máxima, fatores negativos como atraso na transmissão das informações podem causar deterioração na qualidade. A largura de banda de uma rede pode ser vista como um tubo que transfere dados. Quanto maior o diâmetro do tubo, mais dados podem ser enviados através dele simultaneamente. É um requisito básico e necessário para a operação adequada de qualquer aplicação, existindo assim a maior parte de ferramentas de medição direcionada para este propósito. Ainda assim, percebe-se uma carência de ferramentas que mostre a largura de banda utilizada no fluxo de tráfego (BROWNLEE, MURRAY, acesso em: 18 out. 2006).

A largura de banda é calculada a partir do tempo de chegada no servidor [T2] para a largura da banda de envio e a partir do tempo de chegada no cliente [T4] para a largura de banda do caminho de volta. Para isto é feito o seguinte cálculo:

T2= Tempo de chegada no servidor

T4= Tempo de chegada no cliente

N é o número do pacote, sendo considerado N1 o primeiro pacote, N2 o segundo pacote e assim sucessivamente.

Intervalo entre pares N1 e N2= T2(N2) – T2(N1) – intervalo selecionado pelo cliente

Intervalo entre pares N2 e N3= T2(N2) – T2(N3)

E assim sucessivamente com todos os pacotes.

Para esta métrica também é necessário saber o tamanho do pacote, o qual será chamado de TP. Para se obter a largura de banda (LB) pela qual cada pacote passou temos a fórmula:

LB entre pares N1 e N2 = TP/T2(N1)- T2(N2)

Esta fórmula será implementada em cada um dos pares de pacotes, e após o cálculo pode-se ter a média da largura de banda que será a soma de todos os intervalos, excluindo

deste cálculo dez por cento dos resultados com valores mais baixos e dez por cento dos resultados com valores maiores dividido pela quantidade de pacotes restantes. Este percentual descontado faz com que a média se torne mais precisa, pois pacotes podem ter ficado em uma fila no envio tornando assim a média não realista.

2.3.5 Vazão (*throughput*)

A vazão é o montante de tráfego de dados movidos de um nó da rede para outro em um determinado período de tempo. A vazão também é expressa em kbps ou Mbps.

2.4 Qualidade de Serviço (QoS)

A Qualidade de Serviço (QoS – *Quality of Service*) é um dos requisitos básicos nas redes de computadores de alta velocidade, principalmente quando envolve diversas formas de tráfego como dados, voz e vídeo (redes convergentes). De fato, para uma rede transmitir tais serviços com características tão diferentes, não basta somente à alta velocidade, mas também o controle de determinadas peculiaridades do tráfego, principalmente o retardo, a variação do retardo e perdas de pacotes. Alguns itens justificam a necessidade de se conhecer o desempenho de uma rede. Os dados do desempenho também são úteis quando deseja-se contabilizar ou auditar o uso dos recursos, avaliar os recursos disponíveis, verificar se há máquinas sobrecarregadas, otimização de processos, fornecimento de qualidade de serviços, detecção de situações anormais na rede, resolução de problemas operacionais, entre outros (Cisco Press, 2001).

Aplicações avançadas de tempo real tais como vídeo conferência, ou mais sofisticadas como as de tele presença ou realidade virtual distribuída requerem baixos retardos e *jitter* (variação deste mesmo retardo) enquanto toleram certo nível de perda de informação. Por outro lado, aplicações de transferência de dados requerem um baixo nível de perda enquanto toleram um maior retardo.

A qualidade de serviço tem a intenção de garantir, bem como diferenciar, baseado em políticas para controlar o desempenho da rede IP, tais como alocação de recursos, descarte de pacotes, enfileiramento etc (Cisco Press, 2001).

2.4.1 Parâmetros de QoS

Para aferir a qualidade dos serviços, é necessário definir o tipo de dados que se quer transmitir, sejam eles transmissão de voz, arquivos de dados ou vídeo e os correspondentes valores limites dos parâmetros de desempenho da rede.

Para arquivos de dados, por exemplo, não pode-se admitir perda de pacotes, e pode-se admitir um atraso no recebimento do mesmo, enquanto que para transmissão de voz, o importante é a velocidade que os dados chegam e não se houve alguma perda de pacotes pelo caminho.

Baseado nestes dados pode-se constatar que um bom parâmetro para um tipo de transmissão não será o parâmetro ideal para outro tipo de dados.

Neste exemplo mostrado na Tabela 1, as seguintes métricas são consideradas para medir a qualidade de transmissão de voz. Para este cálculo usa-se o Atraso de Ida, a Variação do Atraso e a Taxa de Perda de Pacotes.

Padrão de Qualidade	Atraso de Ida	% de Pacotes Perdidos	Variação do Atraso (<i>Jitter</i>)
Altíssimo	<150ms	0	0ms
Alto	<250ms	3	75ms
Médio	<350ms	15	125ms
Baixo	<450ms	25	225ms

Tabela 1 - Qualidade de transmissão de voz

Constata-se que para um bom desempenho em transmissão de voz admite-se percentual de perda de pacotes, continuando com alto padrão de qualidade, enquanto que este mesmo padrão de qualidade não seria o ideal para transmissão de arquivos de dados, pois não admite perda.

Note-se que para o desempenho de uma rede e a análise de seus dados, o ideal é que ocorram aferições de tempo em tempo pré-definido dependendo da granularidade desejada, podendo ser em intervalos de minutos, horas ou dias. Isto permitirá avaliar a situação da rede em vários períodos, poderá observar-se o histórico da rede e ter um gerenciamento pró-ativo evitando congestionamentos futuros.

2.5 Sincronismo de Relógios

O sincronismo entre as estações gerente e agente é uma questão que afeta diretamente as medições.

Para o cálculo das métricas em diferentes computadores de forma precisa, os relógios dos dois computadores precisam usar um parâmetro comum. Na melhor hipótese, seus relógios devem ser definidos por um parâmetro nacional preciso.

Para isso, é fundamental utilizar um software apropriado, como o Nistime (NIST Internet Time Service), que permite ao usuário sincronizar relógios via internet. O serviço responde a qualquer cliente da internet, em diversos formatos, incluindo DAYTIME, TIME e protocolos *Network Time Protocol (NTP)*.

O NTP é o protocolo mais utilizado, e o que proporciona melhor desempenho. Os servidores NIST recebem um pedido NTP e respondem enviando um pacote de dados UDP/IP.

Para o sincronismo de relógios manter-se com uma maior precisão é necessário que os mesmos sejam reajustados periodicamente.

2.6 Geração de Tráfego

A escolha do método de geração do tráfego para uma medição ativa consiste em decidir que formato de geração de pacotes será usado durante a medição (IETF, acesso em 28 out. 2006). Pode-se optar por um método onde os pacotes são enviados em uma única direção, ou replicados pelos receptores, ou ainda gerados nas duas direções simultaneamente.

A geração de pacotes será feita a partir do método “Ida e volta”, que consiste na geração de pacotes no cliente/gerente na direção do servidor/agente. A partir daí eles são replicados e reenviados à origem. Desta forma, consegue-se estimar as características dos caminhos de ida e volta dos pacotes de dados de uma rajada.

A partir de um modelo gerente/agente, de acordo com o diagrama de casos de uso ilustrado na figura 6 a seguir, o usuário poderá executar as seguintes funções:

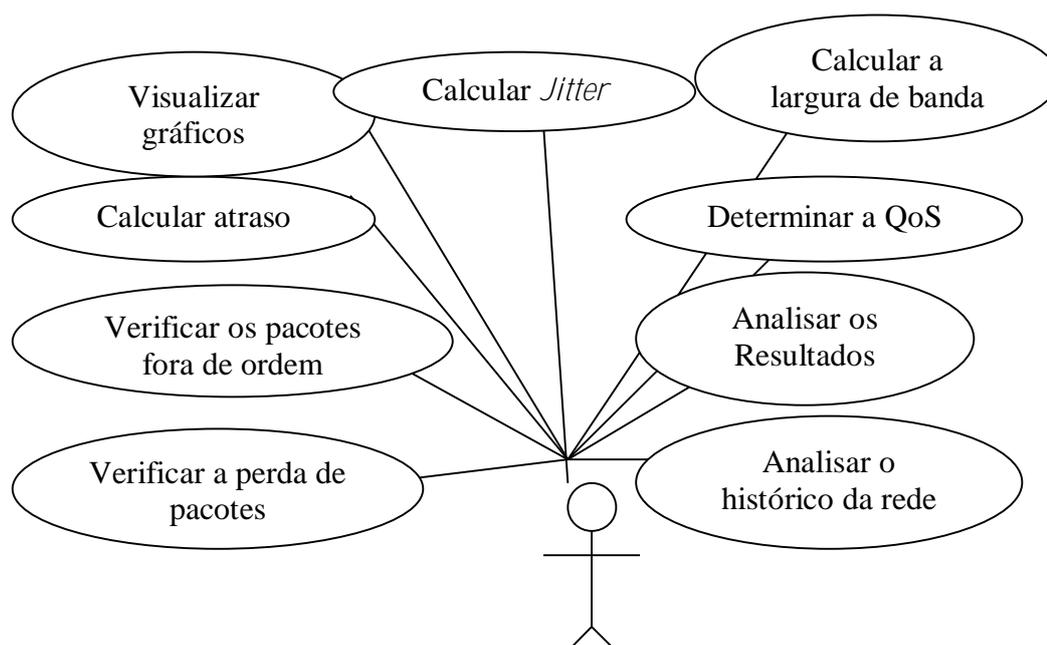


Figura 6 - Diagrama de Casos de Uso

2.7 Ganhos Para a Empresa com Qualidade de Monitoramento de uma Rede

A partir dos dados coletados pelo software, o mesmo poderá gerar relatórios de análise do desempenho da rede. Essa funcionalidade trará um ganho efetivo para a empresa, pois a partir dos dados coletados a empresa poderá:

- a) determinar as características peculiares da rede;
- b) diminuir o tempo gasto com operacionalidade da rede, possibilitando um maior foco diretamente na análise da rede pelo analisador;
- c) visualizar gráficos da rede em relação a atraso, perda, conectividade, *jitter*, vazão e largura de banda;
- d) evitar a perda de dinheiro e ter uma maior lucratividade a partir do monitoramento eficiente da rede obtendo respostas rápidas as mudanças do ambiente onde a empresa está inserida e mesmo manter as funções operacionais em funcionamento de maneira eficaz. Um grande congestionamento, uma queda de um servidor, a indisponibilidade de um serviço para o cliente, perda de dados vitais para a companhia podem ser evitados.

3 METODOLOGIA

Analisando a gerência de redes como um todo tem-se um problema complexo. No entanto, utilizando o modelo funcional proposto pela OSI (*Open Systems Interconnection*), pode-se subdividi-la em cinco áreas funcionais: gerência de falhas, gerência de desempenho, gerência de configuração, gerência de contabilização e gerência de segurança.

Este trabalho tem o objetivo de gerenciar o desempenho, onde deve assegurar que a rede tenha capacidade para suportar e acomodar certa quantidade de usuários. Mede o desempenho através de registros de taxas de medidas. Entre estas taxas estão a vazão, taxa de erros, taxa de utilização e tempo de resposta. É extremamente necessária para otimizar a Qualidade do Serviço.

Pode-se ter dois tipos de comportamento de gerenciamento de redes: reativo ou pró-ativo. Neste trabalho usa-se o pró-ativo, no qual são realizadas ações preventivas em relação a desempenho impedindo que a rede alcance um estado crítico.

O monitoramento da qualidade dos serviços de uma rede contribui decisivamente para o desempenho contínuo da rede, ajudando assim a manter o desempenho em um nível satisfatório e pelo maior tempo possível. No sistema desenvolvido neste trabalho tem-se o gerenciamento pró-ativo, onde gerenciar consiste em monitorar o fluxo de dados na rede e tomar medidas corretivas antes que a rede se torne sobrecarregada.

Neste modelo tem-se o gerente e vários agentes, onde através do protocolo UDP é feita a transmissão de pacotes de dados entre o gerente e o agente escolhido. Os dados coletados referentes as métricas de desempenho do fluxo dos dados são armazenados em um banco de dados, que a partir do mesmo gera-se a série histórica de monitoramento de uma máquina específica. Através deste histórico torna-se possível avaliar pró-ativamente uma futura sobrecarga de serviços desempenhados por uma das máquinas e tomar decisões acerca de evitar sobrecarga.

3.1 Sincronização de Relógios

Para que o sistema funcione corretamente é necessária a sincronização de relógios entre o servidor e o cliente. Neste sistema utilizamos a sincronização de relógios do *National*

Institute of Standards and Technology, onde os relógios são sincronizados pelo *NIST Internet Time Service* [IT].

A sincronização não foi feita no próprio sistema, pois, de acordo com as fórmulas encontradas, poderiam haver cálculos errôneos quando a transmissão do servidor referente à transmissão do cliente levassem tempos divergentes de atraso.

3.2 Implementação

A implementação do sistema foi feita em Delphi 6, em ambiente Windows, onde foram geradas as aplicações cliente e servidor, onde o cliente é o responsável pela geração do tráfego de dados, enquanto a aplicação servidor tem a função de receber rajadas de pacotes de dados e devolvê-las a aplicação cliente após um intervalo de tempo definido pelo usuário.

Todos os cálculos são executados na aplicação cliente.

Na implementação da aplicação encontra-se o gerente e o agente, onde o funcionamento segue da seguinte forma:

1. Gerente envia a quantidade de pacotes selecionada pelo operador, de tamanho e intervalo entre o envio de cada pacote definidos pelo mesmo, para o agente através de seu IP por uma porta previamente definida, a qual não poderá ser a mesma porta de retorno dos dados;
2. Agente recebe os dados através do protocolo UDP, sendo que poderá haver perda de pacotes. Para que o agente comece a enviar a mesma quantidade de pacotes com as características pré-definidas, foi criado um cabeçalho que é enviado junto a cada pacote informando ao agente quais são as especificações de envio. Como o protocolo de transmissão é o UDP, poderá haver perda de pacotes, então o processo agente possui um *timeout* para parar de receber e começar a enviar os pacotes para o processo gerente no caminho de volta por outra porta previamente definida. Foram utilizadas as portas 6000 para envio gerente/agente e 6001 para envio agente/gerente. A segurança nas portas utilizadas no sistema não foi considerada.
3. O processo gerente também possui um *timeout* para parar de receber os pacotes e salvar as informações em um banco de dados. Após este tempo de espera, que tem seu funcionamento de forma que a cada pacote recebido ele começa a marcar o

tempo de espera novamente, ele armazena os dados de tempo de envio e recebimento no agente, os quais foram passados através no cabeçalho de cada pacote, os tempos de envio do agente no caminho de volta e o tempo de recebimento no gerente. Como poderá haver perda de pacotes, após todos os envios, todos os dados salvos no processo agente são repassados para o gerente de uma só vez através do protocolo IP para que os cálculos das métricas não tornem-se distorcidos;

4. O processo gerente salva os dados em um banco de dados; As consultas efetuadas no processo gerente buscarão as informações salvas nos bancos de dados;
5. As métricas são calculadas e os resultados da medição são armazenados em outro banco de dados, o qual permanecerá no histórico das medições;
6. Quando os cálculos são finalizados o sistema automaticamente gera os relatórios da medição na interface do gerente, mostrando de todas as métricas seus valores mínimos, médio e máximo, além da geração de gráficos da medição atual;
7. A consulta de histórico pode ser feita por máquina e data ou somente por data, o que gera um histórico geral da rede, onde as informações são buscadas do banco de dados que armazenou os resultados de cada medição.

