



**EXPLORANDO A TECNOLOGIA ADSL: UMA
FERRAMENTA DE SUPORTE AO ENSINO
PRESENCIAL E A DISTÂNCIA**

JULIETTE GLEIDE DE OLIVEIRA CAIRES

**Salvador
Maio - 2003**

UNIVERSIDADE SALVADOR
MESTRADO EM REDES DE COMPUTADORES

**EXPLORANDO A TECNOLOGIA ADSL: UMA
FERRAMENTA DE SUPORTE AO ENSINO
PRESENCIAL E A DISTÂNCIA**

Juliette Gleide de Oliveira Caires

Dissertação apresentada à Universidade Salvador como parte das exigências do Curso de Mestrado Profissional em Redes de Computadores, áreas de concentração em Redes de Computadores, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador
Prof. Dr. César Augusto Camillo Teixeira

Salvador
Maio – 2003

EXPLORANDO A TECNOLOGIA ADSL: UMA FERRAMENTA DE SUPORTE AO ENSINO PRESENCIAL E A DISTÂNCIA

JULIETTE GLEIDE DE OLIVEIRA CAIRES

Dissertação apresentada à Universidade Salvador como parte das exigências do Curso de Mestrado Profissional em Redes de Computadores, áreas de concentração em Redes de Computadores, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 23 de maio de 2003

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Hernane Borges de Barros Pereira

Prof. Dr. José Augusto Suruagy Monteiro

Prof. Dr. César Augusto Camillo Teixeira

Membro

Membro

Orientador

Salvador
Maio – 2003

Dedico esta dissertação a todas as mulheres que como eu enfrentam o difícil desafio de ser mãe, esposa, filha, funcionária e estudante ao mesmo tempo e nem por isto desistiram de perseguir seus ideais.

“Quem desiste de um objetivo torna o próximo objetivo mais difícil de alcançar”.

Autor desconhecido.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus por ter me dado a força de vontade que eu necessitava para concluir este trabalho.

À minha família pelo apoio em todos os momentos que precisei. Minha querida mãe Júlia, pelo carinho constante, meu sempre presente marido Walter, pela sua paciência, meus filhos amados Vítor e Vinícius, razões da minha vida, que vieram ao mundo durante a preparação deste trabalho, meu irmão-pai, Gleide José por tudo que fez por mim.

Ao orientador Professor Dr. César Augusto Camillo Teixeira e ao Professor Dr. José Augusto Suruagy Monteiro por acreditarem na minha capacidade.

À equipe de suporte técnico do *Datacenter* da TELEMAR na BAHIA que muito me ajudou disponibilizando recursos de hardware e software necessários ao desenvolvimento deste trabalho, especialmente: Luciana Guimarães, Marcos Vale, Maurício Tourinho, Antônio e o Nilton Pina.

Aos colegas da matriz e da regional Bahia que trabalham com o serviço VELOX, especialmente: Ariadna, Dário, Eugênio, Felipe e o Rafael pela atenção a mim dispensada.

Um agradecimento especial aos estudantes Eduardo Olliver, Rodrigo C. Branco, e Mário Santos, ex-alunos do 4º ano do curso de Processamento de Dados com Ênfase em Análise de Sistemas, da Universidade Salvador – UNIFACS e ao colega de Mestrado e amigo Ednilson Rosa pelas suas participações nos experimentos aqui apresentados.

SUMÁRIO

Lista de siglas	VI
Lista de gráficos	IX
Lista de tabelas	X
RESUMO	XI
ABSTRACT	XII
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 CONTEXTO E MOTIVAÇÃO	1
1.2 OBJETIVO GERAL	2
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	2
2 TECNOLOGIA ADSL.....	4
2.1 ADSL PARA O USUÁRIO FINAL	6
2.2 ADSL NA COMPANHIA TELEFÔNICA.....	7
2.3 PROTOCOLOS PPPoA E PPPoE	8
2.4 G. LITE ou DSL LITE	10
2.5 PADRONIZAÇÃO	10
2.6 ADSL E O MERCADO.....	11
2.7 RESUMO DO CAPÍTULO	12
3 DISTRIBUIÇÃO DE CONTEÚDO MULTIMÍDIA ATRAVÉS DA INTERNET	13
3.1 O PADRÃO H.323.....	13
3.2 O PADRÃO T.120	14
3.3 ALGORITMOS DE COMPRESSÃO	16
3.3.1 Algoritmo de compressão de áudio	17
3.3.2 Algoritmo de compressão de imagem e vídeo	17
3.4 MODALIDADES DE TRANSMISSÃO.....	18
3.5 PROTOCOLOS RTP E RTCP	19

3.6	FERRAMENTAS DE DISTRIBUIÇÃO	20
3.6.1	<i>Videoconferência</i>	20
3.6.2	<i>Servidor de video stream</i>	20
3.7	RESUMO DO CAPÍTULO	22
4	CENÁRIOS EDUCACIONAIS.....	23
4.1	CENÁRIOS EDUCACIONAIS COM TRANSMISSÃO DE ÁUDIO E VÍDEO AO VIVO.....	24
4.1.1	<i>Cenários que utilizam videoconferência</i>	24
4.1.2	<i>Cenários que utilizam servidor de video stream</i>	30
4.2	CENÁRIOS EDUCACIONAIS QUE UTILIZAM VÍDEOS PRÉ-GRAVADOS	34
4.3	RESUMO DO CAPÍTULO	37
5	ANÁLISE DE DESEMPENHO DOS CENÁRIOS EDUCACIONAIS – UMA AVALIAÇÃO OPERACIONAL.....	39
5.1	QUALIDADE DE SERVIÇOS (QoS).....	39
5.1.1	<i>Vazão</i>	40
5.1.2	<i>Taxa de Perda de Pacotes</i>	41
5.1.3	<i>Retardo de Pacotes.....</i>	41
5.1.4	<i>Variação do atraso</i>	42
5.2	OS EXPERIMENTOS E SUAS ANÁLISES	42
5.2.1	<i>Obtenção das medidas dos parâmetros de qualidade</i>	44
5.2.2	<i>Experimentos com transmissão ao vivo utilizando servidor de video stream</i>	46
5.2.2.1	<i>Descrição dos experimentos</i>	46
5.2.2.2	<i>Detalhes das implementações.....</i>	47
5.2.2.3	<i>As medidas e suas análises</i>	52
5.2.2.4	<i>Conclusão dos experimentos com utilização de servidor de vídeo</i>	62
5.2.3	<i>Experimentos com videoconferência ponto a ponto.....</i>	64
5.2.3.1	<i>Descrição dos experimentos</i>	64
5.2.3.2	<i>Detalhes das implementações.....</i>	65
5.2.3.3	<i>As medidas e suas análises</i>	67
5.2.3.4	<i>Conclusão dos experimentos com videoconferência.....</i>	75
6	CONCLUSÃO	77
6.1	CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO	79
6.2	TRABALHOS FUTUROS	80
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81

ANEXOS	83
ANEXO 01 - Comparativo das operadoras que oferecem ADSL no Brasil.....	83
ANEXO 02 – Gráficos individuais (por turno) dos experimentos com o servidor de <i>video stream</i>	84
ANEXO 03 – Gráficos individuais (por turno) dos experimentos com videoconferência ponto-a-ponto	92

Lista de siglas

ADSL	<i>Asymmetric Digital Subscriber Line</i>
ANATEL	<i>Agência Nacional de Telecomunicações</i>
ANSI	<i>American National Standards Institute</i>
ATM	<i>Asynchronous Transfer Mode</i>
BRAS	<i>Broadband Remote Access Server</i>
CaTV	<i>Cable TV</i>
CPE	<i>Customer Premises Equipment</i>
DAVIC	<i>Digital Audio-Visual Council</i>
DHCP	<i>Dynamic Host Configuration Protocol</i>
DMT	<i>Discrete Multitone</i>
DNS	<i>Domain Name Server</i>
DSLAM	<i>Digital Subscriber Line Access Multiplexer</i>
DSL	<i>Digital Subscriber Line</i>
EaD	<i>Ensino a Distância</i>
ETSI	<i>European Technical Standards Institute</i>
FDM	<i>Frequency Division Multiplexing</i>
FTP	<i>File Transfer Protocol</i>
HDSL	<i>High-bit-rate Digital Subscriber Line</i>
IETF	<i>Internet Engineering Task Force</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
IRC	<i>Internet Relay Chat</i>
ISDN	<i>Integrated Services Digital Network</i>
ISP	<i>Internet Service Provider</i>
ITU	<i>International Telecommunications Union</i>
LAN	<i>Local Area Network</i>
MCU	<i>Multipoint Control Unit</i>
MODEM	<i>Modulador Demodulador</i>
MOS	<i>Mean Opinion Score</i>
MPEG	<i>Motion Picture Experts Group</i>
MRTG	<i>Multi Router Traffic Grapher</i>
NAT	<i>Network Address Translation</i>
PDU	<i>Protocol Data Unit</i>
POTS	<i>Plain Old Telephone System</i>
PPP	<i>Point-to-Point Protocol</i>
PPPoA	<i>PPP over ATM</i>
PPPoE	<i>PPP over Ethernet</i>
PC	<i>Personal Computer</i>
PCI	<i>Peripheral Component Interconnect</i>
PVC	<i>Permanent Virtual Circuit</i>
QoS	<i>Quality of Service</i>
RADSL	<i>Rate Adaptive Digital Subscriber Line</i>
RTCP	<i>Real Time Control Protocol</i>
RTP	<i>Real Time Transport Protocol</i>
S-HDSL	<i>Single-pair High-bit-rate DSL</i>
SDSL	<i>Single-pair Digital Subscriber Line</i>
SLA	<i>Service Level Agreement</i>
SMTP	<i>Simple Mail Transfer Protocol</i>

SNMP	<i>Simple Network Management Protocol</i>
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
TDM	<i>Time Division Multiplexing</i>
UDP	<i>User Datagram Protocol</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
URL	<i>Uniform Resource Locator</i>
VDSL	<i>Very-high-bit-rate Digital Subscriber Line</i>
VoD	<i>Video On Demand</i>
WWW	<i>World Wide Web</i>

Lista de figuras

FIGURA 2.1 - Separação de canais para tecnologia ADSL por FDM.....	06
FIGURA 2.2 - Separação de canais para tecnologia ADSL por Cancelamento de Eco.....	06
FIGURA 2.3 - Esquema representativo de um <i>splitter</i> com a tecnologia ADSL.....	07
FIGURA 2.4 - Conexão ADSL – Assinante – Central telefônica.....	08
FIGURA 2.5 - Separação de canais da tecnologia G.Lite	10
FIGURA 3.1 - Estrutura definida pela norma T.120.....	16
FIGURA 4.1 – Videoconferência ponto-a-ponto	25
FIGURA 4.2 – Videoconferência ponto-a-ponto – rede local.....	26
FIGURA 4.3 – Videoconferência multiponto – rede local.....	27
FIGURA 4.4 – Videoconferência multiponto – residências dos alunos.....	30
FIGURA 4.5 – Servidor de vídeo transmitindo ao vivo.....	31
FIGURA 4.6 – Servidor de vídeo transmitindo ao vivo – rede local	32
FIGURA 4.7 – Servidor de vídeo transmitindo ao vivo – residências dos alunos.....	33
FIGURA 4.8 – Transmissão de vídeos pré-gravados	35
FIGURA 4.9 – Transmissão de vídeos pré-gravados - rede local.	36
FIGURA 4.10 – Transmissão de vídeos pré-gravados – residências dos alunos	37
FIGURA 5.1 – Tela do <i>EtherPeek</i> capturando pacotes no <i>modem</i> ADSL.....	44
FIGURA 5.2 – Filtro na interface de um <i>modem</i> ADSL.....	45
FIGURA 5.3 – Cenário implementado utilizando servidor de <i>video stream</i>	47
FIGURA 5.4 – Tela do <i>encoder</i> no momento da transmissão ao vivo.....	48
FIGURA 5.5 – Tela do <i>player</i> do usuário	49
FIGURA 5.6 - Representação do tempo de resposta - servidor de <i>video stream</i>	58
FIGURA 5.7 – Topologia do experimento com videoconferência ponto a ponto	65
FIGURA 5.8 - Telas do experimento com videoconferência ponto a ponto.....	66
FIGURA 5.9 – Representação do tempo de resposta – videoconferência.....	71

Lista de gráficos

GRÁFICO 1.1 – Evolução da tecnologia ADSL no Brasil	01
GRÁFICO 5.1 – Tráfego diário na interface do roteador - A – LAN	50
GRÁFICO 5.2 – Vazão média da banda nos experimentos com servidor de <i>video stream</i>	53
GRÁFICO 5.3 – <i>Jitter</i> médio dos experimentos com servidor de <i>video stream</i>	55
GRÁFICO 5.4 – Tempo inicial médio de resposta dos experimentos com servidor de <i>video stream</i>	59
GRÁFICO 5.5 – Perda média de pacotes dos experimentos com servidor de <i>video stream</i>	61
GRÁFICO 5.6 – Vazão nos experimentos com videoconferência.....	68
GRÁFICO 5.7 – <i>Jitter</i> médio dos experimentos com videoconferência.....	70
GRÁFICO 5.8 – Tempo médio de resposta dos experimentos com videoconferência..	72
GRÁFICO 5.9 – Percentual médio de pacotes nos experimentos da videoconferência.	74
GRÁFICO A2.1 – Vazão (por turno) dos experimentos 01	84
GRÁFICO A2.2 – Vazão (por turno) dos experimentos 02	85
GRÁFICO A2.3 – <i>Jitter</i> (por turno) dos experimentos 01	86
GRÁFICO A2.4 – <i>Jitter</i> (por turno) dos experimentos 02.....	87
GRÁFICO A2.5 – Tempo de resposta inicial (por turno) dos experimentos 01	88
GRÁFICO A2.6 – Tempo de resposta inicial (por turno) dos experimentos 02.....	89
GRÁFICO A2.7 – Perda de pacotes (por turno) dos experimentos 01	90
GRÁFICO A2.8 – Perda de pacotes (por turno) dos experimentos 02	91
GRÁFICO A3.1 – Vazão dos experimentos com videoconferência.....	92
GRÁFICO A3.2 – <i>Jitter</i> dos experimentos com videoconferência.....	92
GRÁFICO A3.3 – Percentual de perdas de pacotes dos experimentos com videoconferência	93
GRÁFICO A3.4 – Tempo de resposta inicial dos experimentos com videoconferência	93

Lista de tabelas

TABELA 2.1 – Resumo das principais tecnologias xDSL	04
TABELA 4.1 – Comparativo dos tempos de <i>download</i> de um arquivo com 60MB.....	35
TABELA 5.1 – Classificação da qualidade do áudio e do vídeo transmitidos	43
TABELA 5.2 – Estatística da vazão dos experimentos com servidor de <i>video stream</i> .	53
TABELA 5.3 – Estatística do <i>jitter</i> nos experimentos com servidor de <i>video stream</i> ...	56
TABELA 5.4 – Estatística do tempo de resposta dos experimentos com servidor de <i>video stream</i>	59
TABELA 5.5 – Estatística da perda de pacotes dos experimentos com servidor de <i>video stream</i>	61
TABELA 5.6 – Largura de banda dos experimentos com videoconferência ponto-a-ponto	64
TABELA 5.7 – Estatística da vazão dos experimentos com videoconferência	68
TABELA 5.8 – Estatística do <i>jitter</i> dos experimentos com videoconferência.....	70
TABELA 5.9 – Estatística do tempo de resposta dos experimentos com videoconferência.....	73
TABELA 5.10 – Estatística da perda de pacotes dos experimentos com videoconferência.....	74
TABELA 5.11 – Comparação entre valores de referência e valores médios encontrados nos experimentos com videoconferência.....	75
TABELA A1.1 – Comparativo das ofertas de ADSL no Brasil.....	83

RESUMO

Caires, Juliette G. O. **Explorando a tecnologia ADSL: Uma ferramenta de suporte ao ensino presencial e a distância**. 2003. 108 f. (Dissertação de Mestrado em Redes de Computadores), Universidade Salvador, Salvador – Bahia.

Palavras-chave: Ensino a distância, Educação a distância, Tecnologia ADSL, Videoconferência, Servidor de *video stream* e Vídeo pré-gravado.

O uso do computador e da Internet no apoio ao ensino tem alcançado uma grande popularidade. Atualmente no Brasil há um número significativo de universidades e escolas ligadas à rede. Isto prova o grande interesse das instituições de ensino em prover os seus alunos de uma moderna estrutura computacional que permita que a prática pedagógica vá além da sala de aula. Porém, não basta apenas o interesse das instituições de ensino, necessário se faz, também, a criação de mecanismos que construam ambientes de aprendizagem através da Internet muito estimulantes e eficientes. Com o surgimento de tecnologias mais rápidas de acesso à Internet, conhecidas como tecnologia de banda larga ou *broadband*, e de modernas técnicas que otimizam o uso do canal de comunicação, já é possível pensar na utilização de recursos multimídia (som, imagem e vídeo) no apoio ao ensino, principalmente naqueles que promovam uma interatividade virtual síncrona entre professor e alunos. Portanto, é importante que sejam estudadas ferramentas e recursos que possam ser utilizados de forma eficaz para a criação dos ambientes que permitam essa interação. Diante deste cenário, a intenção deste trabalho é propor e avaliar Cenários Educacionais que possam utilizar a tecnologia ADSL, a tecnologia *broadband* mais difundida atualmente no Brasil, e recursos que proporcionam interatividade síncrona e assíncrona entre professor e alunos através da transmissão de conteúdos multimídia via Internet. A avaliação dos cenários é feita através da medida dos principais parâmetros de qualidade de serviço (QoS) obtidas nos experimentos práticos realizados. Além das descrições dos Cenários Educacionais, topologias, configurações, ferramentas utilizadas e as respectivas análises de desempenho, este trabalho também apresenta as principais características técnicas da tecnologia ADSL bem como ferramentas que capturam e distribuem conteúdo multimídia através da Internet.

ABSTRACT

Caires, Juliette G. O. **Exploring ADSL technology: A tool in support of conventional and distance education**. 2003. 108 sheet. (Master on Computer Network Monography), Salvador University , Salvador - Bahia.

Key-words: Distance Learning, Distance Education, ADSL Technology, Videoconferencing, Video Stream Server and Video On-Demand (VoD).

The use of computer and Internet in support of education has reached great popularity. There is currently in Brasil a significant number of Universities and High Schools linked to computer networks. That proves the great interest of educational institutions in providing its students with a modern computational structure that allows that the pedagogical practices goes beyond the classroom. However, the interest of the educational institutions is not enough. The need for mechanisms that create an adequate, efficient and stimulanting learning environment through the Internet still remains. With the sprouting of faster Internet access technologies, known as broadband technologies, and modern techniques that optimize the use of telecommunication channel, it is already possible to think about the use of multimedia resources (such as sound, image and video) in the support of education, mainly on those resources that promote a synchronous virtual interactivity between teacher and student. Therefore, it is important to study tools and resources that can be used to efficiently create the environments that allow this interaction. This way, the intention of this work is to consider and to evaluate Educational Sceneries that can use ADSL thecnology, the broadband thecnology more spread out currently in Brazil, and resources which provide synchronous and asynchronous interactivity between teacher and students through the transmission of multimedia content through the Internet. The evaluation of the contexts is made through the measurement of the main quality of service (QoS) parameters obtained through practical experiments. Beyond the descriptions of the Educational Sceneries, topologies, used configurations, tools and the corresponnding performance evaluation, this work also presents the main technical characteristics of the ADSL thecnology, as well as tools which capture and distribute content multimedia through the Internet.

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO E MOTIVAÇÃO

Cada vez mais se tem procurado formas de aprimorar o ensino. A Internet tem se mostrado uma ferramenta de apoio à atualização e renovação da prática do ensino convencional (i.e. ensino presencial), pois possibilita uma maior interação entre professor e alunos através da troca de informações extra-classe (FISCHER, 2001). Acrescentando a isto, com a utilização de novas técnicas pedagógicas na preparação do material didático, é possível, através da utilização de ambientes virtuais, estender a prática do ensino além da sala de aula (ensino a distância - EaD).

Motivadas pela disseminação de tecnologias de banda larga no Brasil, as instituições de ensino têm aumentado o interesse em prover uma estrutura de comunicação virtual fazendo uso de conteúdo multimídia (vídeo, áudio e imagens), em tempo real ou não, no apoio ao ensino, tornando a comunicação entre professor e alunos ainda mais interativa. Estas tecnologias estão espalhando-se rapidamente e tornando possível a disponibilização de conexões mais baratas e de alta velocidade nos grandes centros urbanos. Para se ter uma idéia, o gráfico 1.1 apresenta uma projeção da tecnologia ADSL até o final de 2003 (TELETIME NEWS, 2003).

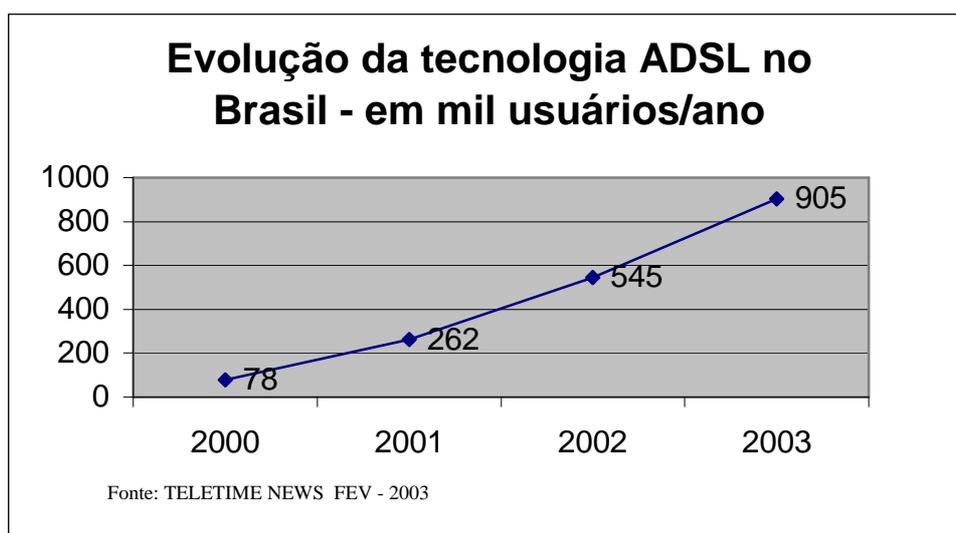


Gráfico 1.1 – Evolução da tecnologia ADSL no Brasil.

Entretanto, para que seja possível a utilização destas tecnologias no apoio ao ensino, é necessário criar ambientes eficazes que promovam uma estimulante interatividade entre professor e alunos, através do uso de ferramentas e de recursos informáticos que permitam esta interação.

1.2 OBJETIVO GERAL

Analisar a tecnologia ADSL como uma ferramenta de suporte ao ensino presencial e a distância.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apresentar diferentes Cenários Educacionais que promovam a interatividade síncrona (on-line) e assíncrona (off-line) entre professor e alunos, independente de onde eles estejam localizados;
- Implementar alguns dos cenários apresentados;
- Analisar o desempenho dos cenários implementados através dos resultados obtidos nas medidas dos parâmetros de qualidade de serviço - QoS (i.e. jitter, tempo de resposta, perda de pacotes e vazão). Os cenários são analisados tomando a tecnologia ADSL como base de comunicação, e ferramentas que possibilitam a interatividade entre professor e alunos através da transmissão de conteúdo multimídia em tempo real ou não, através da Internet.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Além desta introdução, na qual são apresentados o contexto, a motivação, os objetivos geral e específicos, esta dissertação está organizada em mais cinco capítulos.

O capítulo 2 – Tecnologia ADSL: apresenta suas definições e as características básicas; explica as técnicas de multiplexação para melhor aproveitamento do canal; mostra as variáveis e fatores limitantes no uso da tecnologia, bem como as principais características no usuário final e nas companhias telefônicas; apresenta as principais características dos protocolos PPPoE e PPPoA, e por fim apresenta um panorama da situação atual da tecnologia ADSL no Brasil.

O capítulo 3 - Distribuição de conteúdo multimídia através da Internet: aborda os algoritmos de compressão de áudio e vídeo, os principais padrões para transmissão em redes de conteúdo multimídia, as modalidades de transmissão (i.e. *unicast*,

broadcast e multicast), os protocolos RTP e RTCP bem como as ferramentas de distribuição que são utilizadas mais adiante neste trabalho.

No capítulo 4 – Cenários Educacionais: são abordados cenários que caracterizam diferentes formas para a prática do ensino presencial e à distância.

Esse capítulo está subdividido em duas seções: uma intitulada Cenários Educacionais com transmissão de sons e imagens ao vivo, são propostos sete cenários, e a outra intitulada Cenários Educacionais com utilização de vídeos Pré-gravados, onde são propostos três cenários. Para cada um dos cenários é feita uma descrição sucinta, são apresentadas as principais características, topologia e as devidas considerações.

O capítulo 5 – Análise de desempenho dos Cenários Educacionais - Uma avaliação operacional, também possui duas seções: Parâmetros de qualidade de serviço (QoS) e Os experimentos e suas análises.

Na seção 5.1 – Parâmetros de QoS: são apresentados os principais parâmetros de qualidade de serviço que interferem no desempenho das transmissões de conteúdos multimídia através da Internet.

Na seção 5.2 – Os Experimentos e suas análises: são apresentados os experimentos realizados, descrições, topologias, detalhes das implementações (e.g. recursos utilizados, configurações, etc.) e as suas análises através das medidas dos parâmetros de qualidade obtidos em cada experimento.

O trabalho é concluído no capítulo 6 – Conclusão - este capítulo sintetiza as análises feitas no capítulo anterior, apresenta os principais fatores de sucesso e insucesso da utilização da tecnologia experimentada apoiando o ensino presencial e a distância e as conclusões finais.

2 TECNOLOGIA ADSL

A tecnologia ADSL - *Asymmetric Digital Subscriber Line* (Linha Digital Assimétrica de Assinante) é uma tecnologia de acesso em alta velocidade que utiliza a infra-estrutura de par metálico (par trançado) existente nas redes de telefonia das empresas de telecomunicações.

É uma tecnologia proveniente da família xDSL, onde o “x” refere-se às diferentes alternativas de implementação: HDSL (*High Bit-Rate Digital Subscriber Line*), SDSL (*Single-Line Digital Subscriber Line*), VDSL (*Very High Bit-Rate Subscriber Line*), etc. A Tabela 2.1 apresenta um resumo comparativo destas principais tecnologias (GINSBURG, 2000).

Tabela 2.1 – Resumo das principais tecnologias xDSL.