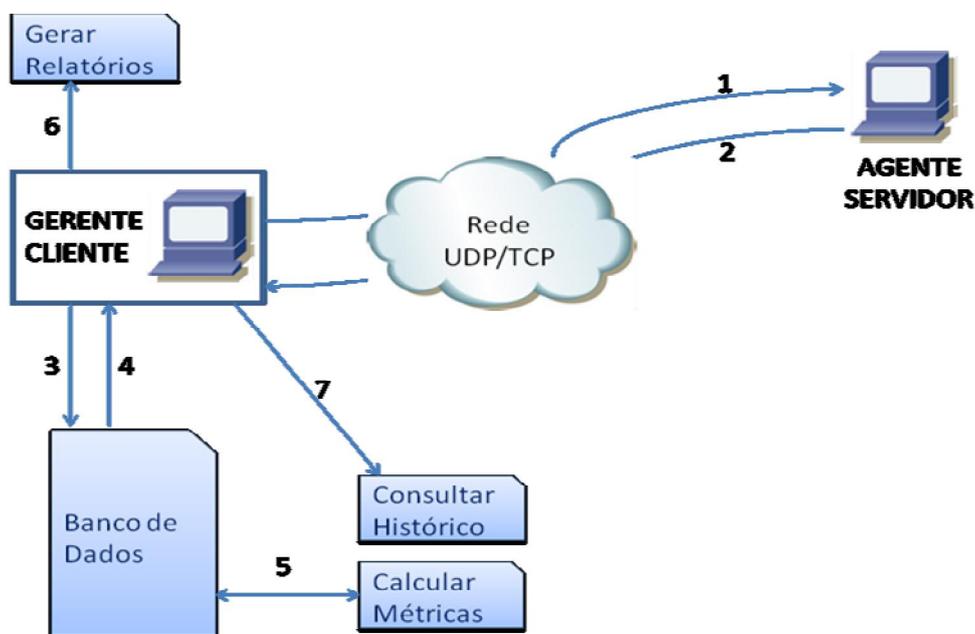


Figura 7 - Implementação da Aplicação

3.2.1 Funções e Procedimentos

Agora será visto as principais funções e procedimentos do sistema:

A função gera cabeçalho é feita no servidor a partir dos dados enviados pelo cliente, sendo que cada pacote envia o seu cabeçalho, com os atributos de acordo com a tabela 2 mostrada abaixo:

Dados	Número de bits	Descrição
DADOS ENVIADOS PELO CLIENTE E PREENCHIDOS NO SERVIDOR		
IP	15	Número IP da máquina que está enviando
Porta de Envio	4	Porta pela qual os dados foram enviados
Porta de Recebimento	4	Porta pela qual os dados foram recebidos
Quantidade de pacotes	4	Quantidade de pacotes que o cliente enviou para o servidor
Tamanho dos pacotes	4	Tamanho do pacote em bytes definido pelo cliente
Número do envio	4	Identificador do envio, sendo um número fixo para todos os pacotes do mesmo envio
Identificador do pacote	4	Identificador do pacote, sendo incrementado em cada um dos pacotes do mesmo envio
Hora envio cliente	12	Hora enviada pelo cliente no formato hh:mm:ss:zzz
DADOS PREENCHIDOS PELO SERVIDOR		
Hora recebimento no servidor	12	Hora de recebimento no servidor no formato hh:mm:ss:zzz
Hora envio servidor	12	Hora de envio do servidor no formato hh:mm:ss:zzz
Hora recebimento no cliente	12	Hora de recebimento no cliente no formato hh:mm:ss:zzz
Tempo de espera	7	Tempo de espera para receber todos os pacotes
Tempo de intervalo	5	Tempo de intervalo de envio entre pacotes definido pelo cliente

Tabela 2- Cabeçalho

Após o servidor enviar o cabeçalho nos pacotes de dados de volta para o cliente, todos os dados são recebidos no cliente e colocados na grade da aba Dados que serão vistos a

seguir. Após ter recebido todos os dados na grade, o cliente irá salvar as informações em uma tabela com a seguinte estrutura mostrada na tabela 3:

Campo	Tipo	Descrição
Id Pacote	Integer	Número Identificador do pacote
Código de Envio	Integer	Código identificador do envio
Hora Envio do Cliente	String	Hora que o cliente enviou a rajada de pacotes para o servidor
Hora Recebimento no Servidor	String	Hora que o servidor recebeu o pacote
Hora Envio do Servidor	String	Hora que o servidor enviou de volta pacotes para o cliente
Intervalo	Integer	Intervalo selecionado pelo cliente para envio entre os pacotes
Timeout	Integer	Tempo que o servidor levou para começar a enviar novamente os pacotes
Data Atual	Data	Data atual do sistema
Nome Servidor	String	Nome do Servidor definido pelo cliente
Pacote Perdido na ida	String	Se o pacote foi perdido ou não na Ida
Pacote Perdido na volta	String	Se o pacote foi perdido na volta

Tabela 3 - Estrutura da tabela de dados salva no cliente/servidor

A partir dos dados contidos na tabela que as medições são efetuadas. Foi definido desta forma para que o cliente não fizesse os cálculos enquanto ainda estivesse recebendo pacotes, pois poderia influenciar na performance da aplicação. Todas as medições são salvas em um novo banco de dados, que ficará disponível para possíveis consultas de histórico da rede, onde temos a seguinte tabela:

Campo	Tipo de Dados
Número do Envio	String
Servidor	String
Data	Data
Hora	String
Atraso de Ida Máximo	Double
Atraso de Ida Mínimo	Double
Atraso Médio de Ida	Double
Atraso de Volta Máximo	Double
Atraso de Volta Mínimo	Double
Atraso Médio de Volta	Double
Atraso Total Máximo	Double
Atraso Total Mínimo	Double
Atraso Total Médio	Double
Jitter de Ida Máximo	Double

<i>Jitter</i> de Ida Mínimo	Double
<i>Jitter</i> Médio de Ida	Double
<i>Jitter</i> de Volta Máximo	Double
<i>Jitter</i> de volta Mínimo	Double
<i>Jitter</i> Médio de Volta	Double
<i>Jitter</i> Total Máximo	Double
<i>Jitter</i> Total Mínimo	Double
<i>Jitter</i> Total Médio	Double
Largura de Banda de Ida Máxima	Double
Largura de Banda de Ida Mínima	Double
Largura de Banda Média de Ida	Double
Largura de Banda de Volta Máxima	Double
Largura de Banda de Volta Mínima	Double
Largura de Banda Média de Volta	Double
Pacotes fora de ordem no envio	Double
Pacotes fora de ordem no recebimento	Double
Perda de pacotes na ida	Inteiro
Perda de pacotes na volta	Inteiro

Tabela 4 - Banco de Dados Final de Medições

Após armazenar todos os dados são calculadas as seguintes métricas de cada pacote de dados, que são encontradas na aba Dados do aplicativo Cliente:

- Pacotes fora de Ordem: O sistema compara o Id do Pacote de Envio com o Seqüencial Recebimento e utiliza um contador para verificar quantos pacotes foram recebidos fora de ordem;

- Perda de Pacotes no caminho de Ida e no caminho de volta: Somam-se quantos pacotes foram perdidos de acordo com os campos da tabela Pacote Perdido na Ida e Pacote perdido na volta separadamente;

- Atraso de Ida: Calcula-se a Hora de Recebimento no Servidor diminuindo-se a Hora de Envio do Cliente;

- Atraso de Volta: Calcula-se a Hora de Recebimento no Cliente diminuindo-se a Hora de Envio do Servidor;

- Atraso Total: Para o atraso total foi feita a soma do Atraso de Ida e do Atraso de Volta, pois se fosse feito diretamente da Hora de Recebimento no Cliente diminuindo-se a Hora de Envio do Cliente estar-se-ia somando o intervalo de envio entre os pacotes definido pelo cliente, o que resultaria em uma medição errônea;

- *Jitter* de Ida (Variação do atraso): Compara-se o atraso em pares de pacotes. Pega-se o atraso de ida entre os pacotes N e N-1 e calcula-se qual a variação de atraso que houve entre eles, subtraindo o Atraso de Ida do pacote N do pacote N-1, onde N = (2,3,4,..).

- *Jitter* de Volta: Compara-se o atraso de volta entre os pacotes N e N-1 e calcula-se qual a variação de atraso que houve entre eles, subtraindo-se o Atraso de volta do pacote N do Atraso de volta do pacote N-1, onde N= (2,3,4,...);

- *Jitter* Total: Soma-se o *Jitter* de Ida e o *Jitter* de Volta;

- Largura de Banda da Ida: Pega-se o tamanho do pacote que foi enviado e divide-se por ((Hora de recebimento no servidor de N+1 dividindo-se por 1000) subtraindo-se de (Hora de recebimento no servidor de N dividindo-se por 1000)) para que tenha-se a Largura de Banda em Bytes por segundo.

- Largura de Banda da Volta: Pega-se o tamanho do pacote que foi enviado e divide-se por ((Hora de recebimento no cliente de N+1 dividindo-se por 1000) subtraindo-se de (Hora de recebimento no cliente de N dividindo-se por 1000)) para que tenha-se a Largura de Banda em Bytes por segundo.

Após calcular as métricas para cada pacote, têm-se os cálculos de média, mínimo e máximo, que são encontrados na aba Relatórios do aplicativo Cliente e também encontramos o número total de pacotes fora de ordem e número total de pacotes perdidos. Para todas as outras métricas verifica-se qual foi o valor mínimo em cada um dos pacotes e o valor máximo. Para a média seguem os seguintes cálculos:

- Atraso médio de Ida: Foi verificado quando pacotes chegaram ao servidor. A partir deste dado somaram-se todos os Atrasos de Ida e subtraiu-se pela quantidade de pacotes que chegaram chegando-se assim a média;

- Atraso médio de Volta: Foi verificado quando pacotes chegaram ao cliente. A partir deste dado somaram-se todos os Atrasos de Volta e subtraiu-se pela quantidade de pacotes que chegaram chegando-se assim a média;

- Atraso de Ida e Volta: Soma do Atraso médio de Ida e do Atraso médio de Volta;

- *Jitter* médio de Ida: Somaram-se todos os Jitters de Ida e dividiu-se pelo número de pacotes recebidos no servidor -1, pois o cálculo é feito em pares, e o primeiro recebimento no servidor não possui variação de atraso;

- *Jitter* médio de Volta: Somaram-se todos os Jitters de Volta e dividiu-se pelo número de pacotes recebidos no cliente -1, pois o cálculo é feito em pares, e o primeiro recebimento no cliente não possui variação de atraso;

- *Jitter* Total: Soma-se o *Jitter* de Ida e o *Jitters* de Volta;

- Largura de Banda média do caminho de Ida: Primeiramente foram verificados quantos pacotes o cliente definiu que seriam enviados ao servidor. A partir destes dados subtraíram-se vinte por cento da quantidade de pacotes para se começar o cálculo. Considera-

se que poderia haver pacotes em fila ou algum atraso maior em consequência de congestionamento na rede, portanto, para uma medição mais precisa, dez por cento dos pacotes com largura de banda menor e dez por cento dos pacotes com largura de banda maior foram descartados. Foi feita a média somando-se a Largura de banda dos pacotes restantes dividindo-se pelo somatório do número total de pacotes recebidos no servidor subtraindo o número de pacotes descartados, inclusive suas medições e subtraindo-se um, pois o primeiro pacote não recebe valor para largura de banda e a mesma é efetuada em pares.

- Largura de Banda média do caminho de Volta: Primeiramente foram verificados quantos pacotes o cliente definiu que seriam enviados ao servidor. A partir destes dados subtraíram-se vinte por cento da quantidade de pacotes para se começar o cálculo. Considera-se que poderia haver pacotes em fila ou algum atraso maior em consequência de congestionamento na rede, portanto, para uma medição mais precisa, dez por cento dos pacotes com largura de banda menor e dez por cento dos pacotes com largura de banda maior foram descartados. Foi feita a média somando-se a Largura de banda dos pacotes restantes dividindo-se pelo somatório do número total de pacotes recebidos no cliente subtraindo o número de pacotes descartados, inclusive suas medições e subtraindo-se um, pois o primeiro pacote não recebe valor para largura de banda e a mesma é efetuada em pares.

Para a métrica Pacotes fora de Ordem Total, tanto no envio quanto no recebimento, foram somados os resultados de Pacotes fora de Ordem;

Para a métrica Perda de Pacotes Total, tanto no envio quanto no recebimento, foram somados os resultados de Perda de Pacotes.

Após todos os cálculos realizados há também como consultar o histórico da rede, podendo este ser consultado somente por data, para se consultar o histórico da rede como um todo ou consultando-o por data e nome do servidor, como segue o código na figura 8:

```

Procedure TfmCliente.btnOKClick(Sender: TObject);
Begin
  If edData1.text = ' / / ' Then
    Raise Exception.Create('Informe a data inicial');

  If edData2.text = ' / / ' Then
    Raise Exception.Create('Informe a data final');
  With qrEnvios Do
    Begin
      Close;
      With Sql Do
        Begin
          Clear;
          Add(' SELECT * ');
          Add(' FROM BANCO ');
          Add(' where data >= ' + QuotedStr(FormatDateTime('mm/dd/yyyy', StrToDate(edData1.text))) + ');
          Add(' and data <= ' + QuotedStr(FormatDateTime('mm/dd/yyyy', StrToDate(edData1.text))) + ');
          If cbServidores.Checked Then
            Begin
              Add(' and nomeServidor = :nomeServidor ');
              ParamByName('nomeServidor').AsString := edProcuraBanco.KeyValue;
            End;
          Add(' order by codigoEnvio, idPacote ');
        End;
      open;
    End;
End;

```

Figura 8 - Pesquisa SQL no banco de dados

3.3 Aplicação

O sistema desenvolvido possui dois aplicativos, o gerente e o agente.

3.3.1 Aplicação cliente

Na figura 9, aba envio da aplicação cliente, encontram-se os campos onde são definidos:

- Dados do servidor: ao qual a aplicação cliente se conectará e enviará a rajada de pacotes;
- Dados dos pacotes: Onde é definida a quantidade, tamanho e intervalo em milissegundos entre o envio de pacotes;
- Obtenção de IPs: Todos os IPs disponíveis naquele momento na aplicação cliente serão listados neste campo;
- Recebimento: Dados fornecidos ao servidor para o caminho de volta dos pacotes, onde o cliente informa o número IP, Porta e Tempo que esperará em milissegundos por uma resposta do servidor. Estes dados serão fornecidos ao servidor no momento de envio dos pacotes através do cabeçalho dos mesmos.

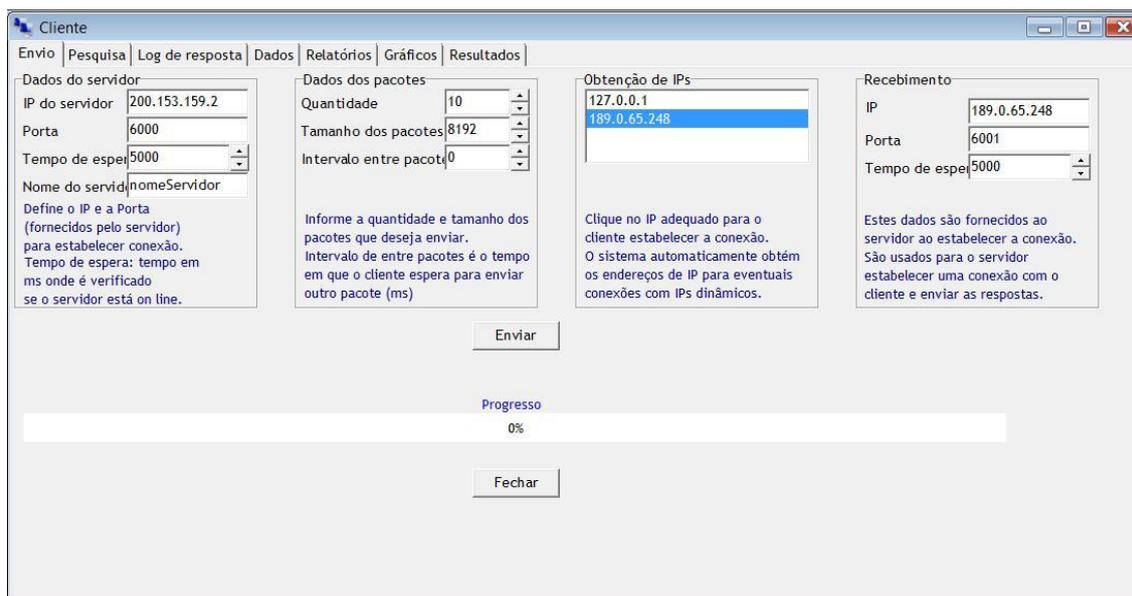


Figura 9 - Aba Envio

Na aba Dados da aplicação Cliente, de acordo com as figuras 10 e 11 encontram-se os dados referente a medição do último envio.