Tecnologia	Descrição	Taxa de dados	Limite distância	Aplicação
HDSL	<i>High Bit-Rate Digital Subscriber Line</i>	1,5 Mbps ou 2 Mbps sobre 2 ou 3 pares de fios	4,5 km	Sistemas de PBX, loops digitais locais, servidor internet, substituição à linhas T1
ADSL	<i>Asymmetric Digital Subscriber Line</i>	<i>Downstream</i> – de 1,5 a 8 Mbps <i>Upstream</i> – de 16 a 640 kbps	1,544 Mbps / 5,5 km; 2,048 Mbps / 4,8 km 6,312 Mbps / 3,65 km 8,448 Mbps / 2,7 km	Internet/Intranet, acesso remoto a LAN's, video-on-demand, ensino a distância
VDSL	<i>Very High Bit-Rate Digital Subscriber Line</i>	<i>Downstream</i> – de 13 a 52 Mbps <i>Upstream</i> – de 1,2 a 2,3 Mbps	13 Mbps / 1,4 km, 26 Mbps / 950m, 52 Mbps / 300m	As mesmas que ADSL e sinal de TV de alta definição (HDTV)
G.LITE	<i>Splitterless DSL</i>	<i>Downstream</i> de 1,5 Mbps <i>Upstream</i> de 512 kbps	Pode alcançar distâncias iguais ou maiores que ADSL	Internet residencial
SDSL	<i>Single-Line Digital Subscriber Line</i>	1,54 Mbps sobre 1 par de fios	3 km	Trabalho em casa, acesso a redes locais, ensino a distância, acesso Internet, comunicação entre redes locais

A tecnologia ADSL caracteriza-se por um *modem* ADSL instalado na linha telefônica da residência ou escritório do assinante, conectando a um outro *modem* na

central telefônica. Este par de *modems* cria três canais de informações: um canal de alta velocidade para *downstream* um canal duplex (nos dois sentidos) de média velocidade, dependendo da arquitetura de implementação da tecnologia ADSL, e um terceiro canal para o serviço de telefonia padrão de voz.

Por permitir larguras de bandas diferentes para *downstream* (sentido central para assinante) e *upstream* (sentido assinante para central) é que a tecnologia ADSL é chamada de assimétrica.

Pesquisas iniciadas nos laboratórios da BellCore anos atrás tinham como objetivo desenvolver a tecnologia para atender aos requisitos de distribuição de *videos on-demand* (VoD). Porém, ao persistirem nos estudos, os pesquisadores concordaram que a tecnologia ADSL fazia sentido para o tráfego Internet, pois geralmente a demanda por largura de banda em *downstream*, é maior que a demanda de banda em *upstream* (GINSBURG, 2000).

A tecnologia ADSL pode suportar taxas entre 1,5 e 8 Mbps para *downstream* e entre 16 e 640 kbps para *upstream*, variáveis em função da distância entre o par de *modems*, a qualidade da fiação telefônica e a espessura destes fios. Pode prover uma taxa de transmissão de 1,54 Mbps para uma distância de aproximadamente 5,5 km. Velocidades entre 6 e 8 Mbps podem ser alcançadas para *distâncias* entre 3 e 3,65 km, usando fios padrão de 24-gauge (DSLFORUM, 2002).

A tecnologia ADSL usa uma larga faixa de frequência em relação à banda utilizada para a telefonia, daí ser conhecida como tecnologia de banda larga. A conexão para voz utiliza o tradicional canal duplex POTS (*Plain Old Telephone System*) ocupando uma faixa de frequência entre 300hz a 4khz e o *modem* ADSL utiliza as frequências mais altas para passar o tráfego dos dados (GINSBURG, 2000).

Para criar os múltiplos canais, o *modem* ADSL pode utilizar-se de uma dentre duas formas: Multiplexação por Divisão de Frequência (FDM) ou Cancelamento de Eco.

A técnica FDM (figura 2.1) cria uma banda para *upstream* e outra para *downstream*. A banda de *downstream* é dividida pela multiplexação por divisão de tempo (TDM) em um ou mais canais de alta velocidade e em um ou mais canais de baixa velocidade. O *upstream* é também multiplexado nos canais de baixa velocidade correspondentes (GINSBURG, 2000).

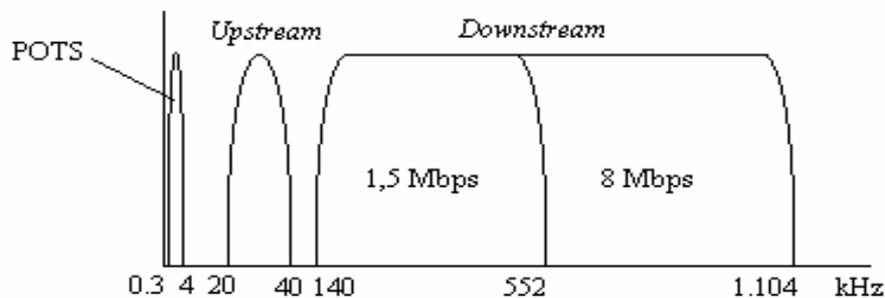


Figura 2.1 - Separação de canais para tecnologia ADSL por FDM (fonte: DSLForum).

A técnica de Cancelamento de Eco permite que a banda *upstream* se sobreponha a banda *downstream* e separa as duas através do cancelamento de eco, que é a mesma técnica utilizada pelos *modems* série V.32¹ e V.34². A Figura 2.2 mostra a separação de canais para tecnologia ADSL por Cancelamento de Eco (GINSBURG, 2000).

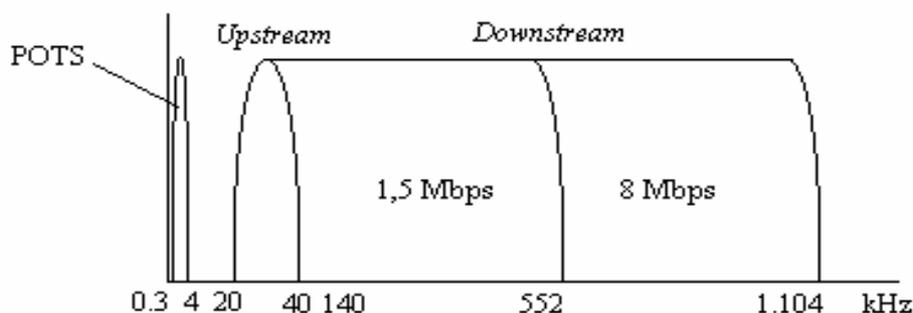


Figura 2.2 - Separação de canais para tecnologia ADSL por Cancelamento de Eco (fonte: DSLForum).

2.1 ADSL PARA O USUÁRIO FINAL

O *modem* ADSL é o principal componente instalado na propriedade do usuário, responsável por conectá-lo à central telefônica mais próxima. A comunicação entre ele e o computador do usuário é feita normalmente através de interface *Ethernet* (o que exige que o computador disponha de uma placa de rede instalada), mas é possível encontrá-lo disponível em outras opções populares do mercado como PCI (*Peripheral Component Interface*) e USB (*Universal Serial Bus*).

¹ Série que possibilita conexão discada com velocidade entre 4800 bps e 9600 bps.

Existe um interesse de alguns usuários residenciais e comerciais em compartilhar a conexão de banda larga em sua pequena rede local. Por este motivo, alguns fabricantes já incorporaram aos *modems* ADSL funcionalidades e recursos de outros equipamentos como roteador, ponte, *hub*, *gateway*, NAT (*Network Address Translate*), *firewall*, etc. Mesmo que estes recursos não estejam implementados no *modem* ADSL, é possível para um usuário mais experiente implementá-los num servidor da sua rede local (LAN), compartilhando uma única conexão ADSL entre os diversos participantes desta rede.

Além do *modem*, existe o *splitter*. Ele é um pequeno dispositivo que captura os primeiros 4 khz de frequência e os separa para uso do serviço telefônico convencional (POTS). A parte referente a dados é transferida para o *modem* ADSL. O *splitter* é o primeiro dispositivo que a linha ADSL encontra quando chega à propriedade do usuário (vide figura 2.3). Ele normalmente faz parte do kit de instalação do produto ADSL que as operadoras telefônicas fornecem e são necessários porque a intenção é permitir que os usuários possam ter tanto serviço de Internet como o de voz que eles já dispunham.

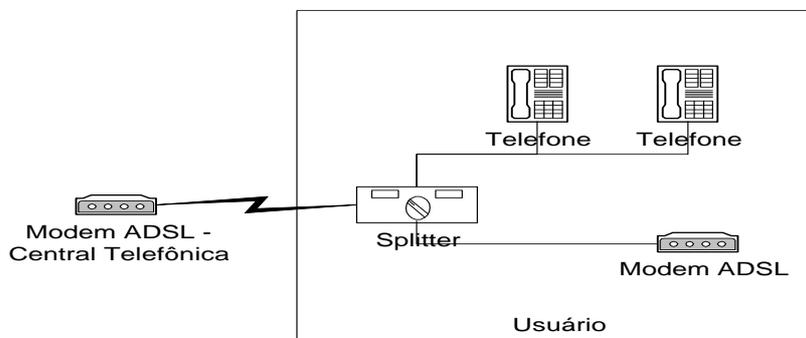


Figura 2.3 - Esquema representativo de um *splitter* com a tecnologia ADSL.

2.2 ADSL NA COMPANHIA TELEFÔNICA

Na central telefônica é instalado um equipamento chamado DSLAM (*Digital Subscriber Line Access Multiplexer*) que tem a função de concentrar cada uma das conexões ADSL dos usuários podendo fazer também separação dos sinais de frequência de voz dos sinais do tráfego de dados de alta velocidade, além de controlar e rotear o

² Série que possibilita conexão discada com velocidade de 28800 bps.

tráfego entre o assinante e a companhia telefônica. Ele é conectado a uma rede ATM através de um *switch* ATM a uma taxa de 155 Mbps. Nele é feita a gerência de conexões e de tráfego da rede ADSL.

Pelo exposto acima, podemos considerar um sistema ADSL uma classe especial de equipamentos de comunicação de dados, fazendo com que investimentos adicionais sejam necessários para fazer com que uma central telefônica ofereça aos seus usuários tal tecnologia. Este é o principal motivo de não se ter esta tecnologia disponível em qualquer central telefônica, dificultando com isto a oferta para o usuário final.

A figura 2.4 mostra uma representação da tecnologia ADSL no usuário final e na companhia telefônica. Como pode ser visto nesta figura, o usuário pode ter em sua residência conectados na mesma linha, além do *modem* ADSL, vários telefones e até mesmo outra placa de *fax-modem* para comunicação discada com a Internet e/ou para uso de máquina de fax.

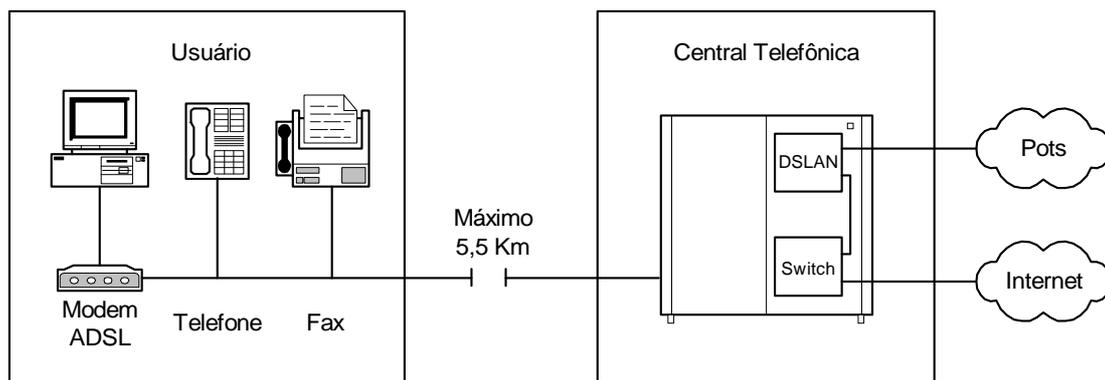


Figura 2.4 - Conexão ADSL – Assinante – Central telefônica.

2.3 PROTOCOLOS PPPoA E PPPoE

Existem dois protocolos que podem ser configurados nos acessos ADSL e que afetam as configurações dos usuários: protocolo PPPoA (*PPP over ATM*) e o protocolo PPPoE (*PPP over Ethernet*).

A configuração PPPoA implementa uma filosofia de inteligência distribuída na rede. Parte da inteligência está no *modem* ADSL (CPE - *Customer Premises Equipment*)

no ambiente do usuário, e parte da inteligência está no BRAS³ (*Broadband Remote Access Service*) no ambiente da Central Telefônica. Como não há necessidade de instalação de um software cliente na máquina usuária, esta configuração apresenta interoperabilidade com todos os Sistemas Operacionais.

Uma das grandes vantagens desta configuração é a possibilidade de implementar NAT, quando são configurados mais de um computador em LAN, economizando desta forma a quantidade de endereços IP válidos. Em contrapartida, muitas aplicações (e.g. videoconferência), não são suportadas devido à utilização limitada do NAT.

A configuração PPPoE, desenvolvida pelo ADSL Fórum em 1998, é capaz de implementar a filosofia de inteligência distribuída ou centralizada na rede. Na configuração de inteligência centralizada o CPE não possui inteligência alguma e toda inteligência está centralizada no BRAS no ambiente da central telefônica. Dessa forma, os CPE's exigidos são mais simples, necessitando suportar apenas a configuração no modo *bridge*. Eles são transparentes ao *broadcast* que tende a consumir mais banda entre o PVC (*Permanent Virtual Circuit*) ATM e o BRAS. Este fato aumenta a necessidade de capacidade de processamento dos pacotes *broadcast* no BRAS.

Os CPE's com configuração *bridge* requerem a instalação de um software cliente no micro do usuário caso seja utilizado o protocolo PPPoE, exemplo o Tango e WinPoET que possui suporte às plataformas Linux, Mac e a família Windows. O próprio Windows XP já possui um cliente PPPoE nativo, (o que torna desnecessária a instalação de software na máquina do usuário).

Ao contrário da configuração PPPoA, a configuração PPPoE permite que sejam configuradas múltiplas sessões PPPoE por PVC, por exemplo, na mesma linha ADSL um usuário pode estar fazendo uma VPN (*Virtual Private Network*) com sua corporação e um outro usuário pode estar acessando a Internet. A configuração PPPoE apresenta uma melhor otimização do endereçamento IP para acessos com uma única máquina uma vez que o endereço IP válido utilizado pelo computador é liberado quando o computador do usuário é desligado.

Para implementar a configuração PPPoE é necessário configurar os *modems* no modo RFC 1483 (*bridge*). Esta configuração é suportada por todos os *modems* existentes. Os *modems* ADSL (e.g. *Allied Data*, *Ericsson*, *Dual link*, etc.) podem ser

³ Este equipamento é um roteador que conecta a DSLAM ao restante do backbone IP da concessionária.

configurados pelo próprio usuário através da sua interface *Web browser* ou através de um programa executável que faz tal configuração.

2.4 G. LITE ou DSL LITE

A tecnologia G.Lite é derivada da tecnologia ADSL, com o objetivo de oferecer uma tecnologia de alta velocidade de acesso à Internet para os usuários residenciais e usuários de pequenos escritórios com simplicidade de instalação e custos menores.

A G.Lite é uma tecnologia *splitterless*, ou seja, não utiliza o *splitter*. A G.Lite não requer a vinda de um técnico da companhia prestadora do serviço até as instalações do usuário, para instalar um filtro separador de canal analógico de voz do canal digital. O *splitter* fica embutido no próprio *modem*.

A capacidade de transmissão da G.Lite pode atingir uma taxa de 1,5Mbps para *downstream* e 512 kbps para *upstream*. Não só as condições externas da linha, mas também as condições de qualidade da linha dentro da casa do assinante interferem na taxa. A Figura 2.5 representa a separação de canais na tecnologia G.Lite.

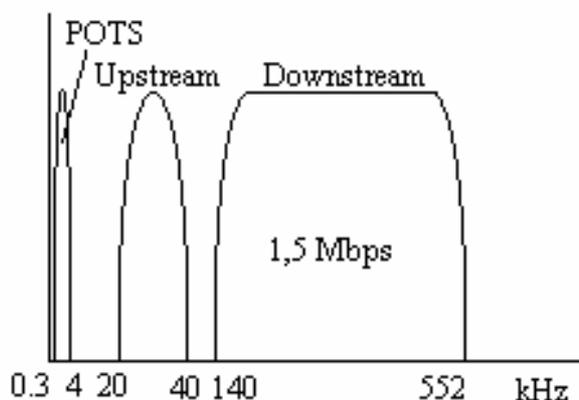


Figura 2.5: Separação de canais da tecnologia G.Lite (fonte: DSLForum).

2.5 PADRONIZAÇÃO

O grupo de trabalho T1E1.4 da ANSI (*American National Standards Institute*) aprovou em 1998 um padrão ADSL para taxas de até 6,1 Mbps, padronização esta conhecida como T1.413. A ETSI (*European Technical Standards Institute*) contribuiu com um anexo ao padrão T1.413 que reflete os requisitos europeus. O padrão T1.413

inicialmente incorporava uma interface de terminal simples na ponta final, a versão II do padrão T1.413 expande este padrão para incluir uma interface multiplexada, protocolos para configuração e gerenciamento em rede (DSLFORUM, 2002).

O ATM Forum e o DAVIC (*Digital Audio-Visual Council*) reconheceram o ADSL como um protocolo de transmissão para a camada física, cujo meio é par trançado não blindado (DSLFORUM, 2002).

Por ser uma tecnologia variante da ADSL, a tecnologia G.Lite deve atender a alguns requisitos: deve ser facilmente suportada pelo equipamento padrão T1.413 da ANSI do lado da central com um mínimo de *upgrade* no software; deve custar menos do que os *modems* ADSL. A G.Lite simplifica o padrão T1.413 reduzindo a complexidade, facilitando a interoperabilidade entre fornecedores. A G.Lite não é um sub-item da T1.413 porque novos mecanismos são adicionados para operar sem o *splitter* e com um baixo consumo de energia, os quais não são requisitos da T1.413.

Em outubro de 1998, o ITU-T (*International Telecommunications Union – Telecommunications*) determinou que o *splitterless* ADSL se tornasse a recomendação G.Lite, oficialmente, ITU-T Recomendação G.992.2 (ITU-T, 2003).

2.6 ADSL E O MERCADO

No final dos anos 90, desenvolvedores de produtos voltados para aplicações de vídeo *on-demand* começaram a utilizar a tecnologia ADSL com canais de diferentes velocidades para enviar e receber informações. Ainda que a idéia de vídeo não tenha feito tanto sucesso quanto o esperado, a utilização da tecnologia ADSL para a Internet o fez. A prova disto está no grande interesse das operadoras de telefonia fixa em investir para aumentar a oferta desta tecnologia no país. Para se ter uma idéia, atualmente são 579,5 mil acessos ADSL no Brasil distribuídos entre a Telefônica (com 340 mil acessos), Brasil Telecom (180 mil), Telemar (50 mil), GVT (5 mil) e CTBC Telecom (4,5 mil). Representando 84% do total de usuários dos serviços de banda larga no Brasil (TELETIME NEWS, 2003).

Todas as operadoras oferecem este tipo de tecnologia, em forma de serviço, nas grandes capitais e algumas grandes cidades do interior. Por este motivo, antes de se pensar em implementar qualquer projeto fazendo uso da tecnologia, é aconselhável que se faça uma consulta prévia à operadora local para saber exatamente onde ela está sendo

oferecida. É bom lembrar que além da oferta na localidade, a distância física da central telefônica até a propriedade do usuário (condições técnicas) é um fator importante para a disponibilização do serviço.

A ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações) quando na negociação da exploração deste serviço no Brasil, determinou que as operadoras de telefonia não poderiam prestar acesso Internet aos usuários residenciais, desta forma caberia aos ISP's (*Internet Service Providers*) a autenticação e entrega de endereços IP a estes usuários, cabendo às operadoras locais apenas disponibilizar a infra-estrutura de comunicação para estes casos.

Quanto à cobrança do serviço, o tráfego de voz segue o sistema de tarifação convencional, até porque faz uso das centrais telefônicas. Quanto ao tráfego de dados, é cobrada uma taxa fixa mensal de utilização do serviço previamente acordada entre as operadoras e os usuários. Os usuários residenciais também pagam aos provedores uma taxa fixa mensal por utilizarem seus serviços de autenticação.

O ANEXO 01 mostra uma tabela comparando a oferta da tecnologia ADSL nas principais operadoras de telefonia fixa do país à época da elaboração desta dissertação.

2.7 RESUMO DO CAPÍTULO

Neste capítulo é apresentado um quadro comparativo das principais tecnologias conhecidas como xDSL. São apresentados também detalhes técnicos da tecnologia ADSL na central telefônica da operadora de telefonia e nas dependências do usuário. São vistos os principais equipamentos que compõem a tecnologia bem como os diferentes tipos de protocolos utilizados e suas principais características (i.e vantagens e desvantagens). São dadas explicações sobre normas e padronização da tecnologia e apresentado um panorama geral da tecnologia ADSL no mercado atual, tais como: operadoras brasileiras que oferecem a tecnologia no mercado, suas participações, preços, etc.

No próximo capítulo são apresentados os principais padrões, algoritmos de compressão de áudio, imagem e vídeo, os protocolos e as ferramentas de distribuição de conteúdo multimídia através da Internet.

3 DISTRIBUIÇÃO DE CONTEÚDO MULTIMÍDIA ATRAVÉS DA INTERNET

Um dos grandes desafios para a transmissão de conteúdos através de redes de computadores foi elaborar padrões de interoperabilidade, a fim de que produtos de fabricantes diferentes pudessem se comunicar e trocar informações sem incompatibilidades. Esses padrões visam normatizar as formas de transmissão, codificação, compressão e interpretação dos pacotes que trafegam na rede transportando as múltiplas mídias.

Os padrões estabelecem normas propostas por instituições internacionais como ITU (*International Telecommunication Union*), ISO (*International Standardization Organization*) ou IETF (*Internet Engineering Task Force*), que vão desde a arquitetura física e lógica dos sistemas de transmissão de multimídia, até as características dos dispositivos envolvidos (MOURA FILHO, 1999).

3.1 O PADRÃO H.323

Dentre os protocolos mais importantes está o H.323, que especifica os requisitos para sistemas de transmissão de multimídia em redes baseadas em pacotes sem garantia de QoS, ou seja redes TCP/IP locais, metropolitanas e de longa distância, dentre elas a Internet (ITU-T, 2002).

O H.323 é um protocolo de comunicação de dados que foi originalmente desenvolvido como uma adaptação do protocolo H.320, que trata de videoconferência sobre redes ISDN (i.e. *Integrated Service Digital Network*). Desde sua ratificação em 1990, ele foi largamente implementado em LANs e *Gateways* para redes WANs. O H.323 desenvolveu-se diante da lógica e necessária extensão do padrão H.320, para incluir *Intranets* corporativas e redes de pacotes.

O H.323 utiliza os protocolos *Real Time Protocol* e o *Real Time Control Protocol* (RTP/RTCP) criado pela IETF (estes protocolos serão abordados mais adiante neste capítulo). Com a ratificação da versão 2, o H.323 está sendo usado também para transmissão de vídeo.

O padrão H.323 define quatro componentes principais:

1 - Terminais: São entidades da H.323 nas extremidades de uma rede de transmissão de multimídia, as quais comunicam-se em duplo sentido e em tempo real com outros terminais H.323 através da transmissão e recepção de sinais de controle, áudio, vídeo e dados (isoladamente ou em conjunto);

2 - *Gateways*: São componentes que se comunicam em duplo sentido e em tempo real com terminais H.323 ou outros terminais definidos pela ITU em redes baseadas em pacotes;

3 - *Gatekeepers*: São entidades que realizam a tradução de endereços e o controle de acesso nas redes com terminais H.323, *Gateways* e demais componentes dos sistemas de transmissão de multimídia definidos nesta norma. Os *Gatekeepers* podem prover gerenciamento de largura de banda e localização de *Gateways*;

4 - Unidades de Controle Multiponto (*MCU - Multipoint Control Unit*): O MCU é um componente da rede que viabiliza a conferência entre três ou mais terminais e *Gateways*. Ele pode conectar dois terminais em uma conferência ponto-a-ponto para depois estabelecer uma conferência multiponto com mais terminais e *Gateways*. Ele é dividido em duas partes: Um Controlador Multiponto - MC (obrigatório), fornece controle para três ou mais terminais participando de uma conferência multiponto e um Processador Multiponto – MP (opcional), possibilita processamento de áudio, vídeo e *streams* de dados centralizados numa conferência multiponto.

Os terminais especificados nesta recomendação fornecem comunicação de áudio e, opcionalmente, dados e vídeo em conexões ponto-a-ponto ou multiponto. Salienta-se que esta recomendação não especifica as interfaces de rede em nível físico, tampouco os protocolos de transportes implementados na rede.

3.2 O PADRÃO T.120

O padrão T.120 é definido também pela ITU-T para o tráfego de dados em tempo real, principalmente a videoconferência (ITU-T, 2003). Oferece ao usuário final uma série de recursos e benefícios para transmissão de dados, dentre eles, é possível ressaltar:

- Distribuição multiponto de dados em tempo real para múltiplos pontos na rede;
- Interoperabilidade entre fabricantes distintos;

- Recurso de correção de erros durante o tráfego de dados;
- Transmissão *Multicast* (vários destinos);
- Independência de rede: suporta diversos protocolos de transporte, como o POTS (Plain Old Telephone System), ISDN (Integrated Service Digital Network), PSDN (Packet Switched Digital Networks), CSDN (Circuit Switched Digital Networks) e o popular TCP/IP (Transmission Control Protocol – Internet Protocol) em redes locais;
- Independência de plataforma e de topologia;
- Independência de Aplicação: embora as aplicações baseadas no T.120 estejam basicamente voltadas para a videoconferência no mercado de hoje, é possível implementar a especificação para outras aplicações diversas, tais como jogos interativos, realidade virtual e simulações, servidor de notícias em tempo real e aplicações de controle;
- Escalável: possibilidade de migração da plataforma PC para sistemas multiprocessados de alto desempenho;
- Interoperabilidade com outras normas da ITU-T: Aplicações baseadas em T.120 podem trabalhar em conjunto com outras aplicações baseadas em normas como H.323, por exemplo, ou ainda normas da família de recomendações da série V para *modems*.
- Capacidade de extensão: aplicações normatizadas a partir da especificação T.120 podem receber extensões para rodar utilizando pilhas de transporte para ATM ou *Frame-Relay*, ou com novos protocolos do nível de aplicação.

As diversas normas que o T.120 abrange, podem ser divididas em duas categorias:

1) Infra-estrutura de conferência de baixo nível, que envolve a norma ITU-T T.123 (que referencia protocolo específico de transporte) e as normas T.122 e T.125, as quais se referem aos serviços de comunicação multiponto;

2) Protocolos de aplicação que utilizam os serviços de infra-estrutura de baixo nível. Estes protocolos podem ser normatizados pela ITU, como por exemplo, a especificação de transferência de arquivos T.127, ou serem proprietários de

determinados fabricantes, como por exemplo, o IRC (*Internet Relay Chat*) (ITU-T, 2003).

A figura 3.1 apresenta a estrutura definida pela norma T.120 da ITU-T.