N° pacote	N° envio	Hr envio cli	Hr rec. serv	Hr envio serv	Hr rec. cli	Atraso de ida	Atraso de volta	Atraso

Figura 10 - Aba Dados 1/2

Ordem de env	Ordem de rec	Jitter de ida	Jitter d	Jitter	Largura de banda ida	Largura de bai

Figura 11 - Aba Dados 2/2

Na figura 12 visualiza-se a aba resultados, onde todas as métricas calculadas terão seus resultados totais, ou seja, o tempo mínimo em milissegundos que cada medição obteve, o tempo máximo e a média do período selecionado ou da última rajada de pacotes enviados.



Figura 12 - Aba Resultados

No figura 13 visualiza-se a aba pesquisa, onde o cliente pode visualizar todo o histórico de sua rede, podendo fazer a pesquisa por servidor e data, para obter as medições de um único ponto da rede, ou somente por data, onde obterá o histórico de sua rede como um todo. Neste gráfico será mostrado o atraso total de $T4 - T1$.

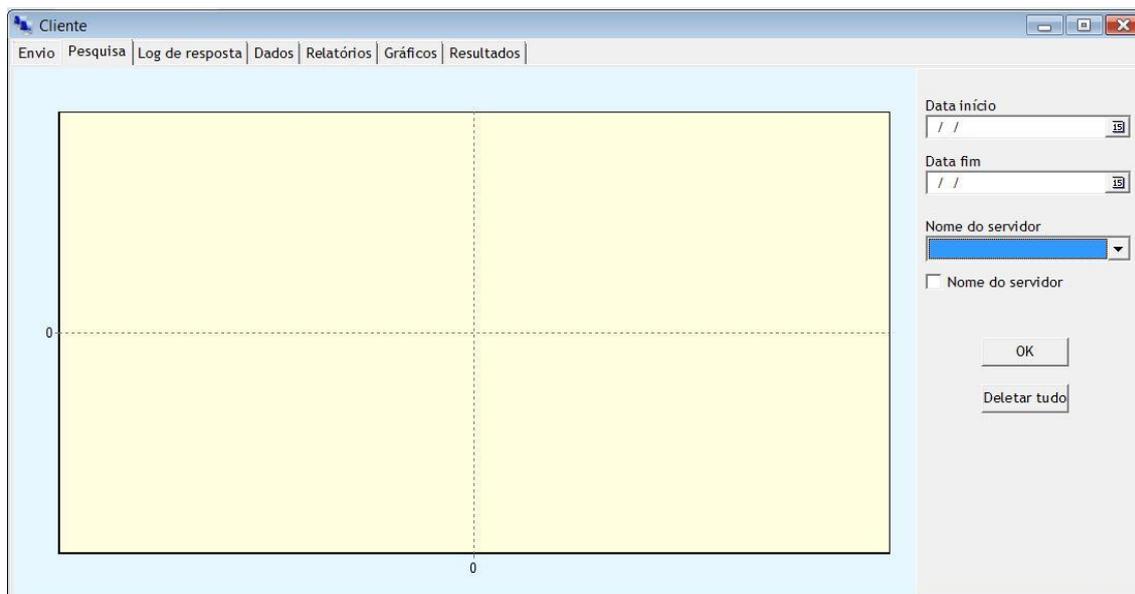


Figura 13 - Aba Pesquisa

Na figura 14 encontra-se a aba Gráficos, na qual pode-se visualizar o gráfico de cada medição.

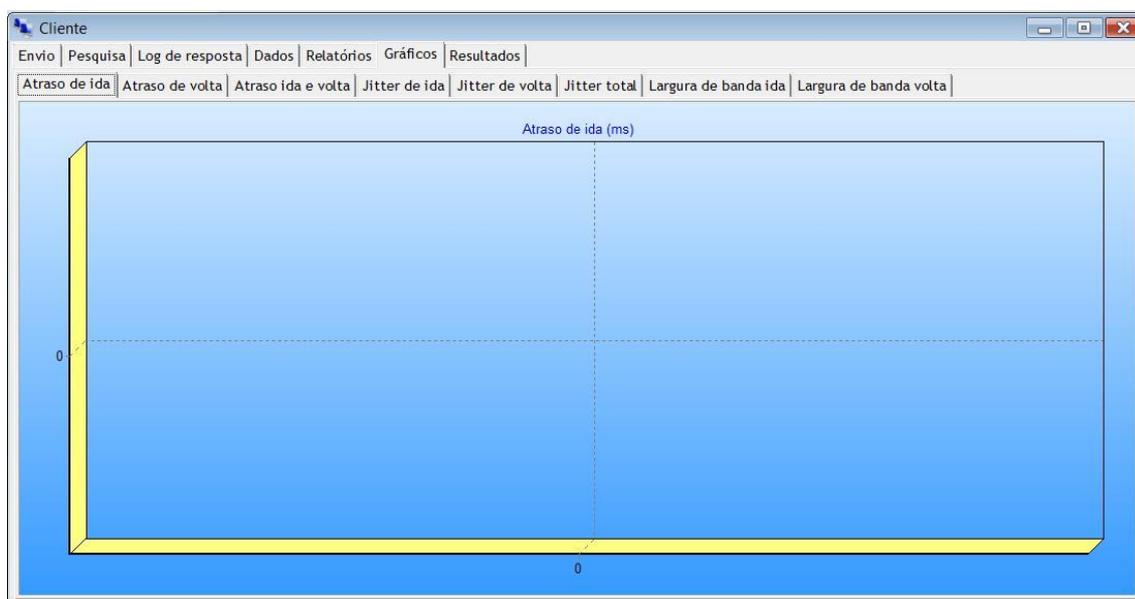


Figura 14 - Aba Gráficos

Na aba relatórios encontra-se o detalhamento de quais pacotes foram perdidos e quais chegaram fora de ordem de acordo com a figura 15.

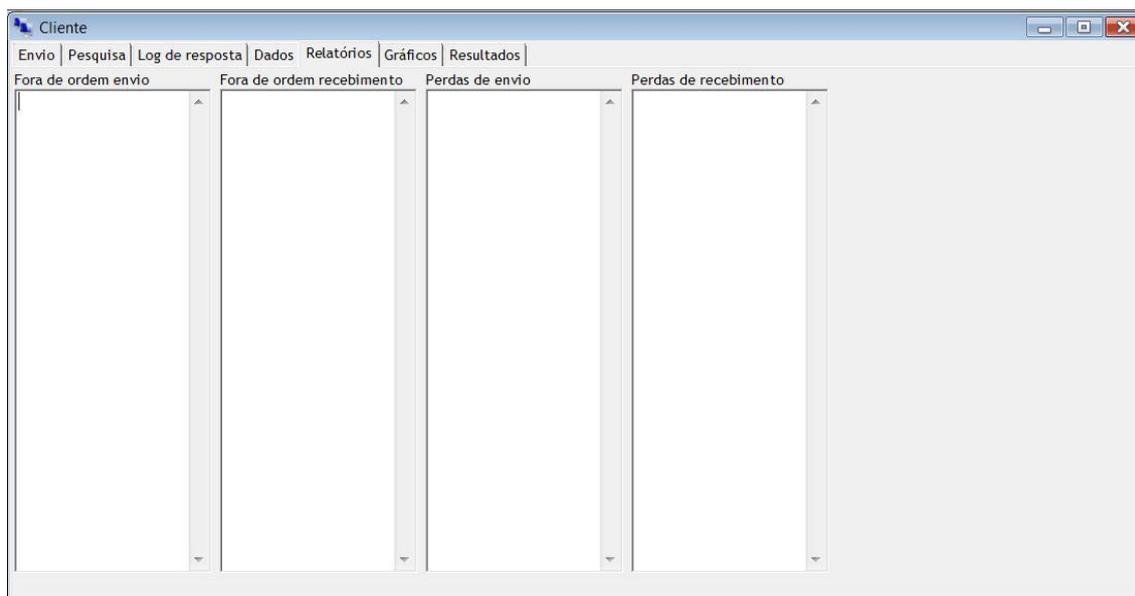


Figura 15 - Aba Relatórios

3.3.2 Aplicação servidor

Na tela Principal da aplicação Servidor, como pode ser visto na figura 16, tem-se:

- Obtenção de IPs: o sistema localiza os IPs disponíveis na máquina, o qual deve ser selecionado um deles para preenchimento em Dados do Servidor;
- Dados do Servidor: Mostra o IP selecionado e em qual porta os dados serão recebidos;
- Tempo de espera de resposta: É o tempo em milissegundos definido no servidor onde o servidor aguarda o recebimento de todos os pacotes. Caso haja perda de pacotes por um tempo maior do que o definido, o mesmo começará a enviar de volta para o cliente a mesma quantidade de pacotes, do mesmo tamanho e com o mesmo intervalo que foi definido pelo cliente, para poder se obter a mesma medição no caminho de volta.
- Status do servidor: Mostra se o servidor está ativo ou inativo.

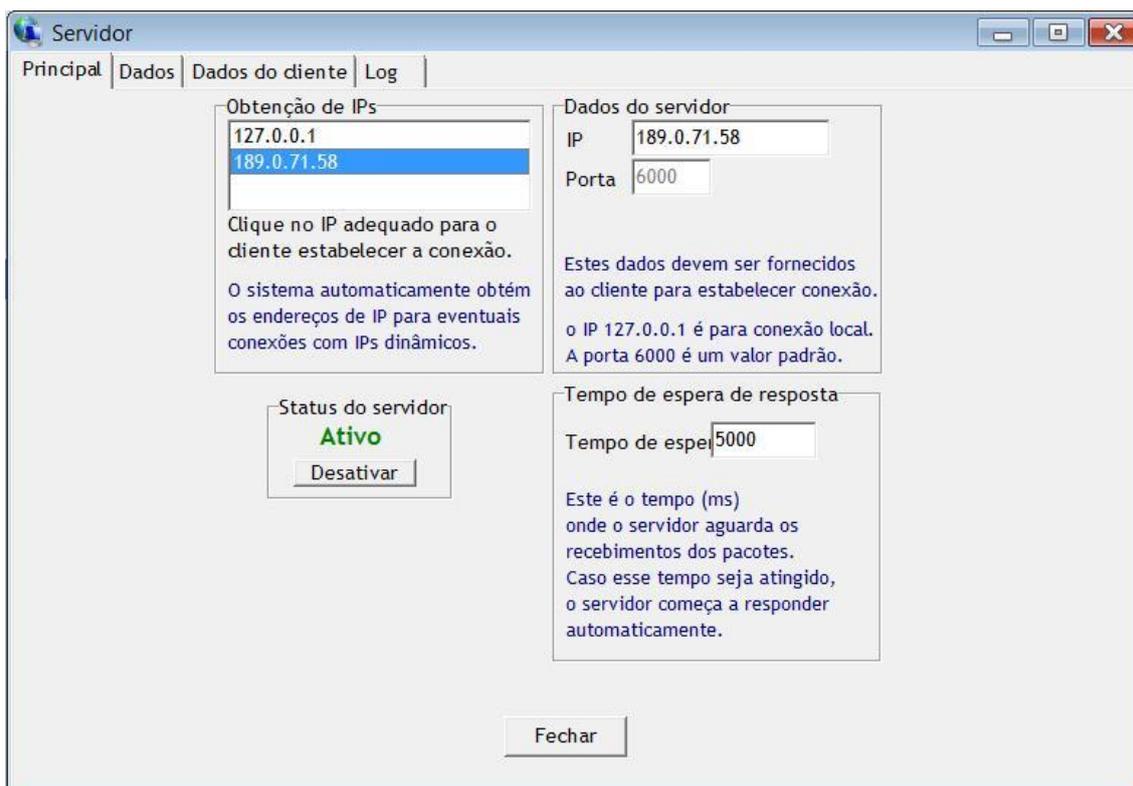


Figura 16 - Aplicação Servidor, aba Principal

Na aba Dados do cliente os dados são preenchidos automaticamente no momento em que o servidor recebe o primeiro envio de dados feito pelo cliente. Estes dados definem para onde o servidor enviará os pacotes no caminho de volta. Conforme figura 17.

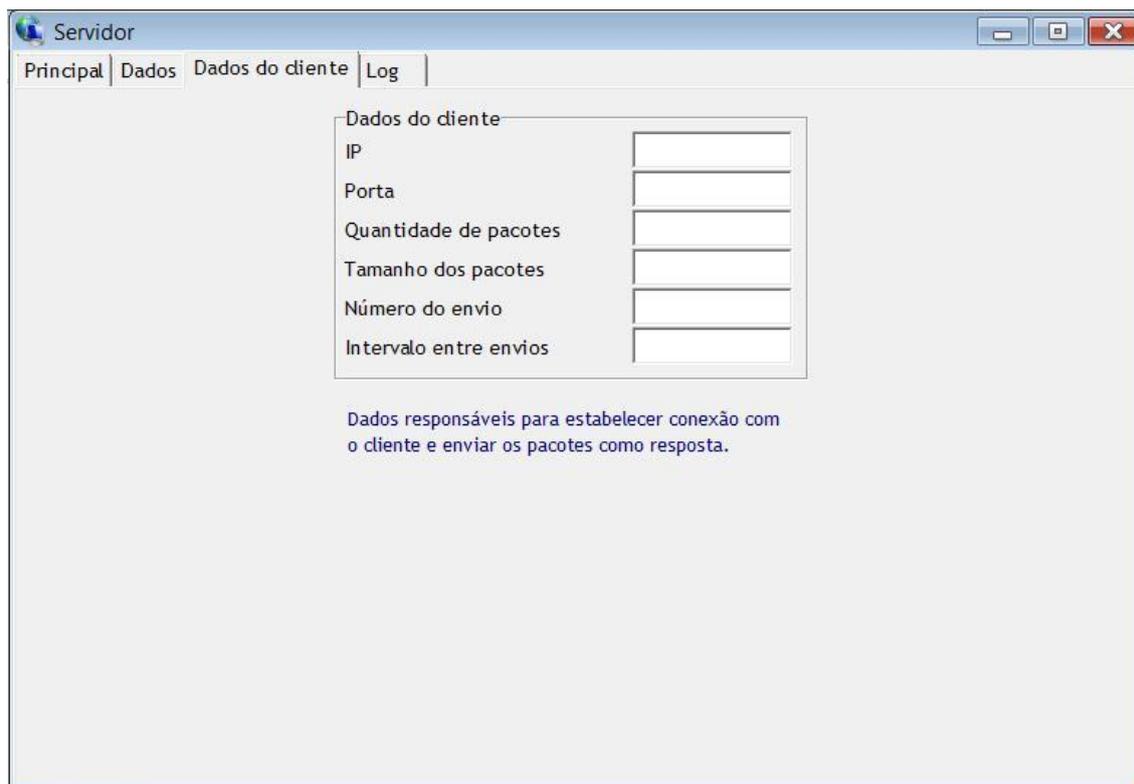


Figura 17 - Aba Dados do cliente

3.4 Testes

Os testes foram realizados com carga sintética em ambiente de simulação, sendo na aplicação gerente/cliente utilizado conexão VivoZap 1xEVDO de 2.4Mbps e no agente/servidor conexão ADSL de 250Kbps com a Brasil Telecom. A carga local pode influenciar nos testes.

3.4.1. Teste com 1000 pacotes de 1000 bytes

O primeiro teste foi realizado com 1000 pacotes de 1000 bytes, como pode-se visualizar nos gráficos abaixo, onde cada um foi executado três vezes, tendo no eixo y os milissegundos e no eixo x o intervalo definido para envio de cada pacote e o número do teste

para cada uma das medições. Os computadores em uso estavam sem aplicativos em uso, somente os necessários para a realização dos testes.



Figura 18 - Perda no Envio de Pacotes

A perda no envio em todos os casos foi baixa, mesmo em um envio de pacotes em rajada sem intervalo. Pode-se atribuir este resultado a largura de banda da VIVO, que possui uma maior largura de *upload* do que a conexão ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*).

Também pode-se verificar na figura abaixo, atraso de ida, que a VIVO ZAP se comportou de forma diferenciada para o envio dos dados.

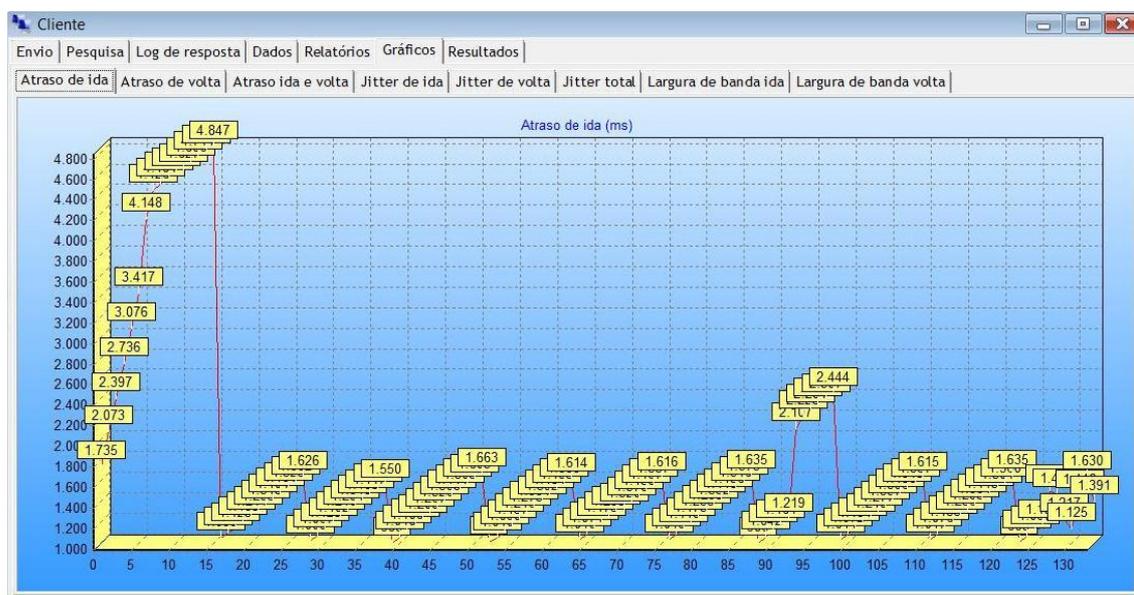


Figura 19 - Atraso de Ida com intervalo 0ms entre envio de pacotes

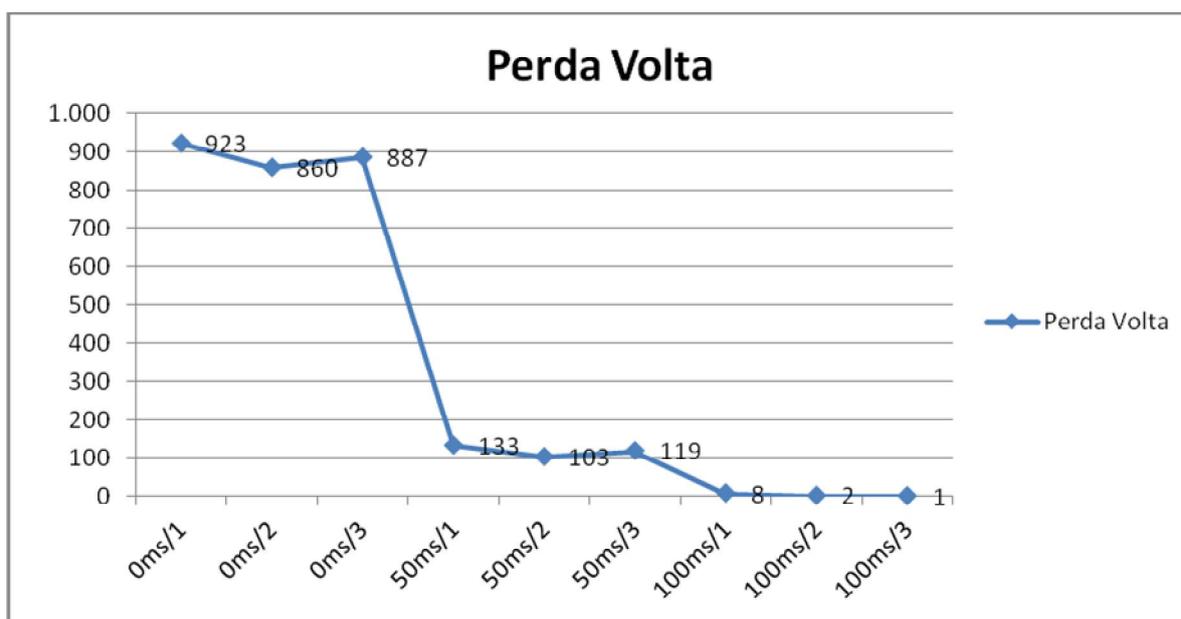


Figura 20 - Perda de pacotes do servidor para o cliente

Na figura 20 observa-se que a perda de pacotes decresce consideravelmente quando há um intervalo maior de tempo entre os envios dos pacotes. Os pacotes enviados no caminho de volta em rajadas sem intervalo foram recebidos pelo cliente sequencialmente até que o buffer de envio da ADSL se torna-se sobrecarregado. Nos primeiros testes onde o intervalo definido foi zero milissegundo, visualiza-se na figura 21 que o atraso de volta até o pacote 135 foi crescendo gradualmente e que, a partir deste pacote praticamente todos os outros foram perdidos.

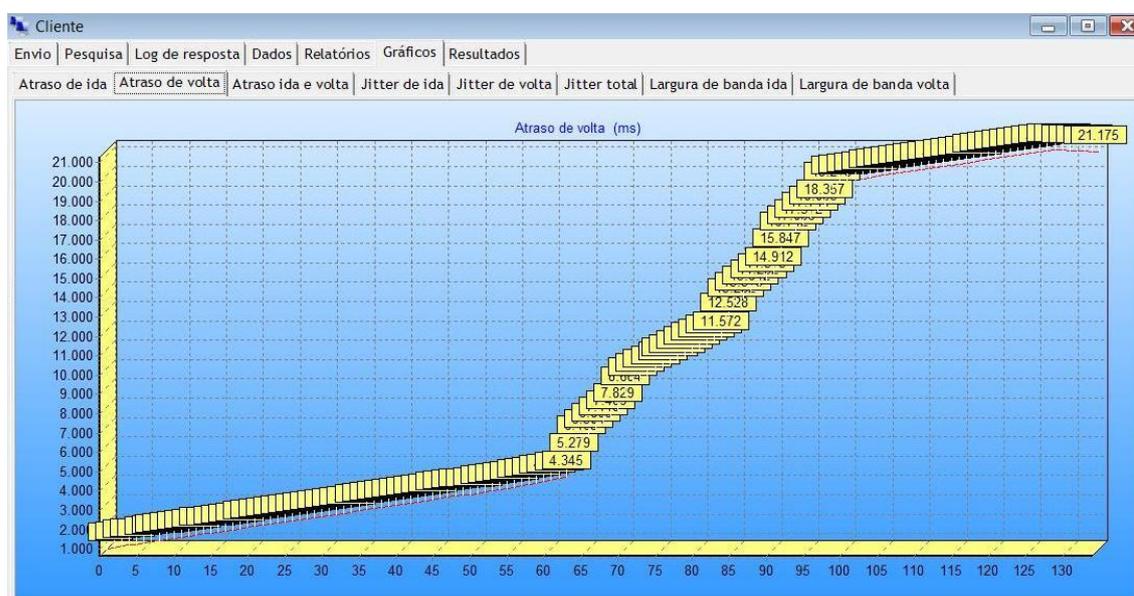


Figura 21 - Atraso de Volta com intervalo de 0ms entre o envio dos pacotes

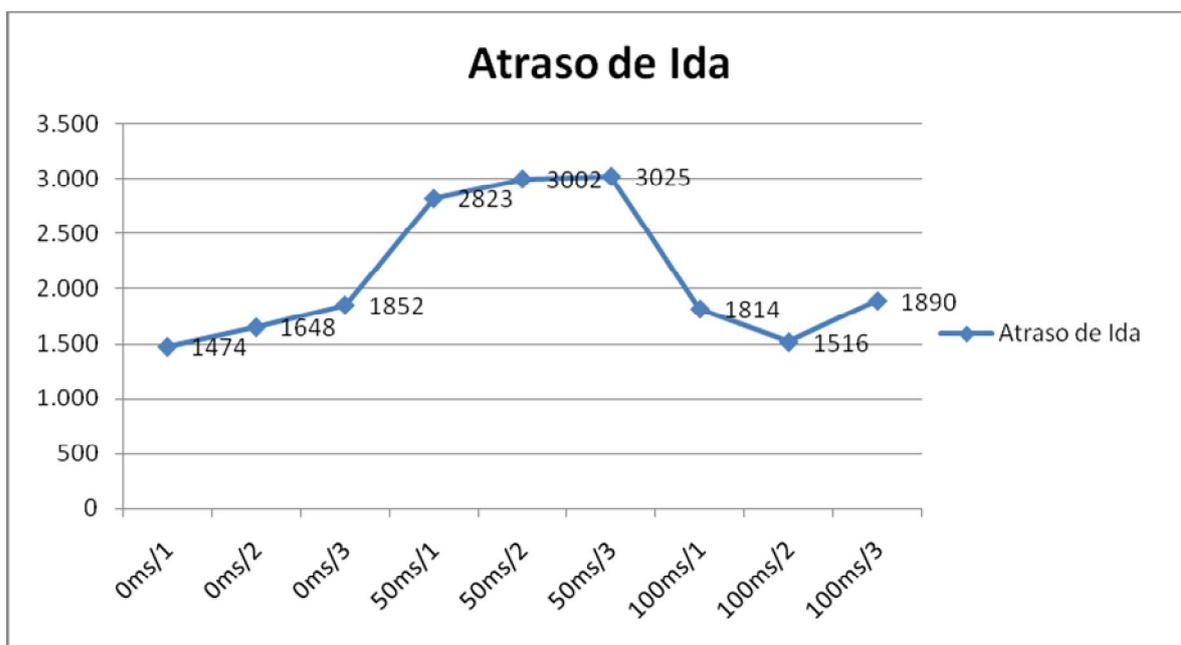


Figura 22 - Atraso de Ida

Houve muita perda de pacotes, portanto nos pacotes enviados o atraso foi pequeno e foi seqüencial, sendo que a partir do pacote 130 quase todos os pacotes foram perdidos.

A volta é feita a partir da rede ADSL que constatou-se enviar mais devagar, na ida foi usada a interface de rede celular da VIVO, e nota-se que quanto maior o intervalo entre o envio de pacotes, menor o atraso. É fundamental ajustar (refinar) o modelo de tráfego da rajada de medição, para ajustar-se corretamente ao tipo de rede analisada. Uma rajada muito “agressiva” sem intervalo entre os pacotes é incomum na grande maioria das aplicações de rede e pode mascarar a real situação da rede analisada.

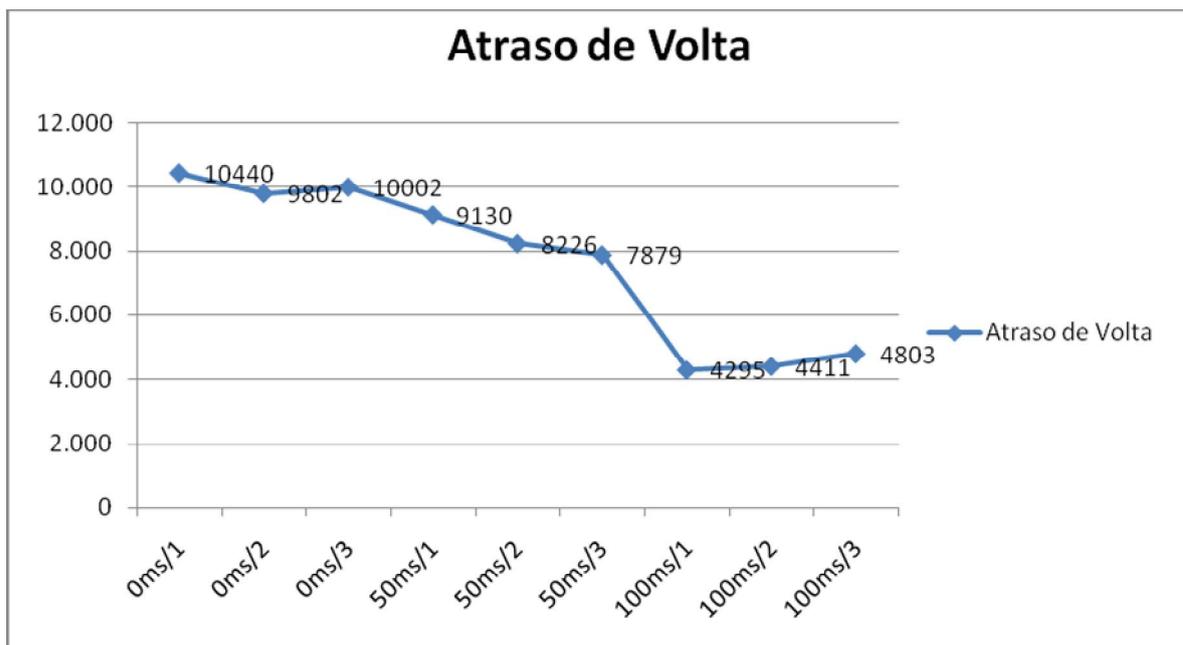


Figura 23 - Atraso de Volta

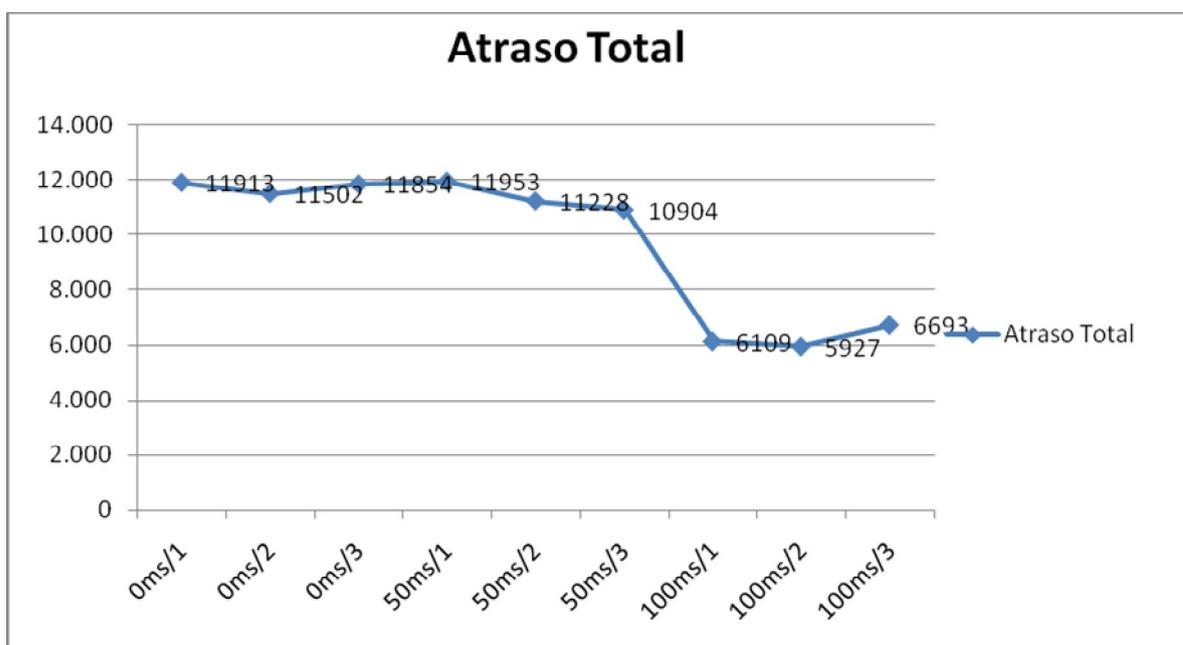


Figura 24 - Atraso de ida e volta total

No atraso total, percebe-se que a variação de atraso é menor e mais constante em ordem inversa ao intervalo.