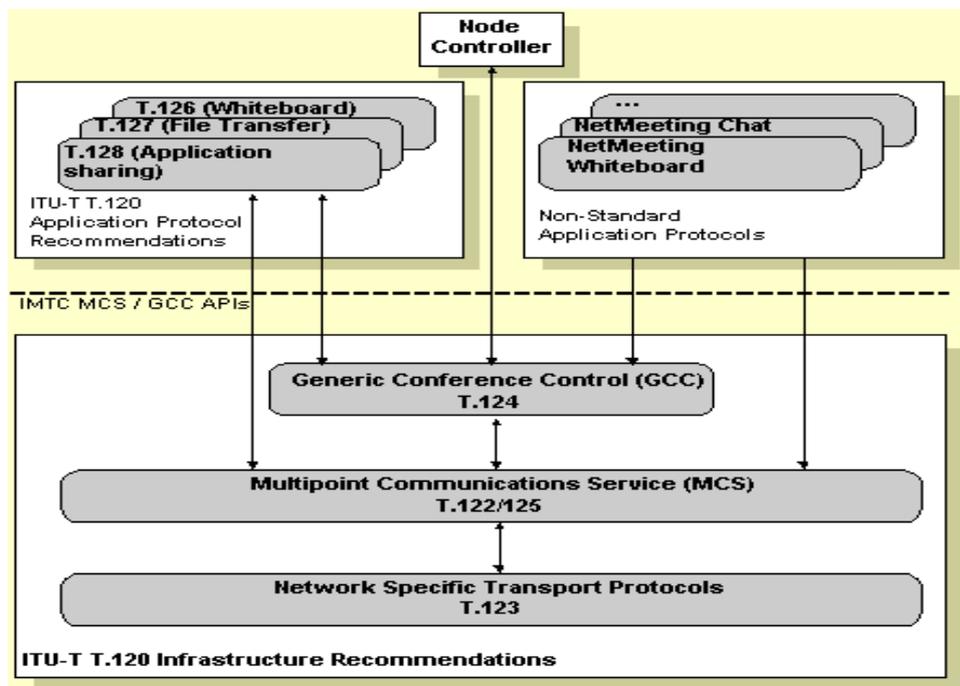


Figura 3.1 - Estrutura definida pela norma T.120 (fonte: ITU-T).

3.3 ALGORITMOS DE COMPRESSÃO

São algoritmos utilizados em softwares chamados de CODEC's e servem para fazer a compressão e descompressão do conteúdo multimídia (i.e. áudio, vídeo e imagem). Existem dois tipos de algoritmos: com perda de conteúdo (*lossy*) e sem perda de conteúdo (*lossless*). A quantidade de dados perdidos depende da qualidade do algoritmo e da quantidade de compressão aplicada.

Devido às características intrínsecas da Internet, o algoritmo de compressão e descompressão utilizado é o que apresenta perda de conteúdo. O que o CODEC faz é diminuir o tamanho do arquivo original e a velocidade de entrega do conteúdo (*bit rate*) tentando manter a melhor qualidade possível em função da disponibilidade da largura de banda com a Internet (OTSUKA, 1997).

Uma maneira de o CODEC compactar informações é reduzindo o número de quadros por segundo (fps – frames por segundo) ou a resolução. Entende-se por quadros por segundo o número de vezes que uma imagem é atualizada por segundo. Quanto

maior for este número mais suave será o movimento. As taxas de quadros do padrão H.320 (ITU-T, 2000) podem ser de 7,5; 10; 15 ou 30 fps. Um sistema de maior qualidade ao conectar-se a um sistema de menor qualidade é obrigado a diminuir sua capacidade para manter a compatibilidade. Entende-se por resolução da imagem o número de pontos luminosos (*pixels*) utilizados para compor uma imagem. O padrão H.320 prevê: CIF (*Common Intermediate Format*) e QCIF (*Quarter Common Intermediate Format*). As imagens no formato CIF possuem resolução de 352x288 pontos enquanto que o formato QCIF provê resolução de 176x144 *pixels* (OTSUKA, 1997).

3.3.1 Algoritmo de compressão de áudio

A digitalização do áudio nas transmissões de material multimídia está vinculada à capacidade de audição humana. O ouvido humano consegue escutar frequências entre 20Hz e 20.000Hz, enquanto que a voz humana produz sons na faixa de 40Hz (mais grave) a 8kHz (mais agudo). Os sistemas de áudio são projetados para trabalhar com frequências na faixa da fala humana, o que significa uma largura de banda inferior à faixa do ouvido humano (FONSECA, 2000).

Na compactação de áudio existe uma importante equação de proporcionalidade: quanto mais se comprime o áudio, menor fica o arquivo e por consequência mais rápida a transmissão; porém, pior será a qualidade final do som. Uma compactação mais moderada significa arquivos maiores e uma necessidade de banda maior. É fundamental encontrar um equilíbrio entre largura de banda e índice de compactação para que se obtenha uma taxa de transmissão elevada com boa qualidade de som.

3.3.2 Algoritmo de compressão de imagem e vídeo

Dois importantes métricas de compressão de conteúdo são a taxa de compressão e o número de bits de cada *pixel* de um quadro. Tal qual a mídia de áudio, a mídia de vídeo se caracteriza por gerar um tráfego contínuo com taxa constante.

O papel principal da compressão é remover redundâncias, muito comuns nos quadros de vídeo. Portanto, a base da maioria dos sistemas de compressão de sinal de vídeo é a possibilidade de eliminação da porção repetitiva (redundante) da imagem, devido a limitações de percepção do olho humano (FISCHER, 2001).

Um método utilizado por muitos sistemas de compressão é a combinação da estimativa de movimento com a compensação de movimento, que reduz a porção redundante entre um quadro e outro. De forma simplificada: o primeiro quadro é inteiramente armazenado e chamado de quadro "predito" (P-quadro). Em seguida, apenas a diferença entre o próximo quadro e seu precedente (P-quadro) será armazenada e funcionará como quadro predito do quadro seguinte (MOURA FILHO, 1999).

Um dos principais padrões de compressão existentes é o MPEG. Desenvolvido pelo *Moving Picture Experts Group*, um grupo de trabalho da ISO. Hoje, o nome MPEG refere-se ao conjunto de padrões internacionalmente aceitos para a codificação de informação audiovisual para compressão em formato digital. Para garantir o sucesso das aplicações digitais, o padrão de compressão MPEG foi desenvolvido especialmente para o tráfego de imagens em movimento, atingindo níveis de compressão de até 1:200. A família do padrão MPEG abrange três sistemas principais, o MPEG-1, o MPEG-2 e o MPEG-4, além de um quarto em elaboração, que é o MPEG-7 (FISCHER, 2001).

3.4 MODALIDADES DE TRANSMISSÃO

São 3 (três) as modalidades de transmissão existentes: *unicast*, *broadcast* e *multicast*:

- Na transmissão *unicast* para cada solicitação do conteúdo multimídia pelo usuário, há a abertura de uma sessão de comunicação. Desta forma, existe uma conexão um-para-um entre a origem e o destino da comunicação;
- Na transmissão *broadcast* toda a rede recebe o conteúdo multimídia transmitido, independentemente se todas as estações da rede tenham solicitado ou não o conteúdo;
- *Multicast* é a forma de transmissão na qual todos os usuários dividem a mesma comunicação, isto é, o originador do conteúdo só necessita transmitir uma vez. A grande vantagem deste tipo de transmissão é que desta forma a largura da banda da rede utilizada para transmitir para vários usuários é muito menor do que se fosse utilizado o modo *unicast*. Porém, para utilizar *multicast* em uma rede, os roteadores desta rede devem ter suporte ao *multicast*.

3.5 PROTOCOLOS RTP E RTCP

Geralmente não é aconselhável usar o protocolo TCP (*Transmission Control Protocol*) para transportar mídia contínua em redes IP, pois este protocolo retransmite automaticamente os pacotes perdidos na conexão fazendo com que atrasos sejam introduzidos dificultando o sucesso da aplicação. Sendo assim um pacote que chega depois do ponto de reprodução da mídia, não mais fará sentido, podendo aumentar os requisitos de banda e causar congestionamentos na rede. Por estas razões, normalmente se usa o protocolo UDP (*User Datagram Protocol*).

Por ser o UDP um protocolo muito simples, é necessário adicionar algumas funcionalidades no pacote tais como: codificador de mídia, número de seqüência do pacote e *timestamp* (i.e. marca do tempo). O IETF adotou o RTP (*Real-time Protocol*) definido na RFC 1889 como um padrão para suprir aos requisitos das novas funcionalidades requeridas ao UDP (SCHULZRINNE, 1996). O RTP permite um número de padrões de codificação de mídia, tais como o G.711 ou o G.723.1 para áudio e o H.263 para vídeo (FONSECA, 2000).

As aplicações normalmente usam o RTP com o protocolo UDP. Desta forma a mídia é encapsulada em mensagens RTP e depois encapsulada em datagramas UDP. Como o RTP provê serviços de transporte para as aplicações, podemos classificá-la como subcamada da camada de transporte.

É bom lembrar que o RTP não provê nenhum mecanismo de garantia de entrega de pacotes ou qualidade de serviço para a aplicação, ou seja, pacotes podem ser perdidos ou entregues fora da ordem.

Para que uma aplicação em tempo real possa ter sua performance avaliada é necessário monitorar o protocolo RTCP (*Real-time Control Protocol*). Mensagens RTCP contêm apenas informações para gerenciamento. Ele também é definido na RFC 1889 e normalmente é usado com o RTP em aplicações em tempo real.

Mensagens RTCP são enviadas por todos os participantes de uma comunicação. Da mesma forma que o RTP, a mensagem RTCP usa o UDP sobre o IP. O que diferencia uma mensagem da outra é o número da porta. Normalmente são portas adjacentes, onde a porta de menor número é usada pelo RTP e a de maior número pelo RTCP (FONSECA, 2000).

3.6 FERRAMENTAS DE DISTRIBUIÇÃO

A utilização de recursos multimídia constitui-se em uma valiosa forma de difusão de conhecimento. A incorporação de recursos audiovisuais em tempo real ou pré-gravados possibilita a criação de ambientes virtuais interativos através da Internet.

No próximo capítulo são abordados diversos ambientes que fazem uso dos seguintes recursos multimídia:

- Videoconferência;
- Servidor de mídia *stream*.

3.6.1 Videoconferência

Videoconferência é um recurso informático que permite que 2 (duas) ou mais pessoas em diferentes locais sejam vistas e ouvidas ao mesmo tempo. Ela pode ser: Ponto-a-ponto (i.e. interação entre dois terminais) ou Multiponto (i.e. interação entre vários terminais) (GOYA, 2002).

Em algumas ferramentas de videoconferência, além da transmissão de dados multimídia, é possível o compartilhamento de programas, troca de mensagens textuais através de canais de bate-papo (IRC – *Internet Relay Chat*), apresentação de slides, desenhos e anotações em quadro branco (i.e. *whiteboard*), em um ambiente compartilhado, permitindo um “leque” de opções para interatividade entre os participantes.

A maioria dos produtos de videoconferência, hoje em dia, tende a ser compatível com os padrões H.320 e H.323 (CARNEIRO, 2000).

3.6.2 Servidor de *video stream*

Videostreaming é uma tecnologia que possui um método de transmissão de áudio/vídeo de forma unidirecional pela Internet. Há pouco tempo atrás, para um usuário de conexão discada assistir um vídeo na Internet, significava um longo período de espera pelo *download*. Só depois que este vídeo estivesse completamente arquivado na máquina do usuário, ele poderia executá-lo. Então, levantou-se a possibilidade de reproduzir o vídeo desejado sem que fosse necessário esperar por isto. Assim, nasceu a tecnologia *streaming*, que é um misto de técnicas de compressão e armazenamento em

memória temporária (*buffering*) que permite a transmissão de vídeo ao vivo ou pré gravado (*on-demand*) em tempo real através da Internet (FISCHER, 2001).

Para que o conteúdo multimídia esteja disponível na Internet ou numa rede local, é necessário existir um Servidor de Mídia *Stream* (*Media Stream Server*). Ele gerencia todo o processo de distribuição: estabelecimento de conexão, transmissão, compressão, e recuperação de queda. O conteúdo é capturado, digitalizado e codificado (através de algoritmos proprietários) de forma que possa estar disponível neste servidor. O responsável pela codificação é o *encoder*.

Quando o conteúdo é recebido pelo destino, é necessário um software responsável pela decodificação das informações, este software é o decodificador.

Uma transmissão de *video stream* ao vivo (conhecida também como em tempo real) é caracterizada pela geração de imagens remotas ao vivo através de uma fonte e disponibilização imediata destas imagens por meio do Servidor de Mídia. As imagens devem ser capturadas em uma máquina (i.e. *encoder*) e por meio de uma conexão dedicada estas imagens devem chegar até o servidor, codificadas e digitalizadas.

Uma transmissão de vídeo pré-gravado, como o próprio nome sugere, caracteriza-se pela disponibilidade do conteúdo no servidor para acesso pelos usuários no momento que melhor lhes convier, sem ter a obrigatoriedade de estar conectado à rede no momento da transmissão original ao vivo.

Na compressão do vídeo, aplicam-se complexas fórmulas matemáticas que particionam a seqüência de imagens em quadros. Cada quadro é quebrado em partes dinâmicas e/ou estáticas. Estas partes, também chamadas de objetos, têm conteúdo móvel ou estático. Um software de compressão age sobre estes objetos, atualizando aqueles com conteúdo móvel e reciclando aqueles com conteúdo estático. Assim, consegue-se reduzir o tamanho e o tempo de transmissão de um arquivo de vídeo (OTSUKA, 1997).