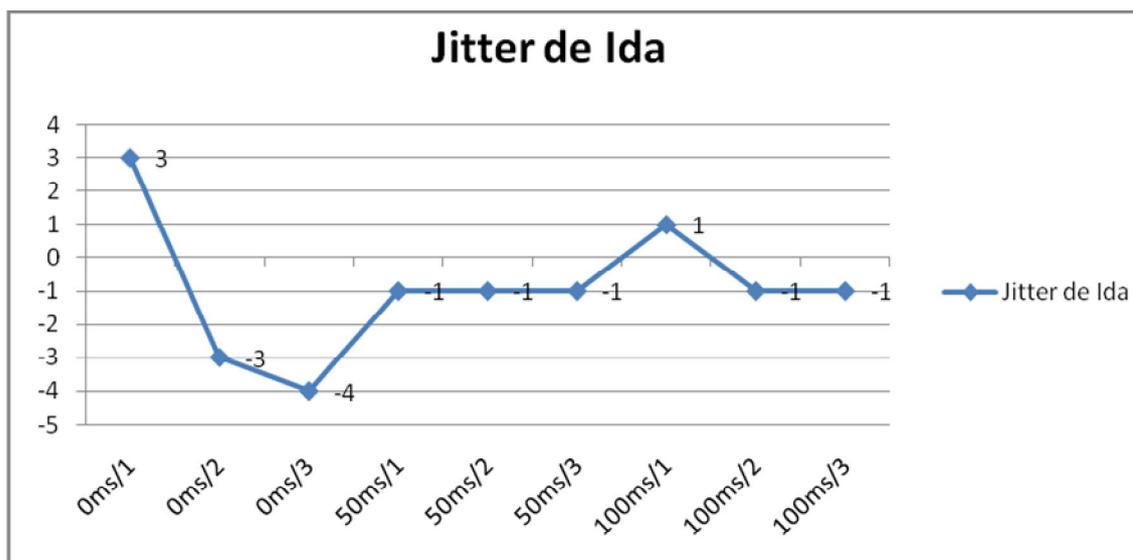


Figura 25 - *Jitter* (Variação do atraso) de Ida

No *Jitter* de Ida observa-se que quanto maior o intervalo de envio entre os pacotes, menor é a variação do atraso. O mesmo acontece no *Jitter* de Volta, conforme figura 25, porém com variações maiores.

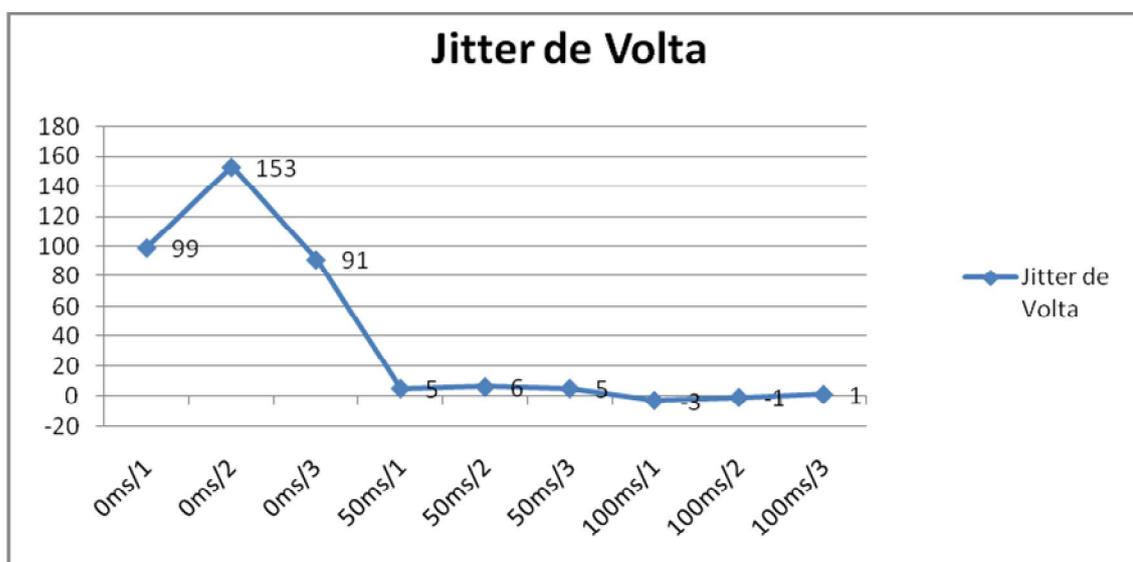


Figura 26 - *Jitter* de Volta

Observa-se que em um intervalo de 100ms por envio de pacotes, a variação do atraso é praticamente 0, sendo um bom desempenho.

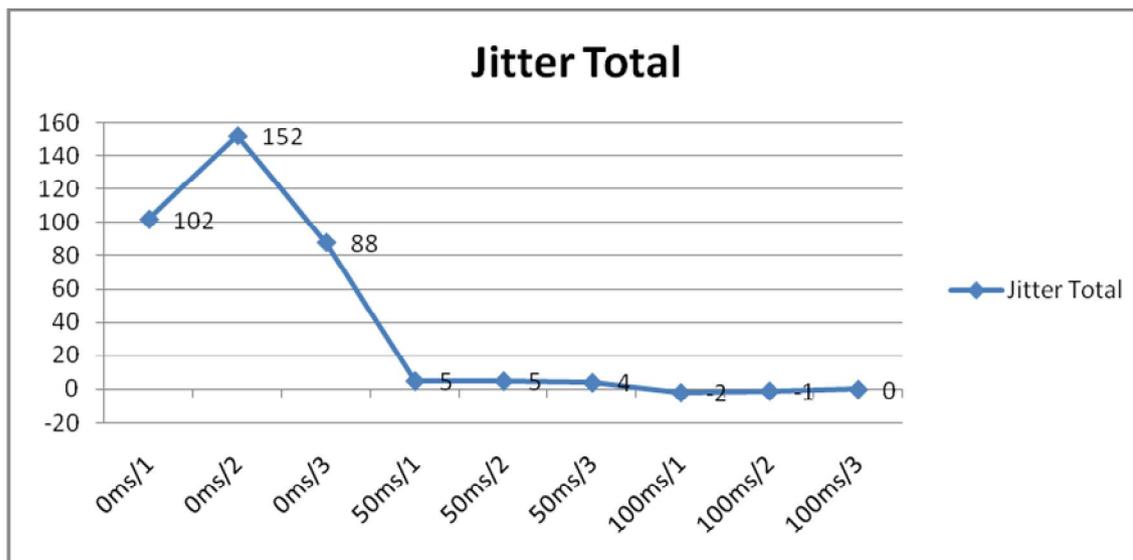


Figura 27 - Jitter de Ida e Volta

No *Jitter* total, percebe-se que a variação de atraso é menor e mais constante em ordem inversa ao intervalo.



Figura 28 - Largura de banda do caminho de Ida

A largura de banda, medida em Bps, demonstrou resultados muito distorcidos frente ao esperado, devido inclusive ao cenário de tecnologias heterogêneas entre uma rede ADSL e uma rede 1xEVDO celular, constando de vários *gateways* para conversão de tecnologias. A ferramenta desenvolvida continua em constante evolução e pretende-se em curto prazo refinar as medições da largura de banda para uma maior robustez frente à rede muito heterogênea, permitindo uma medição mais precisa em condições hostis.

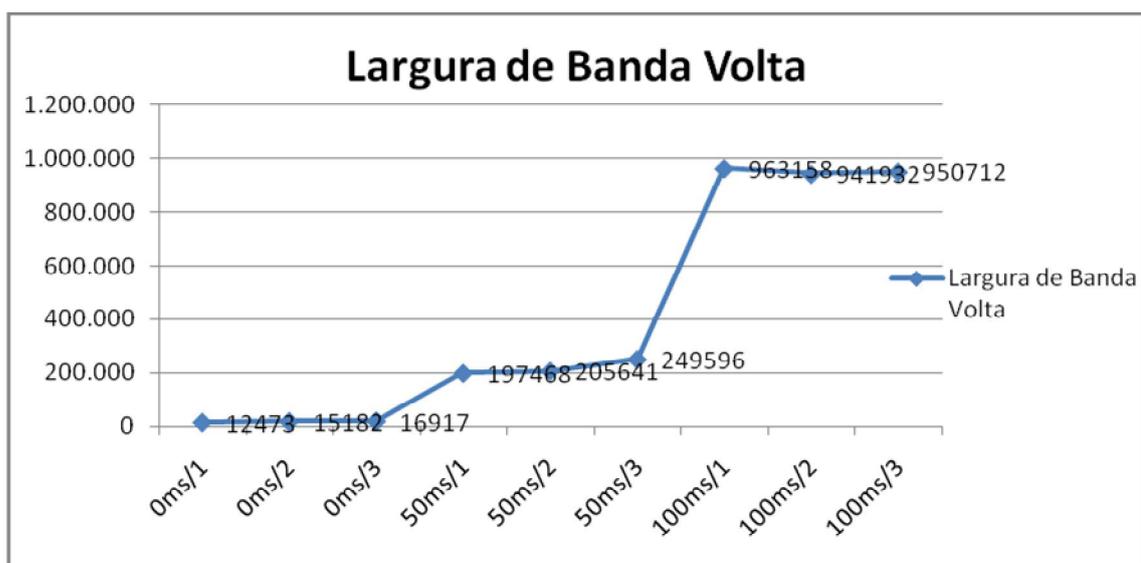


Figura 29 - Largura de banda do caminho de Volta

3.4.2 Testes com 1000 pacotes de 500 bytes

O segundo teste foi realizado com 1000 pacotes de 500 bytes, como visualiza-se nos gráficos abaixo, onde cada um foi executado três vezes, tendo no eixo y os milissegundos e no eixo x o intervalo definido para envio de cada pacote e o número do teste para cada uma das medições.



Figura 30 - Perda de pacotes no envio

Como no primeiro teste, a perda de pacotes no envio em todos os casos foi baixa, mesmo em um envio de pacotes em rajada sem intervalo. Pode-se atribuir este resultado a largura de banda da VIVO, que possui uma maior largura de *upload* do que a conexão ADSL.

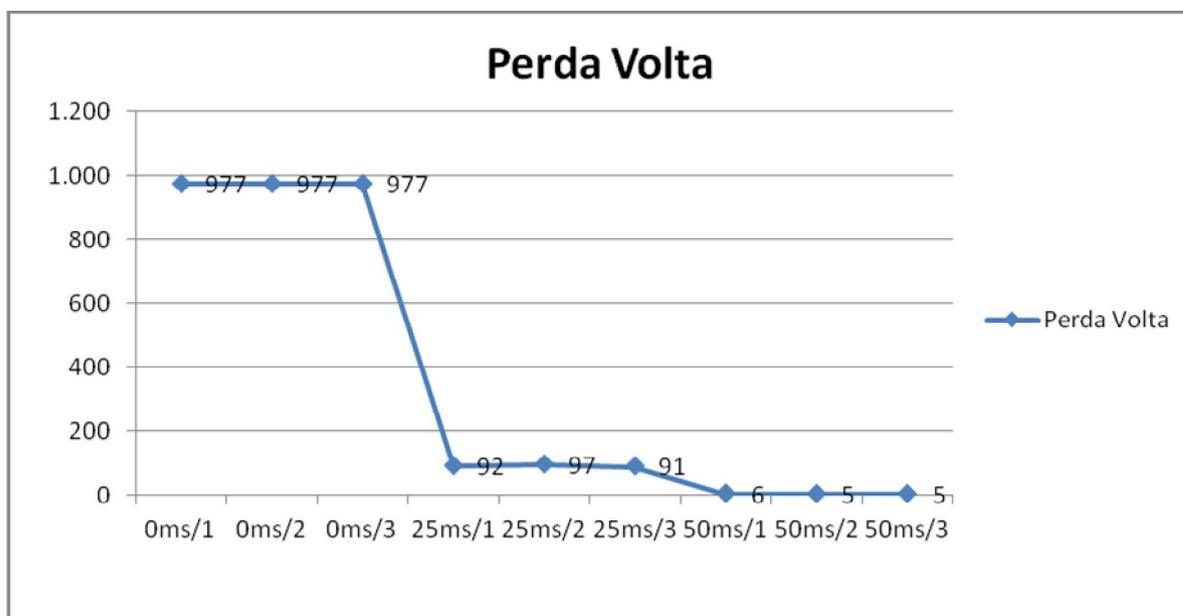


Figura 31 - Perda de pacotes na volta

Na figura 30 observa-se que a perda de pacotes decresce consideravelmente quando há um intervalo maior de tempo entre os envios dos pacotes, como observado também no primeiro teste. Os pacotes enviados no caminho de volta em rajadas sem intervalo foram recebidos pelo cliente sequencialmente até que o buffer de envio da ADSL se torna-se sobrecarregado. Nos primeiros testes onde o intervalo foi definido zero milissegundo, o atraso de volta até o pacote 135 foi crescendo gradualmente e a partir deste pacote praticamente todos os outros foram perdidos. Nos testes de 25 milissegundos a perda de pacotes ocorreu de forma aleatória e não sequencialmente, conforme figura 31.

516	2	02:20:39:282	02:20:39:406	02:21:21:953	02:21:28:829
517	2	02:20:39:313	02:20:39:421	02:21:21:984	02:21:28:860
518	2	02:20:39:345	02:20:39:468	02:21:22:015	02:21:28:891
519	2	02:20:39:376	02:20:39:484	02:21:22:046	02:21:28:923
520	2	02:20:39:423	02:20:39:531	02:21:22:078	02:21:28:954
521	2	02:20:39:454	02:20:39:562	02:21:22:125	02:21:28:985
522	2	-	-	-	-
523	2	02:20:39:516	02:20:39:625	02:21:22:203	02:21:29:016
524	2	02:20:39:548	02:20:39:640	02:21:22:234	02:21:29:048
525	2	02:20:39:595	02:20:39:687	02:21:22:265	02:21:29:079
526	2	02:20:39:626	02:20:39:703	02:21:22:296	02:21:29:110
527	2	02:20:39:673	02:20:39:734	02:21:22:343	02:21:29:141
528	2	02:20:39:704	02:20:39:765	02:21:22:375	02:21:29:173
529	2	02:20:39:751	02:20:39:796	02:21:22:390	02:21:29:204
530	2	-	-	-	-
531	2	02:20:39:813	02:20:39:859	02:21:22:453	02:21:29:235
532	2	02:20:39:845	02:20:39:890	02:21:22:500	02:21:29:266
533	2	-	-	-	-
534	2	02:20:39:907	02:20:39:953	02:21:22:578	02:21:29:298
535	2	02:20:39:938	02:20:39:984	02:21:22:609	02:21:29:329
536	2	02:20:39:970	02:20:40:031	02:21:22:640	02:21:29:501
537	2	02:20:40:016	02:20:40:046	02:21:22:671	02:21:29:532
538	2	-	-	-	-

Figura 32 - Pacotes perdidos aleatoriamente em um intervalo de 25ms de envio para cada pacote

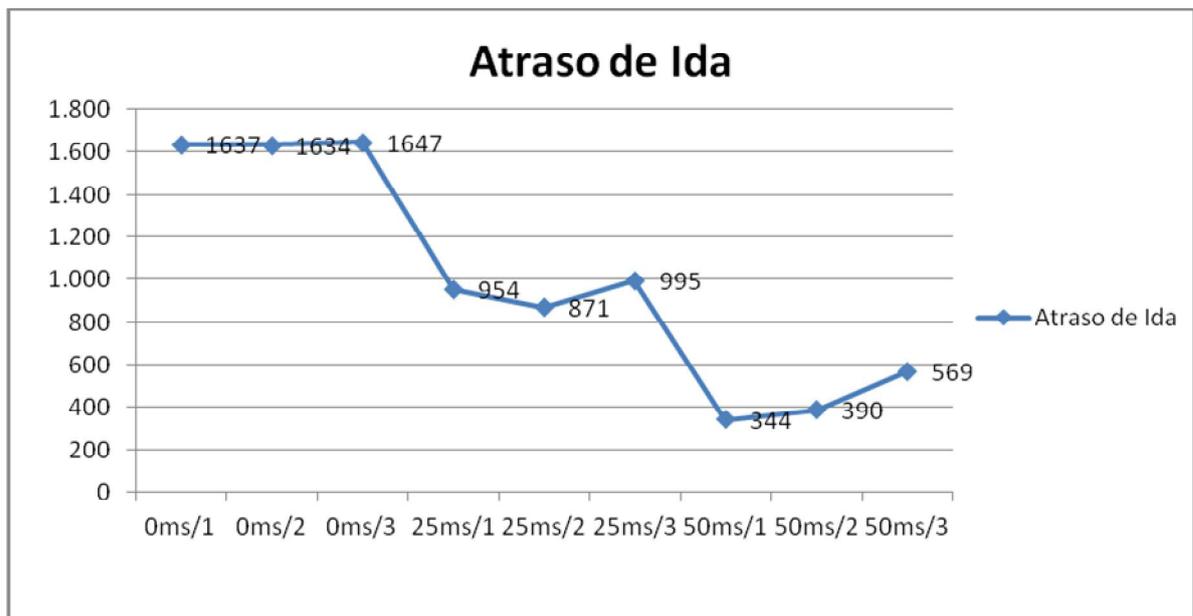


Figura 33 - Atraso de Ida

Como na ida quase não há perda de pacotes, quanto maior for o intervalo em milissegundos de envio, menor será o tempo de atraso para recebimento dos pacotes no servidor.