O armazenamento em memória temporária (*buffering*) funciona com a finalidade de manter um ritmo constante na reprodução das imagens. Caso a conexão fique mais lenta, o *buffer* fica encarregado de suprir os atrasos e lacunas na transmissão, esvaziando seu reservatório de quadros. Técnicas conhecidas por *Smoothing Algorithm* são responsáveis por não deixar que o *buffer* seja esvaziado completamente (*buffer*

underflow) e não deixar que o *buffer* encha mais do que o permitido (*buffer overflow*) (OTSUKA, 1997).

Quando é feito o *download* (i.e. cópia do arquivo no disco local) de um vídeo pela Internet não importa a ordem de chegada dos pacotes, pois ele será exibido depois que todos tenham chegado corretamente no destino. Neste caso o protocolo utilizado é o TCP, pois ele provê um serviço de transferência ordenada e confiável de bytes. Se ocorrer falha em algum destes pacotes haverá necessidade de uma retransmissão, caso contrário o arquivo ficará corrompido.

Já nas transmissões *streaming*, a ordem de chegada dos pacotes de informação é fundamental, pois a visualização ou execução do conteúdo do arquivo se inicia antes do término da transmissão. Ela pode suportar o descarte de alguns pacotes que não chegaram no prazo que não farão uma grande diferença (i.e. praticamente imperceptível aos sentidos humanos).

3.7 RESUMO DO CAPÍTULO

Neste capítulo são apresentados os padrões H.323, que especifica os requisitos para sistemas de transmissão de multimídia em redes sem garantia de QoS (e.g. Internet) e o T.120, que especifica requisitos para o tráfego de dados em tempo real (e.g. videoconferência), são apresentados também algoritmos de compressão de áudio, imagem e vídeo, bem como as modalidades possíveis de transmissão de conteúdo multimídia (*unicast, broadcast e multicast*). Além dos padrões H.323 e o T.120 são explicados os protocolos RTP e RTPC, que foram definidos como padrões para suprir aos requisitos das novas funcionalidades requeridas ao protocolo UDP. Por último são apresentadas as principais ferramentas de distribuição de conteúdo multimídia através da Internet: videoconferência e servidor de *video stream*. Estas ferramentas suportadas pela tecnologia ADSL possibilitaram a esquematização de Cenários Educacionais, os quais são apresentados no capítulo seguinte.

4 CENÁRIOS EDUCACIONAIS

Cada vez mais se tem buscado formas de se explorar a utilização dos serviços da Internet (e.g. correio eletrônico, transferência de arquivos, Web, etc.) no apoio ao ensino. Como prova disto pode-se citar a troca de *e-mails* e arquivos entre professores e alunos, listas de discussões onde todos participam, portais contendo informações de interesse dos alunos, etc.

Ao se avaliar o material didático a ser gerado, as mídias envolvidas pode ser dividida em dois grupos:

- Mídias discretas, onde estão envolvidas apenas dimensões espaciais (e.g. textos, hipertextos e imagens);
- Mídias contínuas, que envolvem tanto dimensões espaciais como temporais (e.g. áudio e vídeo).

O armazenamento e distribuição das mídias discretas são relativamente simples devido ao pequeno volume de dados que estas mídias apresentam. Entretanto, para as mídias contínuas, deve-se considerar que há a implementação de transmissão em tempo real (respeitando os requisitos temporais e de sincronismo) e, por isto, é maior a preocupação quanto à largura de banda disponível para esta transmissão (SILVEIRA, 1997).

Pelo exposto acima, para se verificar a possibilidade de utilização da tecnologia ADSL no apoio ao ensino, é necessário identificar situações que caracterizem diferentes opções nas quais o professor possa transmitir de forma eficaz uma aula remota (ensino a distância) ou utilizar recursos multimídia através da Internet para enriquecer a sua aula (ensino presencial). Com este propósito, no presente capítulo são apresentados diversos ambientes (i.e. situações), aqui chamados de Cenários Educacionais, que abordam os seguintes aspectos:

- Destinos das transmissões (e.g. sala de aula, laboratório e residência);
- Interatividade professor-aluno (com e sem interatividade áudio-visual).

As considerações feitas ao longo deste capítulo têm como premissa básica a utilização da tecnologia ADSL pelos alunos e pelo professor. Sendo assim, os Cenários Educacionais aqui propostos tentam aproveitar o máximo possível dos benefícios desta tecnologia de banda larga, procurando buscar um equilíbrio entre a qualidade dos conteúdos multimídia transmitidos e a largura de banda disponibilizada.

Para melhor entendimento os cenários foram divididos em 2 (dois) grupos que serão apresentados nas seções a seguir:

- Cenários Educacionais com transmissão de áudio e vídeo ao vivo;
- Cenários Educacionais que utilizam vídeos pré-gravados.

4.1 CENÁRIOS EDUCACIONAIS COM TRANSMISSÃO DE ÁUDIO E VÍDEO AO VIVO

Nestes cenários os alunos assistem a transmissão da aula no momento que ela acontece. As imagens do professor chegam aos alunos em tempo real.

Pelas suas próprias características, geralmente uma aula onde há transmissão de áudio e vídeo ao vivo através da Internet é mais utilizada no ensino a distância, porém nada impede que um professor faça uso na sua aula (ensino presencial) de transmissões ao vivo de palestras, depoimentos, feiras e exposições. O inconveniente disto é que a aula deve acontecer no exato momento das transmissões dos eventos.

Para estes tipos de cenários foi sugerida a utilização de recursos de videoconferência (ponto a ponto e multiponto) e servidores de *video stream*.

4.1.1 Cenários que utilizam videoconferência

Através de recursos de videoconferência é possível uma interatividade áudio-visual entre professor e alunos. Assim sendo, são várias as vantagens (e.g. economia de tempo, dinheiro, espaço, etc.) que uma aula remota (aula sem a presença física do professor) pode trazer para instituições de ensino e corporações, isto sem falar nos diferentes ramos da medicina, direito e entretenimento, por exemplo.

Além da interação áudio-visual, é possível também a interação através de janelas de bate-papo (IRC – *Internet Relay Chat*), do quadro de comunicação (i.e. *whiteboard*), do compartilhamento de aplicações e da troca de arquivos entre o professor e os alunos,

bem como utilização de recursos que permitam que documentos sejam visualizados no monitor dos alunos. Estes documentos podem ter estilo de transparências ou serem escritos num editor de documentos ao mesmo tempo em que são transmitidos, porém estes recursos dependem muito da ferramenta de videoconferência empregada.

Estes cenários contam ainda com recursos que possibilitam a gravação das transmissões, pois o evento gravado pode ser disponibilizado para os alunos que não puderam estar conectados no momento da sua realização ou o professor pode reproduzir esta gravação em outro momento quando necessário, tornando-se mais um recurso didático disponível.

Os participantes de uma videoconferência podem estar em qualquer lugar do planeta, basta para isto ter uma estrutura montada com equipamentos (hardware e software) e linhas de comunicação (no caso tecnologia ADSL) que suportem esta ferramenta.

Adiante são apresentadas algumas sugestões de utilização de videoconferência no apoio ao ensino presencial e a distância:

1) Os alunos são reunidos num mesmo ambiente físico para assistir uma aula remota (ensino a distância) ou para participar de uma aula (presencial) com transmissão de imagens de um palestrante que está fisicamente distante. Este ambiente pode ser uma sala devidamente projetada para suportar a videoconferência numa única máquina, videoconferência ponto-a-ponto (figura 4.1), ou em máquinas em rede local, um laboratório ou uma corporação, por exemplo, (vide figuras 4.2 e 4.3).

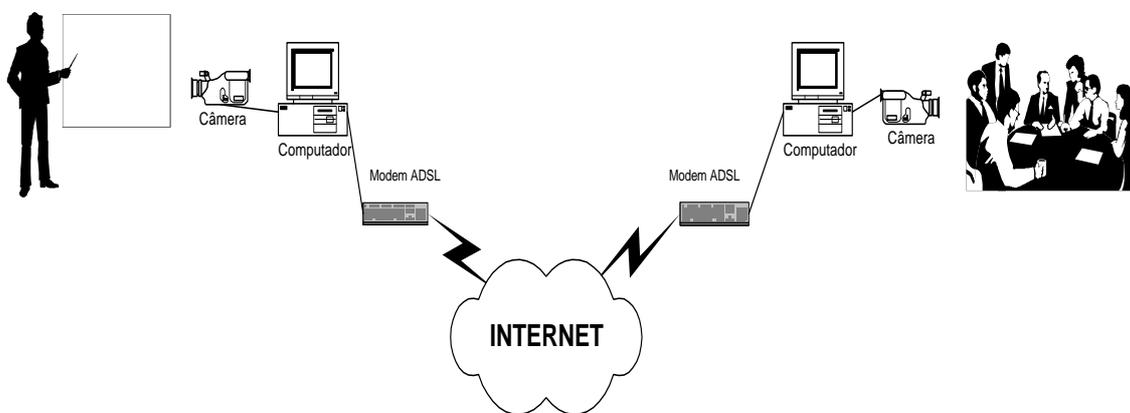


Figura 4.1 – Videoconferência ponto-a-ponto.

No contexto da figura 4.1, a depender do tamanho da turma, uma tela de computador pode não ser suficiente para que todos os alunos vejam as imagens do professor, elas podem ser projetadas num telão para melhor visualização. A câmera de captura das imagens dos alunos deve possuir um bom ângulo de visualização para que o professor tenha uma boa visão da turma, o sistema de sonorização deve ser adequado ao ambiente (e.g. tamanho da sala, quantidade de alunos, barulho externo, iluminação externa excessiva, etc.) para que não haja comprometimento na qualidade da aula. Um microfone móvel com boa recepção pode ficar à disposição dos alunos para uma provável interação verbal com o professor.

Este contexto pode ser muito útil para que as instituições de ensino enriqueçam suas aulas presenciais e promovam o ensino a distância (tornando-se um diferencial). Na área de saúde, este contexto pode servir para treinamentos de diagnósticos (i.e. telemedicina) e nas corporações pode ser utilizado para treinamentos de funcionários (i.e. força de vendas).

Na figura 4.2 o equipamento responsável pela sessão de videoconferência faz parte de uma rede local. Nesta máquina devem estar instalados os recursos de hardware e software necessários para que haja a comunicação fim-a-fim entre professor e os alunos. Neste caso apenas uma imagem geral dos alunos é enviada para a máquina do professor. Assim sendo não há necessidade de câmeras, microfones e software específicos nas outras estações da rede.

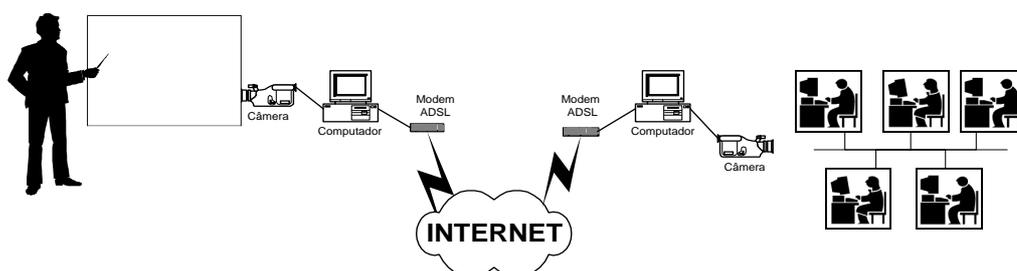


Figura 4.2 – Videoconferência ponto-a-ponto – rede local.

Uma boa indicação para este contexto seria, por exemplo, aula prática de softwares aplicativos ou treinamentos de aplicações corporativas (SI - Sistema de

Informação, CRM - *Customer Relationship Management*, etc) para funcionários da área administrativa, *help-desk*, força de vendas, etc. O professor pode ministrar sua aula prática ao mesmo tempo em que os alunos utilizam os recursos informáticos.

Nesta situação, também é interessante a apresentação das imagens do professor no telão. O sistema de sonorização também deve ser adequado ao ambiente e um microfone deve ficar à disposição dos alunos.

Como a comunicação com a Internet é feita através da conexão ADSL do laboratório, todo o tráfego gerado por esta rede local concorre com a aplicação de videoconferência (a menos que a máquina participante da videoconferência esteja fora da LAN), podendo em alguns casos, a depender da aplicação concorrente que esteja sendo utilizada (e.g. FTP, WWW, *e-mail*, etc.), haver degradação da qualidade das imagens. Desta forma, ou a largura de banda é suficientemente grande para suportar todo o tráfego na rede, ou aplicações concorrentes devem ser evitadas no momento da sessão de videoconferência.

No próximo capítulo será apresentado um experimento que determinará uma vazão média de banda para que haja uma qualidade aceitável nas imagens transmitidas.

A diferença básica entre o contexto da figura 4.3 e o contexto anterior (figura 4.2) é que as máquinas da rede necessitam de câmera de vídeo e microfone para que os alunos individualmente sejam vistos e ouvidos pelo professor. Para que isto seja possível, é necessária a presença de um servidor conhecido como MCU (*Multipoint Control Unit*), ele controla o tráfego de pacotes na rede, abertura de canais de comunicação, estabelecimento de novas chamadas e endereçamentos.