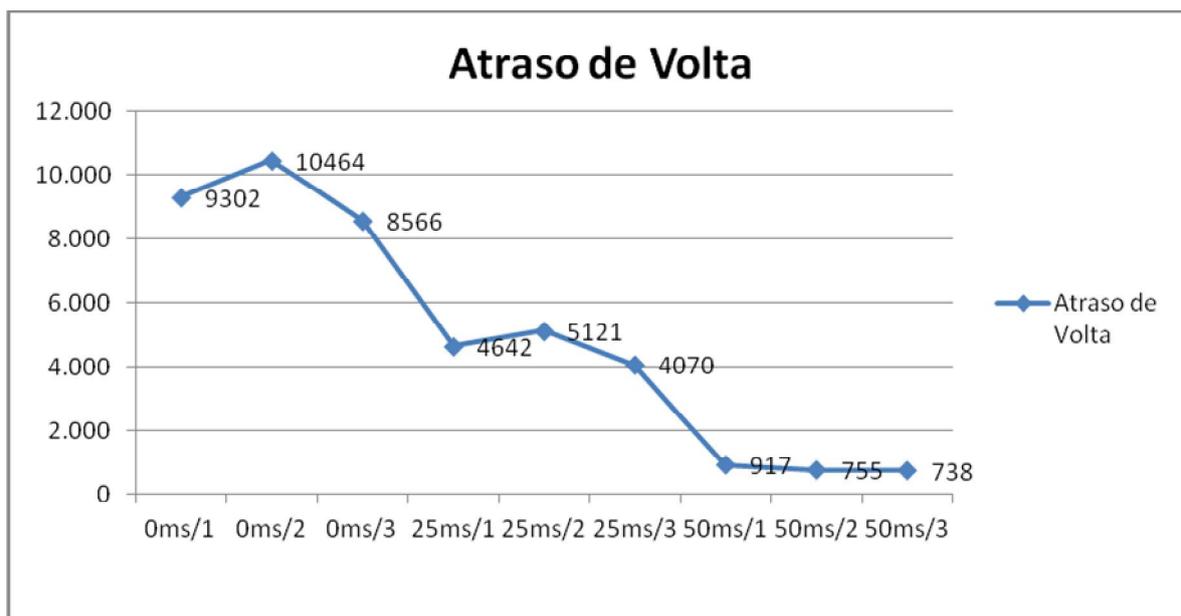


Figura 34 - Atraso de Volta

O atraso de volta se comporta da mesma forma que na ida, porém com atrasos maiores, atribuindo novamente o fator da conexão de volta ser ADSL e de ida ser VIVO ZAP.

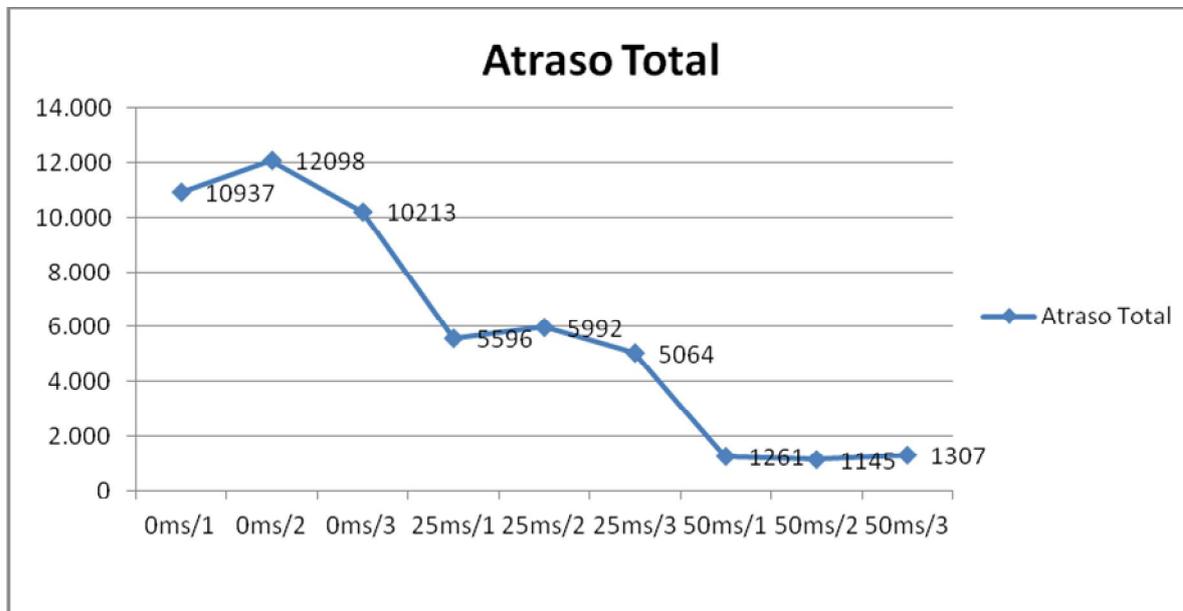


Figura 35 - Atraso de ida e volta

No atraso total, percebe-se que a variação de atraso é menor e mais constante em ordem inversa ao intervalo, de acordo com o esperado.

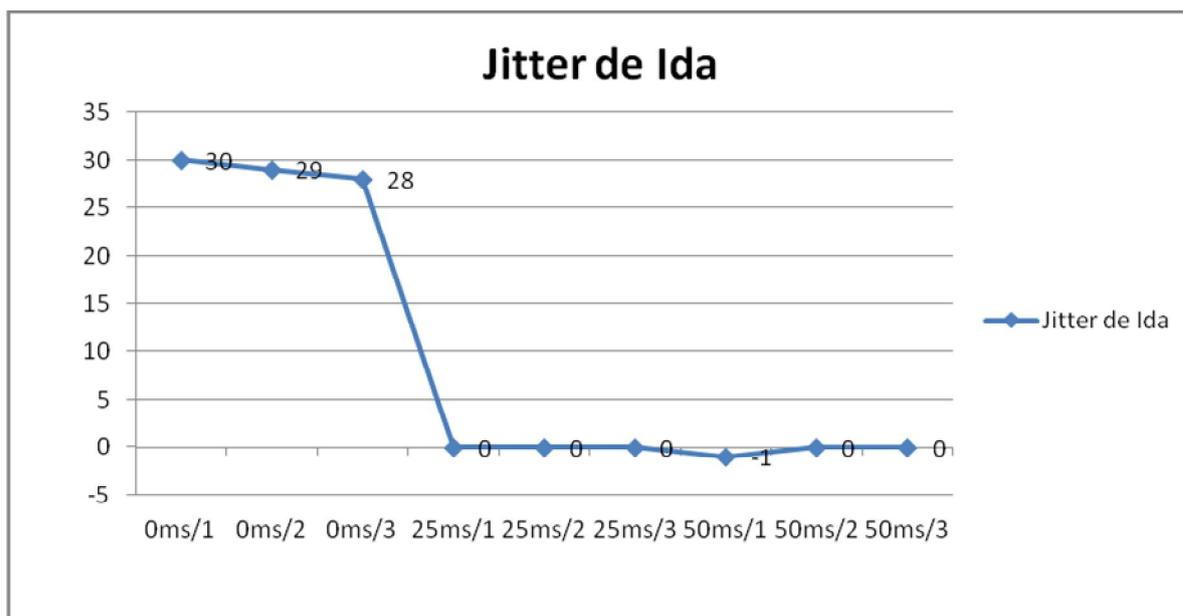


Figura 36 - *Jitter* (Variação do atraso) de Ida

No *Jitter* de Ida verifica-se que, com um pacote de dados de tamanho menor do que o do primeiro teste, a variação do atraso já se tornou melhor a partir de 25 milissegundos de intervalo de envio entre os pacotes.

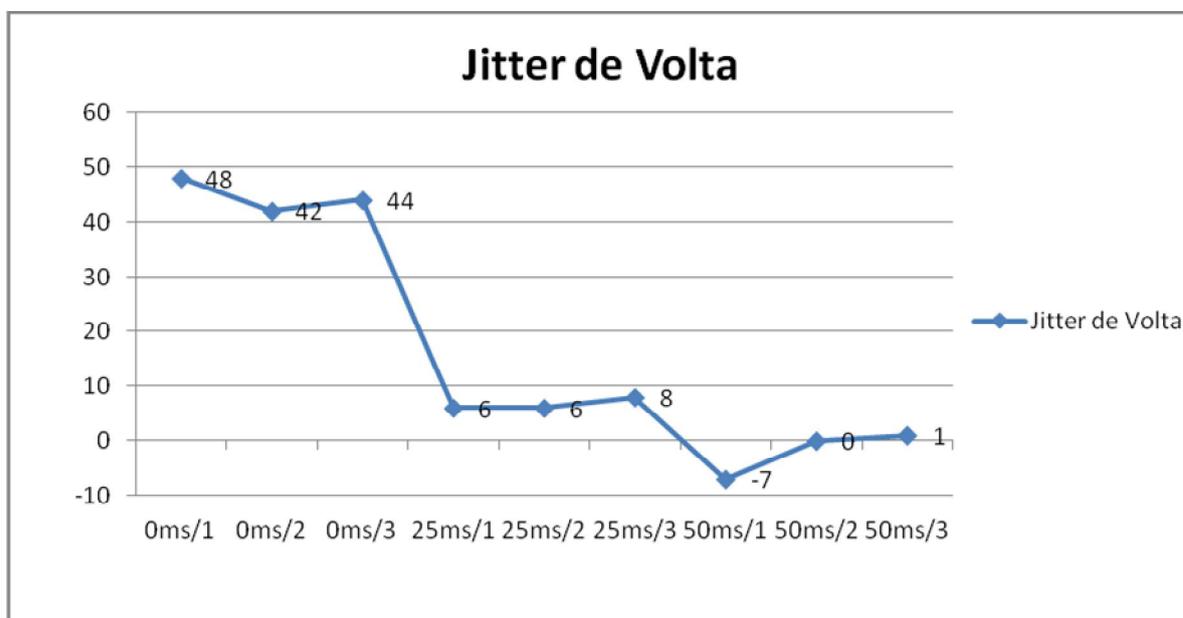


Figura 37 - *Jitter* de Volta

No *Jitter* de Volta observa-se que a variação ainda não é a ideal entre os atrasos no intervalo de 25 milissegundos entre os pacotes, e sim a partir de 50 milissegundos por usarmos tipos de conexões de envio diferentes.

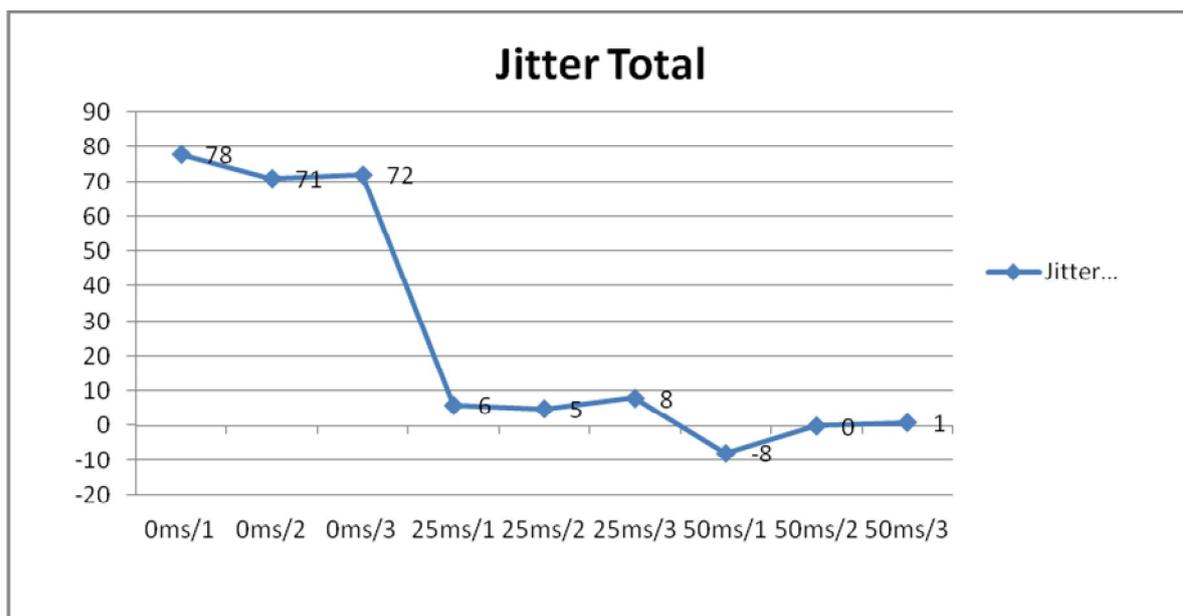


Figura 38 - *Jitter* de Ida e Volta

No *Jitter* total observa-se que quanto maior o intervalo de tempo entre o envio de pacotes, maior será a sua constância.

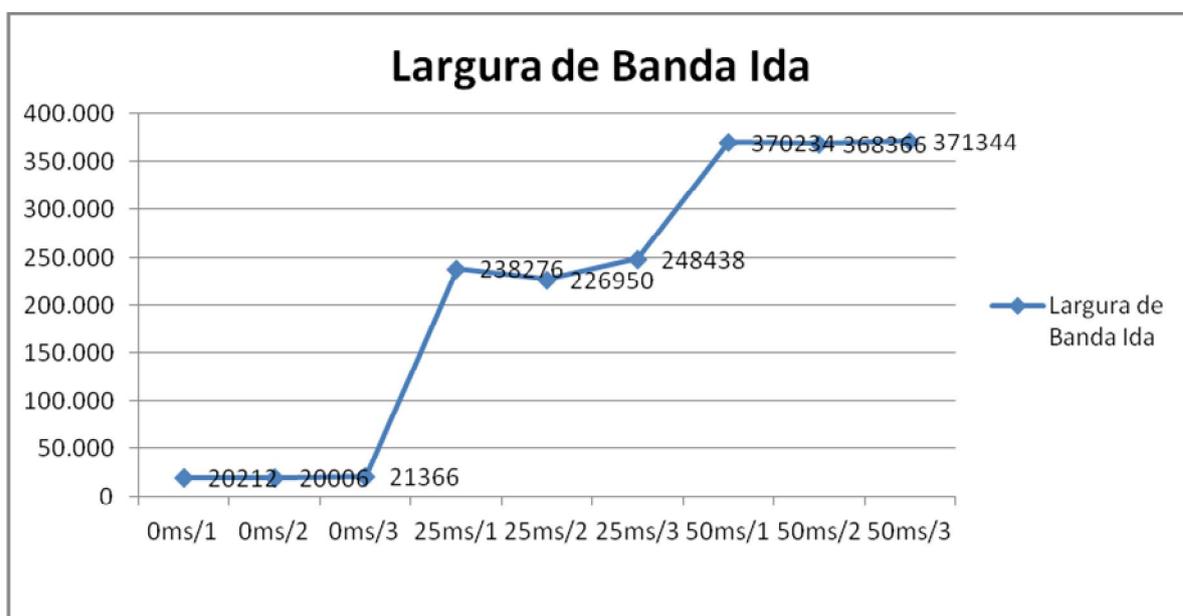


Figura 39 - Largura de banda da Ida

A largura de banda, como no primeiro teste, observa-se um resultado distorcido.