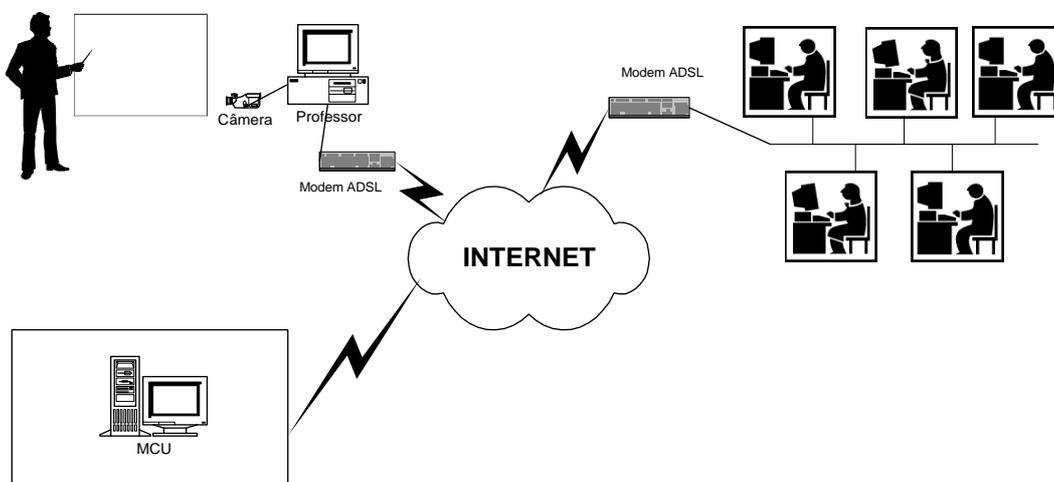


Figura 4.3 – Videoconferência multiponto – rede local.

Conforme o padrão H.323 (i.e. padrão que especifica todos os componentes necessários para transmissão de conteúdo multimídia através de redes IP), o MCU, preferencialmente, deve estar instalado na mesma rede local dos alunos, pois se ele estiver fora da LAN, para cada solicitação feita pelas máquinas da rede implicaria na abertura de uma seção *unicast* com este servidor (figura 4.3). Desta forma, a largura de banda requerida para suportar o tráfego das máquinas dos alunos seria bem maior.

Uma vez que as estações da rede LAN (no padrão H.323 são chamadas de “terminais”) estabelecem comunicação com o MCU, a sessão de videoconferência se inicia quando o professor remotamente estabelece uma comunicação *unicast* com este servidor. Neste caso a qualidade das transmissões depende das características do codificador utilizado (software cliente), das características do vídeo (e.g. tamanho da janela, quantidade de quadros enviados por segundo, etc.) e da largura de banda disponível.

Outra preocupação reside no fato de que, em redes *Ethernet*, em que ocorrem colisões e congestionamento de pacotes, existe a possibilidade de queda do tráfego de dados, em função da videoconferência e vice-versa. Daí a importância de se realizar um estudo cuidadoso sobre o impacto causado pela utilização de aplicações que envolvam transmissão de multimídia nestas redes. Este impacto, quando grande, pode afetar significativamente o desempenho de outros aplicativos, bem como da própria aplicação de videoconferência.

Caso o MCU não esteja instalado na mesma LAN das estações da rede (figura 4.3), a conexão que interliga o laboratório à Internet deve ter largura de banda suficiente para suportar a quantidade de solicitações dos alunos, pois para cada solicitação feita é aberta uma conexão *unicast* com o servidor. No caso da tecnologia ADSL, a largura de banda utilizada equivale à largura de banda de *upload* disponibilizada pela tecnologia. Conforme visto anteriormente, a largura de banda de *upload* é bem menor (geralmente a metade) que a largura de banda de *download*. Estes fatores podem limitar bastante a quantidade de máquinas participantes, incluindo a máquina do professor, da sessão de videoconferência.

Para evitar este inconveniente pode-se utilizar o modo de transmissão *multicast*, onde apenas um fluxo do conteúdo multimídia seria enviado para a LAN e uma maior quantidade de máquinas participaria da videoconferência. Porém, isto poderia degradar

a qualidade das imagens enviadas para a máquina do professor se uma maior quantidade de alunos/máquinas pudessem participar da sessão. Além disto, a tecnologia ADSL está suportada por um *backbone* onde a configuração elementar da grande maioria dos equipamentos de roteamento está prevista para interpretar somente os tradicionais pacotes IP *unicast*, os quais possuem endereço destino único, não sendo capazes de receber e retransmitir pacotes *multicast*, como é o caso do MBone⁴ (FISCHER, 2001).

Como se trata de uma solução envolvendo rede local, é aconselhável que se tenha uma política especial de segurança quando da instalação da conexão com a Internet. Como vimos no capítulo 2 – Tecnologia ADSL, a depender do tipo de *modem* ADSL (*bridge* ou *router*) e do protocolo utilizado (PPPoA ou PPPoE), a rede local pode ficar vulnerável a ataques de *hackers*. Assim sendo, deve-se procurar interagir com a empresa prestadora do serviço que dispõe da tecnologia para saber detalhes técnicos do serviço prestado.

2) Os alunos podem estar dispersos geograficamente em suas residências assistindo as imagens do professor. Para que o professor interaja visualmente com os alunos é necessário utilizar recursos de videoconferência multiponto. Nesta situação também é necessária a utilização de um servidor MCU (*Multipoint Control Unit*), que algumas ferramentas chamam de “refletor” (figura 4.4). Este servidor pode estar instalado em qualquer lugar da Internet, desde que este local possua largura de banda suficiente para suportar o tráfego gerado pelos alunos.

Os alunos se conectam ao “refletor” e estabelecem uma sessão de videoconferência. No entanto, o professor pode ser o responsável pela videoconferência, abrindo e coordenando a sessão (videoconferência ponto-multiponto). Isto evitaria que os alunos interagissem entre si, interação esta não muito conveniente para o bom desempenho da aula.

Segundo Nunes (1998), é problemático promover ensino a distância com interatividade síncrona com uma grande quantidade de alunos dispersos geograficamente. As ferramentas que possibilitam esta facilidade restringem a poucos acessos devido a limitações de diversas naturezas, tais como largura de banda e alto custo. Porém, este contexto pode atender a demanda de certos treinamentos quando os

⁴ *Backbone* virtual que significa *Multicast Backbone*

acessos, dos alunos se restringirem a algumas unidades. Além disto, este cenário também pode ser utilizado em treinamentos de diagnósticos médicos, por exemplo.

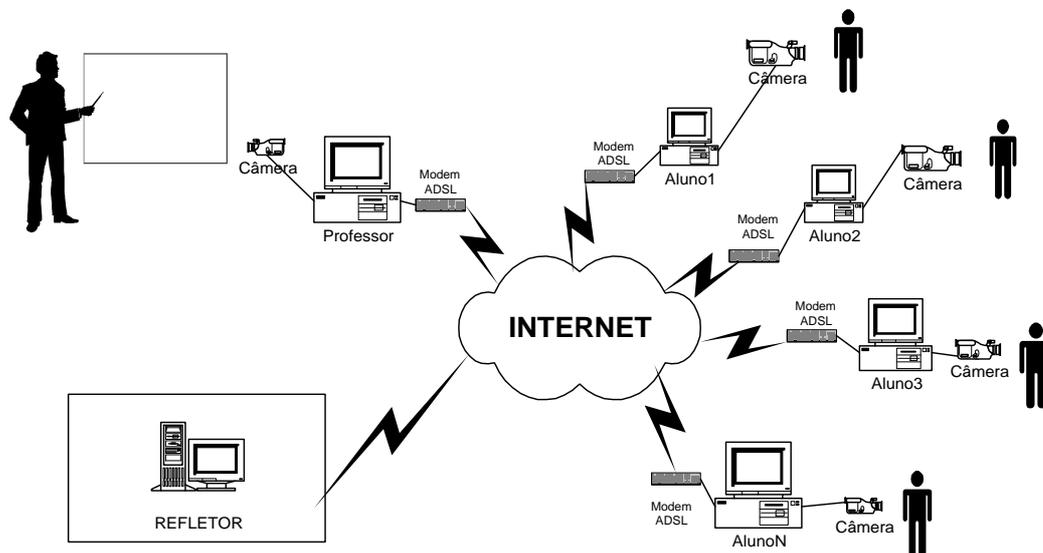


Figura 4.4 – Videoconferência multiponto – residências dos alunos.

Da mesma forma que as ferramentas para videoconferência ponto a ponto, as ferramentas para videoconferência multiponto além de poderem receber e enviar áudio e vídeo, podem utilizar janela de bate-papo e ainda compartilhar documentos e gráficos em um quadro de comunicações (i.e. *whiteboard*) eletrônico e interativo.

4.1.2 Cenários que utilizam servidor de *video stream*

Para que este contexto seja viável é necessário a utilização do servidor de *video stream*. Uma máquina (i.e. *encoder*) captura, digitaliza e transmite as imagens do professor ao servidor para que este possa disponibilizá-la na Internet.

A diferença deste contexto para o contexto com videoconferência é que não há interatividade áudio-visual, ou seja, as imagens ao vivo são transmitidas somente em um sentido, do professor para os alunos.

Os cenários com utilização de servidor de vídeo podem ter as seguintes possibilidades:

1) Os alunos podem estar reunidos num mesmo ambiente físico assistindo uma aula remota (ensino a distância) ou até mesmo estar numa aula (presencial) assistindo uma palestra que está sendo transmitida naquele momento. Este ambiente pode ser uma sala com uma única máquina reproduzindo o conteúdo (figura 4.5), ou um ambiente com máquinas em rede local (laboratório ou uma corporação, por exemplo), vide figura 4.6.

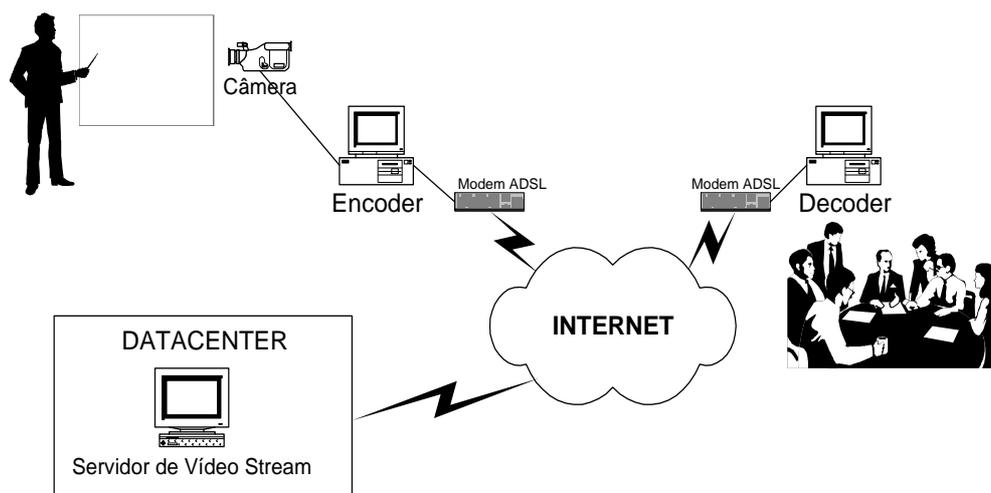


Figura 4.5 – Servidor de vídeo transmitindo ao vivo.

Na figura 4.6 os alunos estão reunidos num laboratório com computadores em rede local. Os alunos solicitam ao servidor a transmissão das imagens que estão sendo geradas pelo *encoder*. Nas máquinas dos alunos devem estar instalados os *players* para que seja possível a visualização do conteúdo multimídia.

Como se trata de transmissão para vários pontos concentrados num mesmo ambiente físico, existem dois aspectos a serem observados:

- Servidor de *video stream* instalado na mesma rede do laboratório

O *encoder* transmite num único sentido as imagens para o servidor de vídeo, e este por sua vez se encarrega de fazer a distribuição do conteúdo multimídia para as máquinas do laboratório. Se todas as estações da rede forem receber as imagens transmitidas, pode ser utilizada a forma de transmissão *broadcast*, onde os pacotes seriam enviados somente uma vez para um endereço *broadcast*, e todas as estações os

receberiam. Contudo, sabe-se que, na prática, o *broadcast* não funciona bem para roteamento de pacotes para outras sub-redes (GOYENECHE, 1998). Para cobrir esta necessidade, a forma de transmissão *multicast* apresenta um melhor desempenho, pois somente as estações interessadas capturam os pacotes transmitidos, liberando o resto da rede de tráfegos desnecessários e de pacotes descartados (GOYENECHE, 1998). A quantidade de máquinas que poderão acessar o conteúdo na LAN do laboratório dependerá da disponibilidade de banda da rede, porém neste caso estamos falando de largura de banda da ordem de Mbps.

É possível utilizar o *Windows Media Server*, por exemplo, para transmitir na forma *multicast* em segmentos locais da LAN. Pode-se transmitir um conteúdo na forma *multicast* distribuindo o servidor nas diversas áreas da rede separadas por roteadores que não suportam *multicast*, e a partir de um servidor central, enviar por *unicast* a programação aos diversos servidores e estes, por sua vez, enviar por *multicast* a programação aos laboratórios. Esta forma de transmissão é chamada de *server distribution* ou de *re-distribution* (GOYENECHE, 1998).

- Servidor de *video stream* instalado num outro ambiente fora da LAN

Como a tecnologia ADSL está suportada por um *backbone* onde a grande maioria dos equipamentos não prevê roteamento de pacotes IP *multicast*, cada solicitação de transmissão do conteúdo multimídia feita ao servidor (figura 4.6) implica na abertura de uma sessão *unicast*, desta forma, somente as conexões que apresentarem largura de banda suficiente serão atendidas.