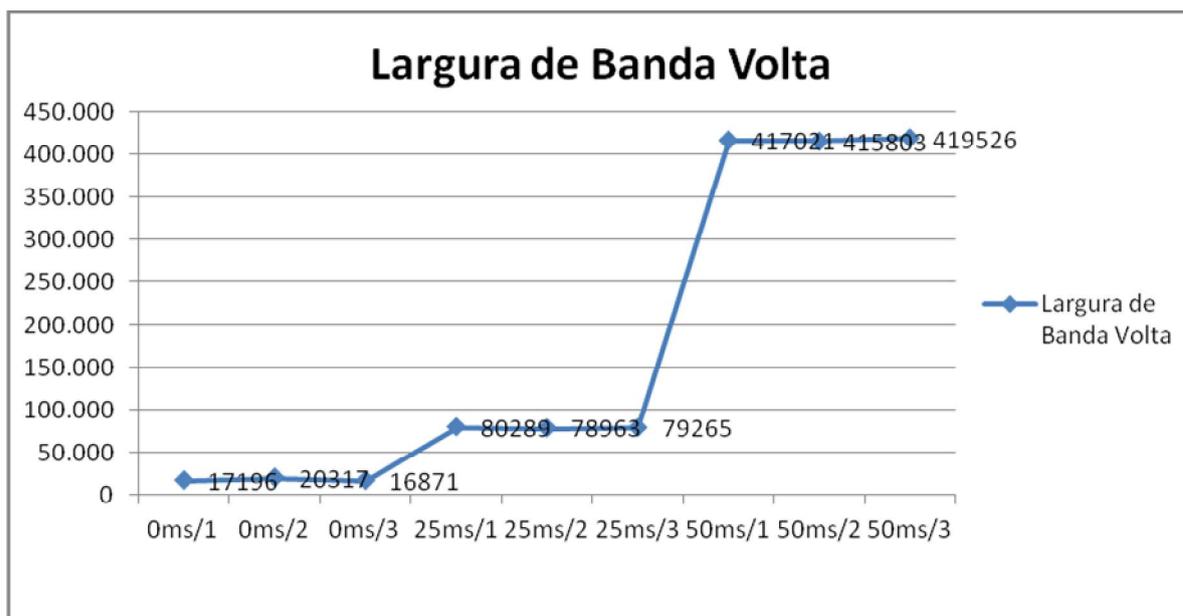


Figura 40 - Largura de banda da volta

3.4.3 Teste com 1000 pacotes de 250 bytes

O terceiro teste foi realizado com 1000 pacotes de 250 bytes, como visualiza-se nos gráficos abaixo, onde cada um foi executado três vezes, tendo no eixo y os milissegundos e no eixo x o intervalo definido para envio de cada pacote e o número do teste para cada uma das medições.

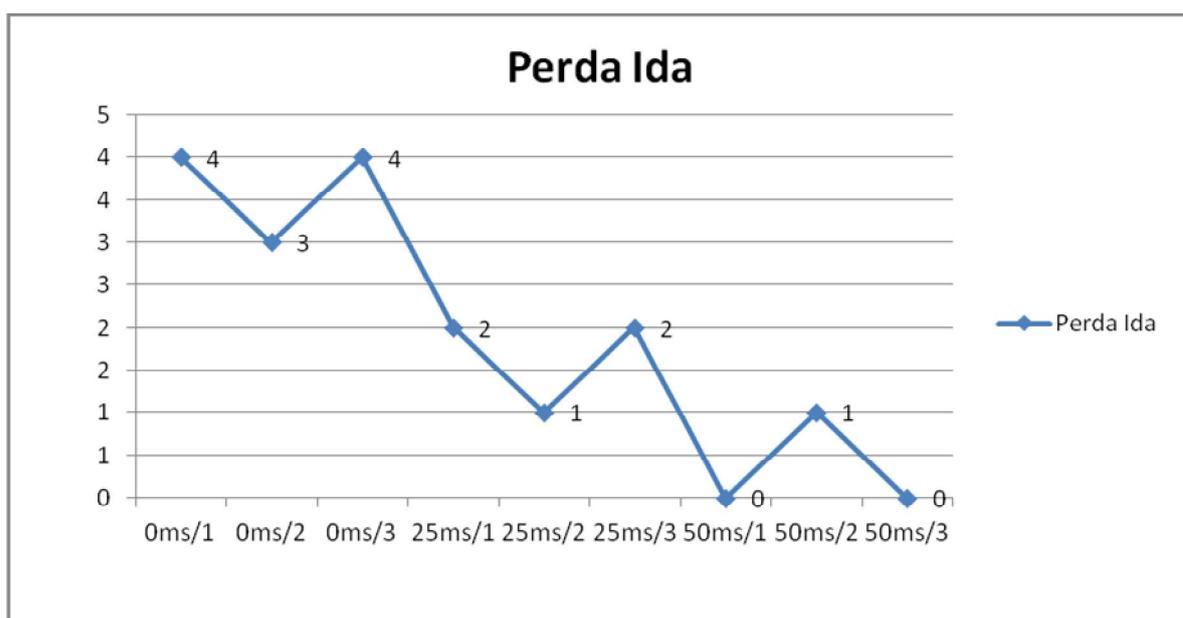


Figura 41 - Perda de pacotes na Ida

Aqui, como no primeiro teste e no segundo teste, continua-se a comprovar que a perda de pacotes no envio em todos os casos foi baixa, mesmo em um envio de pacotes em rajada sem intervalo.

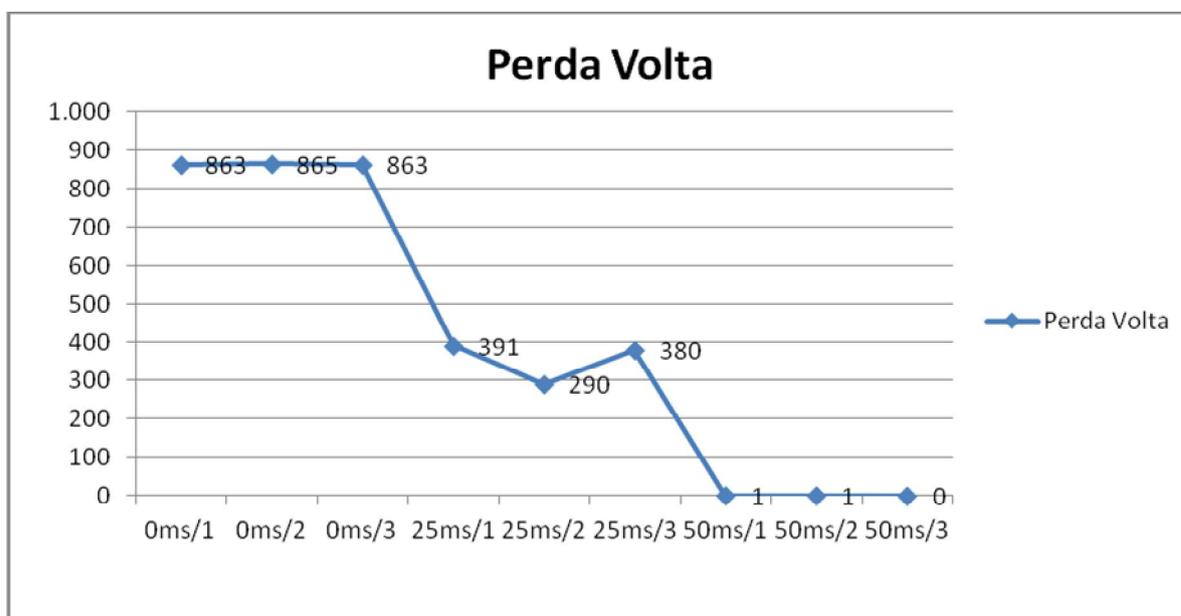


Figura 42 - Perda de Pacotes na Volta

Na figura 41 observa-se que a perda de pacotes decresce consideravelmente quando há um intervalo maior de tempo entre os envios dos pacotes, como observado também no primeiro teste e no segundo teste. Nos primeiros testes onde o intervalo foi definido zero milissegundos, o atraso de volta até o pacote 135 foi crescendo gradualmente e a partir deste pacote praticamente todos os outros foram perdidos. Nos testes de 25 milissegundos a perda de pacotes ocorreu de forma aleatória e não sequencialmente, e nos testes de 50 milissegundos praticamente não houve perda de pacotes, tornado este um cenário mais apropriado para quando é necessário que não haja perda de pacotes. Pode-se considerar que quanto maior o intervalo de envio entre pacotes, maior será a efetividade de recebimento, sendo acima de 50 milissegundos um bom cenário para envio de arquivos de dados, enquanto que para envio de dados como voz e vídeo, que o mais importante é a velocidade e não se houve algum percentual baixo de perda de pacotes, pode-se considerar que com 50 milissegundos de intervalo entre os pacotes o cenário já está com alto desempenho para este tipo de dado.

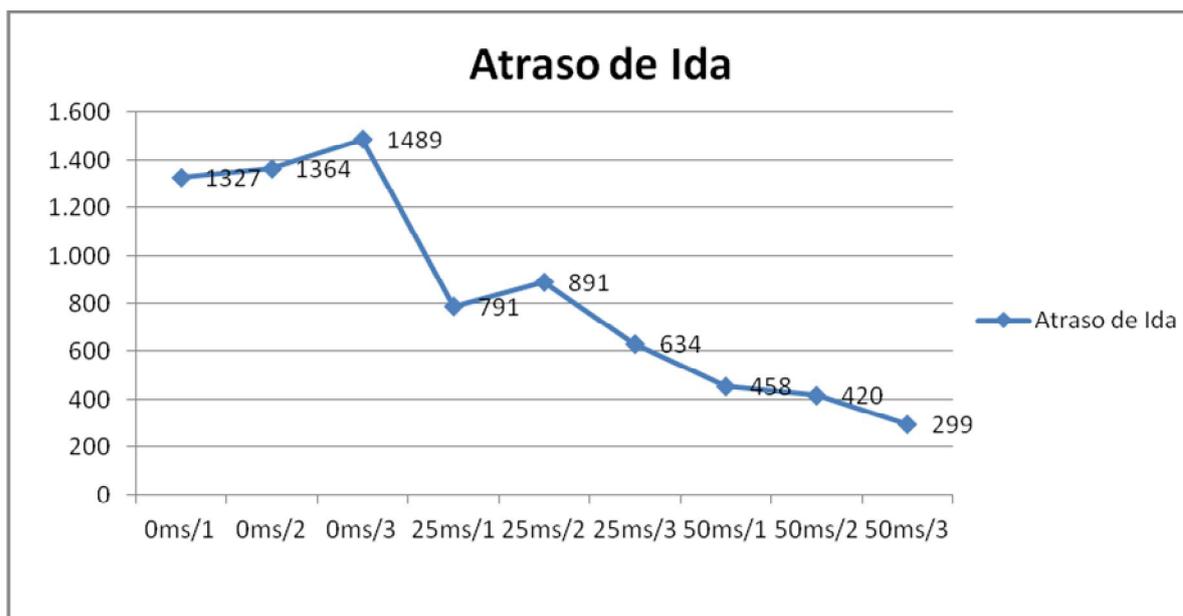


Figura 43 - Atraso de Ida

Como na ida praticamente todos os pacotes são recebidos, pode-se afirmar que os atrasos do recebimento dos pacotes que obtiverem um menor intervalo de tempo de envio demorarão mais a serem recebidos pelo servidor, pois acabarão encontrando um maior congestionamento na banda do canal de transmissão.

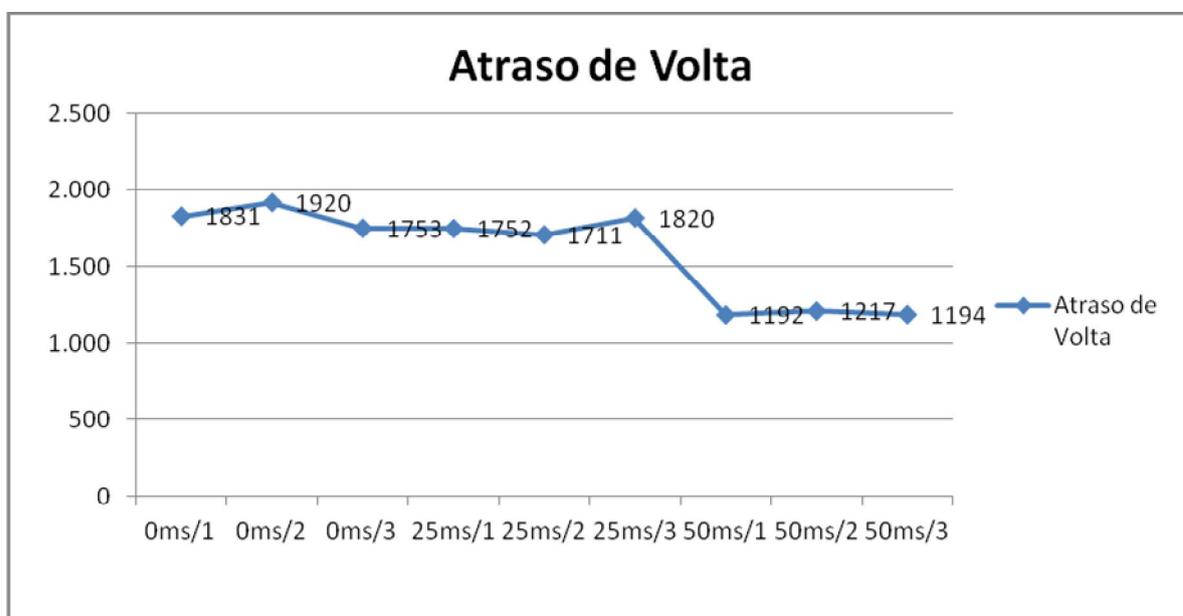


Figura 44 - Atraso de Volta

O atraso de volta se comporta da mesma forma que na ida, como visto nos testes anteriores, porém com atrasos maiores.

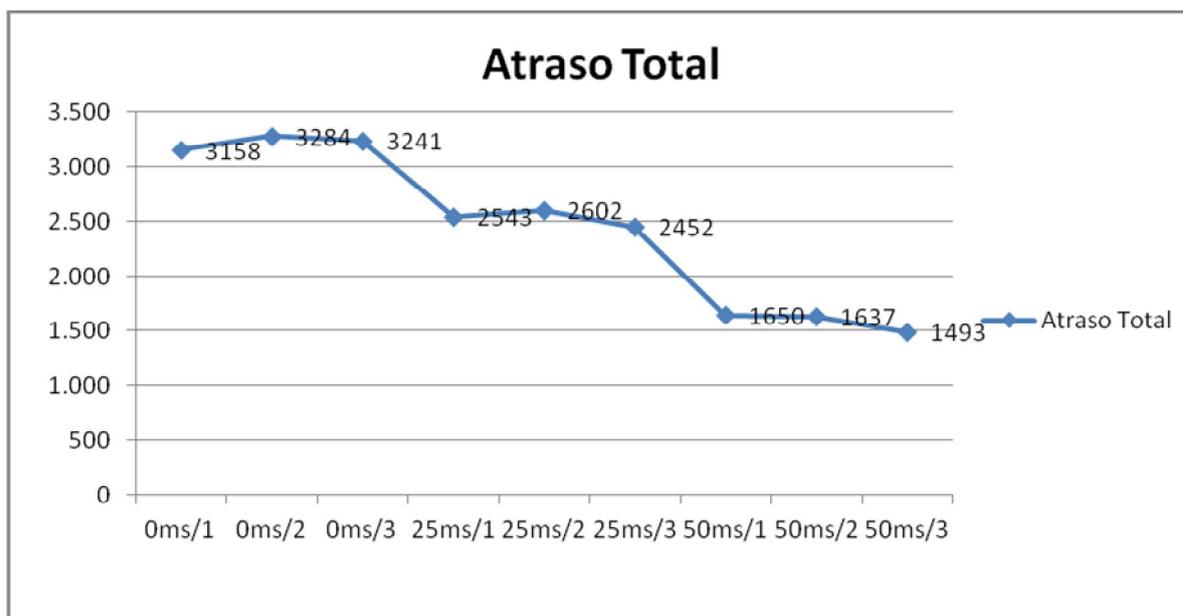


Figura 45 - Atraso Ida e Volta

No atraso total, percebe-se que a variação de atraso é menor e mais constante em ordem inversa ao intervalo, de acordo com o esperado, e de acordo com o que foi observado nos testes anteriores.

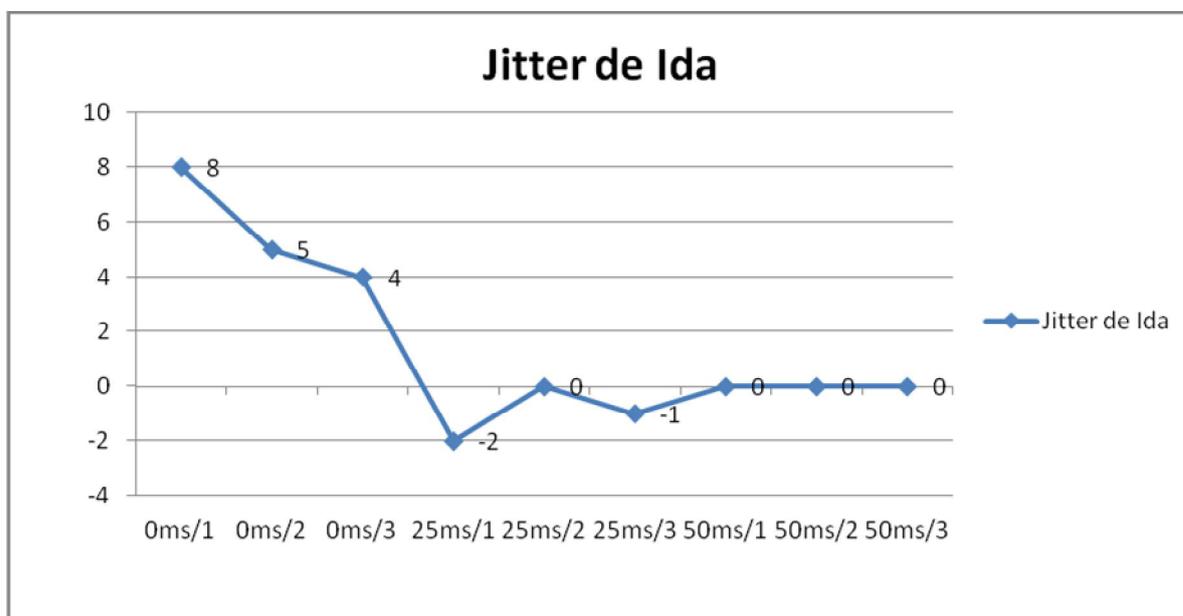


Figura 46 - Jitter de Ida

No *Jitter* de Ida, quanto maior o intervalo, menor a variação de atraso entre os pacotes.

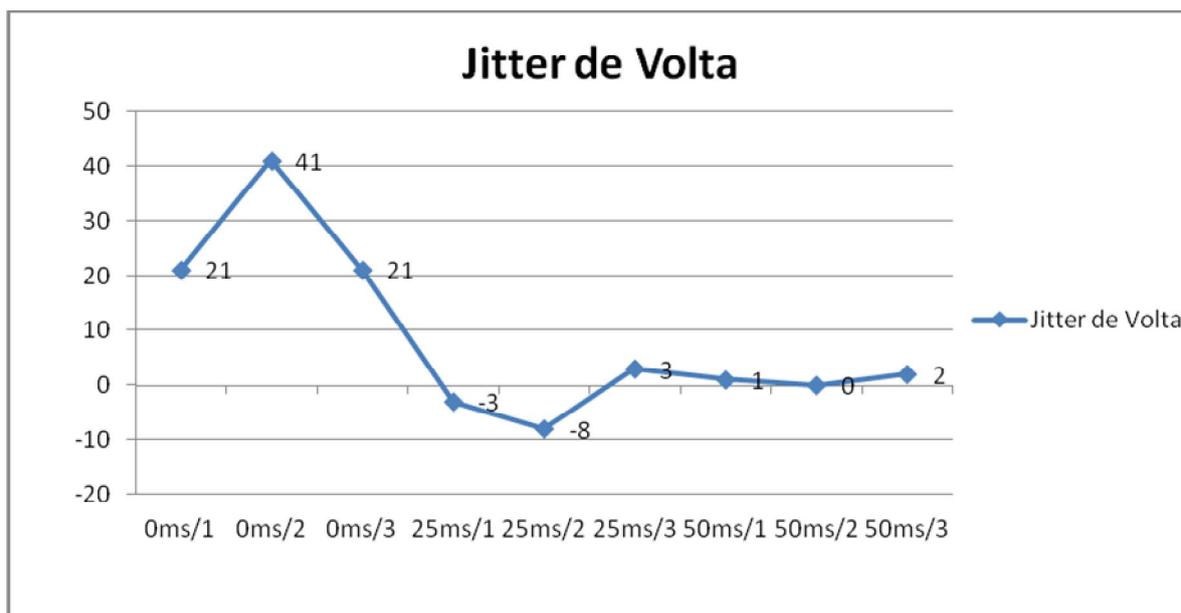


Figura 47 - *Jitter* de Volta

No *Jitter* de Volta observa-se que a variação entre os atrasos no intervalo de 25 milissegundos entre os pacotes não é a ideal, e sim a partir de 50 milissegundos por usarmos tipos de conexões de envio diferentes.

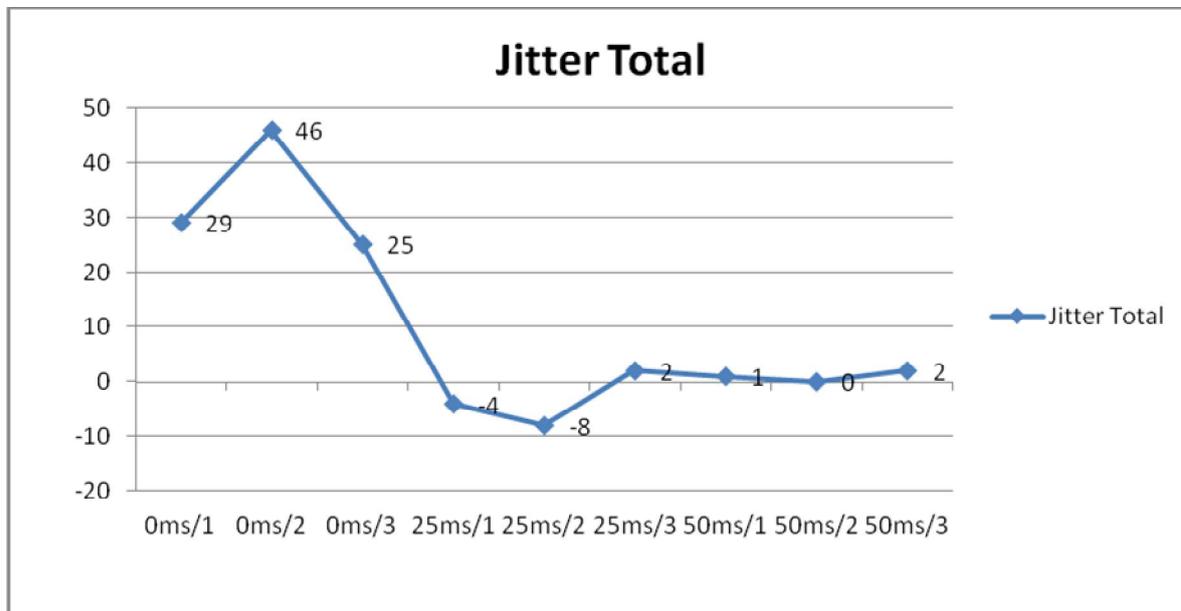


Figura 48 - *Jitter* (Variação de atraso) de ida e volta

No *Jitter* total constata-se que a partir do intervalo de tempo de 50 milissegundos, tanto no caminho de ida como no caminho de volta, a variação entre os atrasos se torna mais constante.

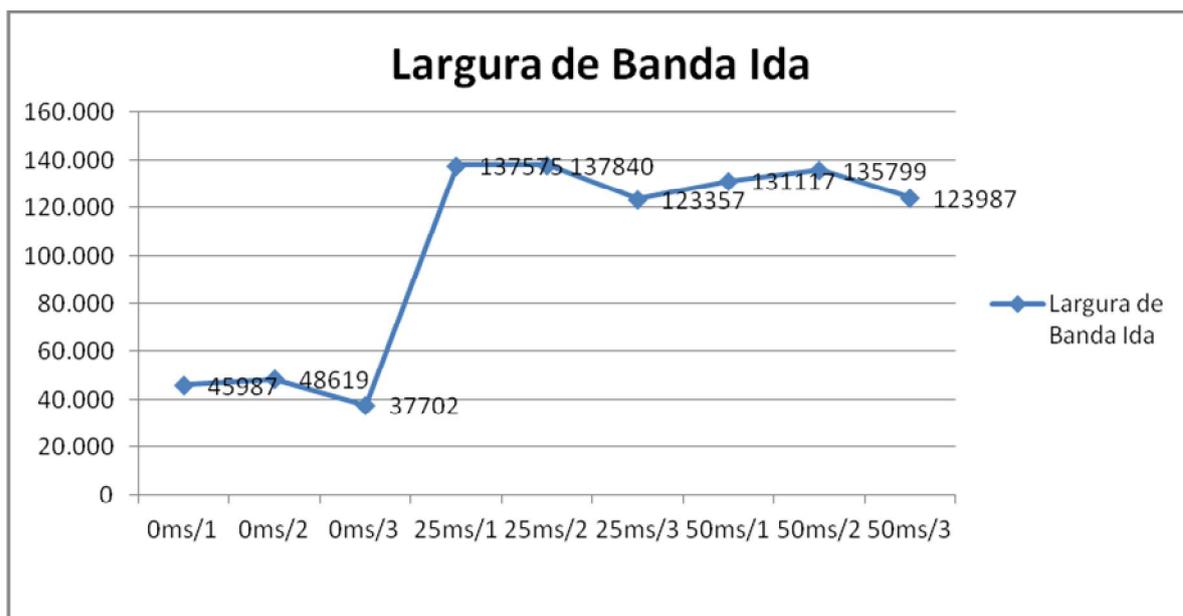


Figura 49 - Largura de banda da Ida

A largura de banda, como no primeiro e no segundo teste, observa-se com resultado distorcido.

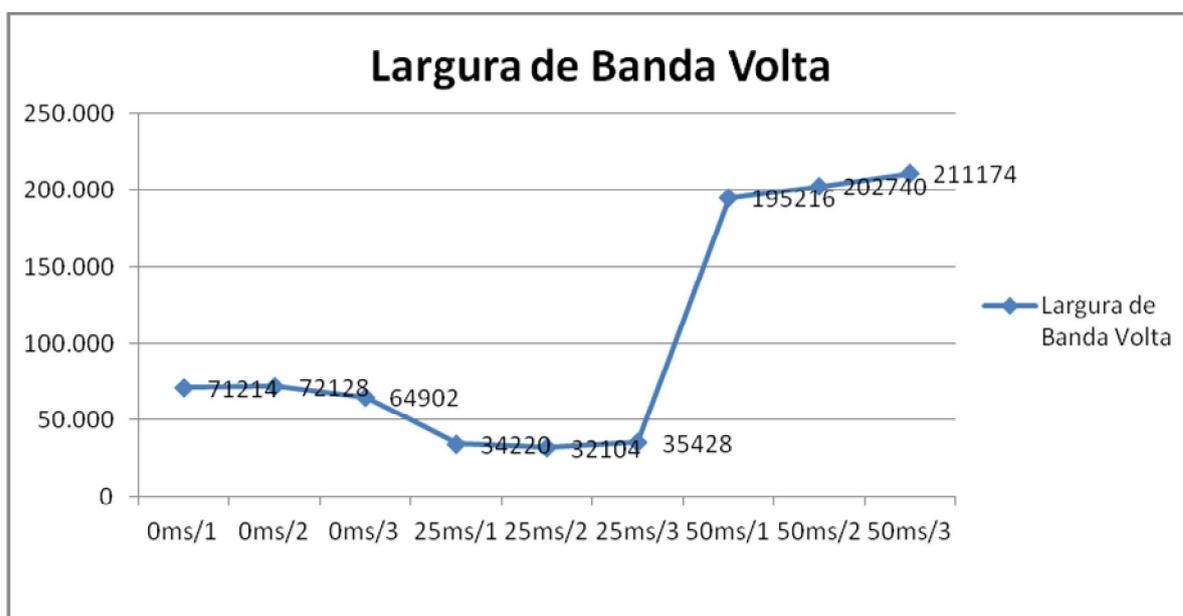


Figura 50 - Largura de banda da volta

Nos testes realizados, observou-se que em horário comercial o tráfego de dados obteve um maior atraso e maior perda de pacotes.

4 CONCLUSÃO

Conclui-se com este trabalho que com o gerenciamento de tráfego de rede pró-ativo pode-se melhorar o desempenho de uma rede sem o custo de novos equipamentos, monitorando a sua utilização, podendo determinar se um enlace específico da rede está sobrecarregado e se existe outro enlace disponível que esteja sendo subutilizado. Também verifica-se com esta ferramenta quais os melhores padrões de intervalo de envio de dados de acordo com o tipo específico que se quer transmitir, seja ele voz, arquivos, vídeo, entre outros.

Para projetos futuros pode-se incluir na ferramenta desenvolvida medições de acordo com tipo de dados mais utilizados na rede, criando-se parâmetros de medições para cada tipo de dados e observando o padrão esperado de acordo com cálculos estatísticos e determinando qual o padrão que a rede em questão está assumindo e suporte a protocolo SNMP para envio de informações para gerentes SNMP.

De acordo com medições que podem ser observadas em horários específicos na rede, também pode-se determinar quais são os horários de pico e quais os horários em que a rede se torna mais disponível, podendo assim determinar execuções de alta prioridade na rede em intervalos em que a rede se torna mais estável e com menor utilização, para que haja um melhor desempenho.

5 REFERÊNCIAS

- OPPENHEIMER, P. Projetos de redes top-down. Rio de Janeiro: Campus, 1997.
- DEMICHELIS C.; CHIMENTO P., 2002, “RFC 3077 – 3393 *IP Packet Delay Variation Metric for IPPM*”. Disponível em: <<http://www.ietf.org>> Acesso em 10.09.2006.
- RNP - Qualidade de Serviço: Diagnóstico e Alternativas. Disponível em: <<http://www.nuperc.unifacs.br/gtqos/arquivos/GTQoSp2.1v10.PDF>>. Acesso em: 10 set. 2006
- BROWNLEE, N.; MURRAY, M., *Streams, Flows and Torrents*. Disponível em: <<http://www.caida.org/outreach/papers/2001/StreamsFlowsTorrents/>> Acesso em: 18 out. 2006.
- KOPETZ, Hermann. *Real-Time Systems: Design Principles for Distributed Embedded Applications*, Springer, 1997.
- IP Quality of Service* - Cisco Press, 18 de Janeiro de 2001 - ISBN 1-57870 -116-3
- CITeseer.IST - *Needed Service for Network Performance Evaluation* . Disponível em: <<http://citeseer.ist.psu.edu/384761.html>>. Acesso em 30 ago. 2006.
- IETF - *The Internet Engineering Task Force*. Disponível em: <<http://www.ietf.org/>>. Acesso em 28 out. 2006.
- Medidas Ativas e Passivas de Desempenho. Disponível em: <<http://www.gta.ufrj.br/~rezende/cursos/eel879/trabalhos/pam/introducao.htm>>. Acesso em 22 ago. 2006.
- COMER et all. *Interligação em Redes com TCP/IP- Vol. I - Princípios, protocolos e Arquitetura (5.ed.)*, Campus, 2006.
- KUROSE, James. ROSS, Keith. *Redes de Computadores e a Internet. (3ed)*. Pearson Addison Wesley, 2006.
- TANENBAUM, Andrew S. *Computer Networks, Fourth Edition*. Prentice Hall, 2003