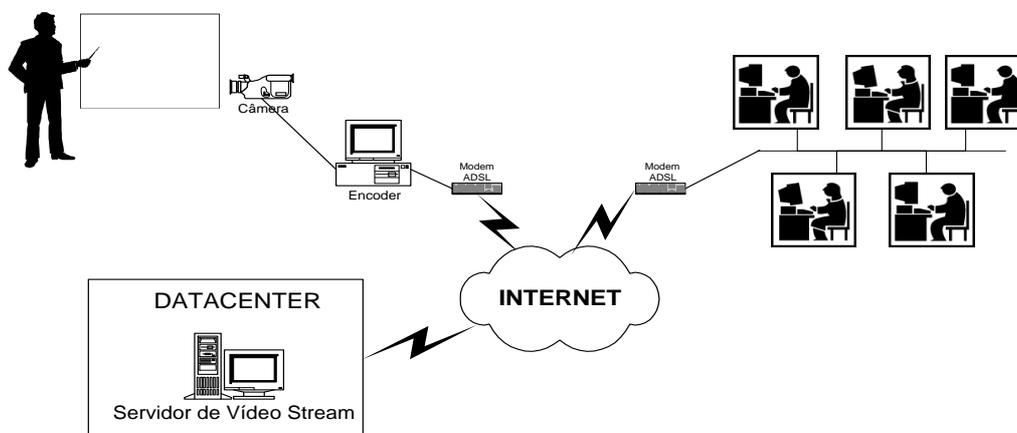


Figura 4.6 – Servidor de vídeo transmitindo ao vivo – rede local.

Para que esta situação seja viável no apoio ao ensino é necessária uma linha ADSL no laboratório com velocidade de conexão suficientemente alta para suportar as diversas solicitações das máquinas da rede, além de uma boa política de segurança.

No contexto da figura 4.7 os alunos estão em suas residências assistindo as imagens do professor que está fisicamente distante. O servidor de vídeo pode estar em qualquer lugar (e.g. na instituição de ensino, em um *Datacenter*, etc.), desde que a largura de banda que conecta este servidor à Internet seja suficientemente grande para suportar o tráfego.

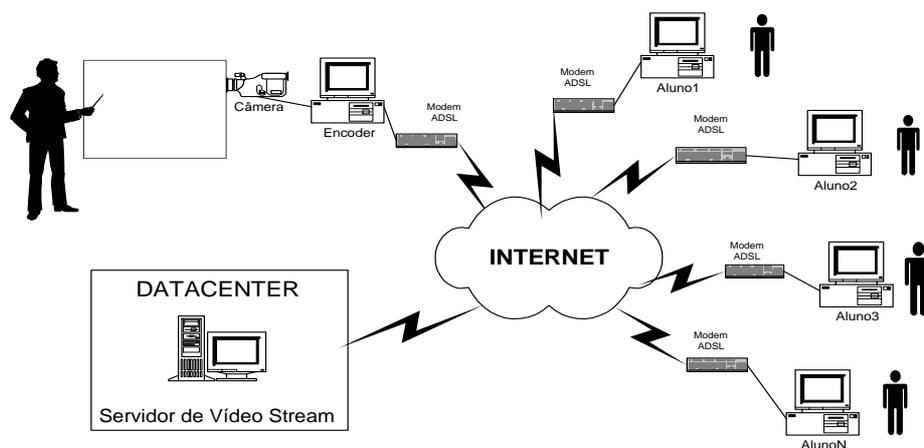


Figura 4.7 – Servidor de vídeo transmitindo ao vivo – residências dos alunos.

A responsabilidade pela recuperação e visualização dos vídeos é do próprio aluno que deve possuir infra-estrutura (i.e. hardware, software e acesso ADSL) para isto.

Não é recomendável utilizar interatividade no momento em que a aula acontece, pois as ferramentas disponíveis para promover a interatividade neste contexto, por exemplo, *chat* e *e-mails*, interromperiam o andamento da aula podendo até prejudicar o seu desempenho, isto sem falar no aumento do tempo da transmissão que a depender da localização do servidor de vídeo (*Datacenter*, por exemplo) poderia implicar em aumento nos custos finais da aula. Porém, se esta interatividade for imprescindível para o sucesso da aula, recomendamos que o professor conte com o apoio de um ajudante para fazer uma seleção das perguntas que podem ser feitas através de *e-mails*, *chat* e até pelo telefone.

No próximo capítulo também faremos uma avaliação operacional destes Cenários Educacionais, onde serão apresentados detalhes de implementação, e

apresentadas considerações quanto ao desempenho das transmissões utilizando a tecnologia em estudo.

4.2 CENÁRIOS EDUCACIONAIS QUE UTILIZAM VÍDEOS PRÉ-GRAVADOS

Uma transmissão de vídeo pré-gravado como o próprio nome sugere, caracteriza-se pela gravação prévia do conteúdo multimídia e sua disponibilização num servidor. Desta forma, o conteúdo pode ser utilizado num momento mais adequado, sem a obrigatoriedade de se estar conectado à rede no momento do acontecimento do evento como visto nos cenários com transmissão ao vivo. A interatividade entre o professor e os alunos pode ser feita utilizando outros recursos como, por exemplo, IRC e *e-mail*.

O conteúdo multimídia utilizado pode ser além de vídeos, também áudio e imagens. O conteúdo original pode ser, por exemplo, uma fita VHS, um arquivo multimídia capturado por um *encoder* ou arquivos com extensão AVI, MPEG (*Motion Picture Experts Group*), WAV, etc. Os vídeos podem conter uma aula (ministrada anteriormente ou simulada), palestras, feiras, convenções, entrevistas ou até mesmo uma seção de videoconferência ocorrida anteriormente e gravada para posterior recuperação.

Estes cenários, pelas suas próprias características, exigem menos dos recursos de comunicação do que os cenários com transmissão ao vivo, pois como se tratam de vídeos pré-gravados não há nenhuma exigência de sincronismo nas transmissões e por isto, se tornam mais simples de ser implementados.

A disponibilização dos vídeos pode ser feita de duas maneiras:

- Utilizando servidor de *video stream*;
- Utilizando servidor *Web*.

Como vimos anteriormente, a tecnologia *streaming* dispensa a espera do usuário pelo *download* do arquivo, ao contrário do que acontece se a mídia estiver gravada num servidor WEB. Geralmente arquivos instrucionais não são pequenos, conseqüentemente o tempo de espera do usuário pelo *download* também não é. Para se ter uma idéia, a tabela 4.2 apresenta um comparativo dos tempos de *download* de um arquivo de

aproximadamente 60 Mb (30 minutos de mídia contínua) em duas diferentes velocidades de conexão ADSL.

Tabela 4.1 – Comparativo dos tempos de *download* de um arquivo com 60MB.

Largura de banda (download)	Tempo
256 kbps	40 min
512 kbps	20 min

Assim como os cenários com transmissão ao vivo, além do ensino acadêmico, estes cenários podem ser utilizados nos mais diversos treinamentos: corporativos (e.g. força de vendas, atendimento a cliente, *help-desks*, sistemas de informação, etc.), área de medicina para treinamentos de processos cirúrgicos, diagnósticos, etc.

Dentre as diversas aplicações que estes cenários podem contemplar, tem-se:

1) Numa aula presencial o professor pode solicitar a reprodução de algum conteúdo multimídia armazenado no servidor (que pode ser de *video stream* ou WEB). O professor pode estar na sala de aula (figura 4.8) ou num laboratório com rede local (figura 4.9).

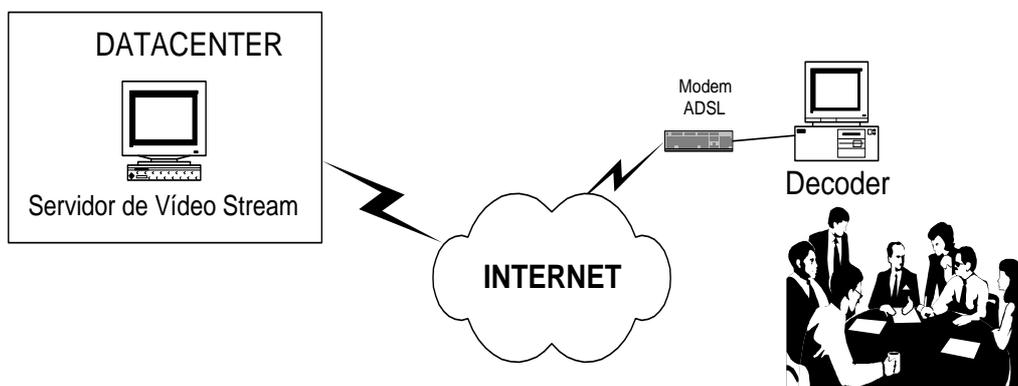


Figura 4.8 – Transmissão de vídeos pré-gravados.

Caso o arquivo tenha sido gravado e digitalizado utilizando tecnologia *stream*, na sala de aula deve existir um computador com o *player* (*decoder*) instalado (vide figura 4.8).

2) No contexto da figura 4.9, os alunos, através das máquinas em rede local sob orientação de um professor, solicitam ao servidor a transmissão do conteúdo multimídia. Da mesma forma que o contexto anterior, o laboratório deve possuir infraestrutura necessária para a requisição, distribuição e apresentação dos vídeos.

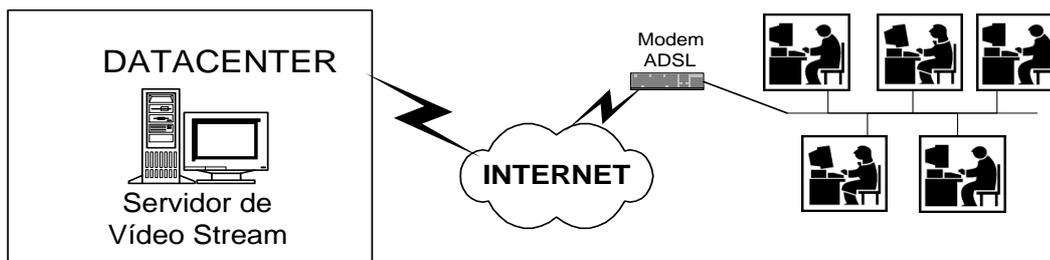


Figura 4.9 – Transmissão de vídeos pré-gravados – rede local.

Neste contexto duas considerações podem ser feitas:

- O servidor de vídeo está instalado na mesma rede local.

Neste caso não há necessidade de comunicação com a Internet, e conseqüentemente a tecnologia ADSL não se aplica. O desempenho deste contexto está condicionado às características da rede local tais como: velocidade, quantidade de estações solicitando os vídeos simultaneamente, topologia, colisões, outras cargas na rede, características do vídeo (e.g. tamanho da janela, velocidade de digitalização, etc.), etc.

- O servidor de vídeo está instalado fora da rede local do laboratório (remotamente). Conforme pode ser visto na figura 4.9.

Neste caso, a mesma conexão com a Internet será utilizada pelas estações da rede local. Da mesma forma que o contexto com transmissão ao vivo, a quantidade de estações que podem assistir ao vídeo é diretamente proporcional à banda disponível, ou

seja, se a velocidade de *downstream* da ADSL for 256 kbps e o vídeo for digitalizado a 100 kbps, somente duas estações podem assistir ao conteúdo multimídia ao mesmo tempo, isto desconsiderando a existência de outras cargas na rede. Desta forma só é vantagem utilizar este contexto para velocidades maiores de conexão com a Internet, por exemplo, 512 kbps que permite cerca de cinco máquinas acessando o conteúdo, caso contrário é melhor utilizar o contexto anterior onde a transmissão é feita para apenas uma máquina na sala de aula.

3) Os alunos podem acessar (figura 4.10) o conteúdo a partir das suas residências. Eles devem possuir uma conexão ADSL e um computador com um *player*.

A tecnologia ADSL é bastante adequada para este tipo de aplicação, a preocupação maior seria com a carga no servidor de vídeo e na linha de conexão deste com a Internet, em função da quantidade de acessos simultâneos aos conteúdos.

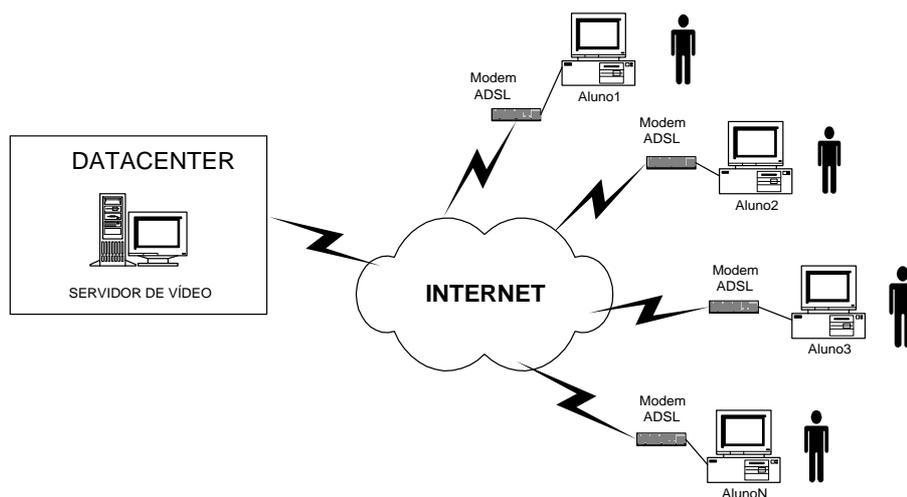


Figura 4.10 – Transmissão de vídeos pré-gravados – residências dos alunos.

4.3 RESUMO DO CAPÍTULO

Neste capítulo são abordados sete Cenários Educacionais com transmissão ao vivo e três cenários com utilização de vídeos pré-gravados. Estes cenários caracterizam diferentes formas para a prática do ensino presencial e à distância e os aspectos levados em consideração para as suas esquematizações foram:

- Destinos das transmissões (e.g. sala de aula, laboratório e residência);
- Interatividade professor-aluno (com e sem interatividade áudio-visual).

No próximo capítulo são apresentados os experimentos práticos que tomaram como base alguns dos Cenários Educacionais esquematizados neste capítulo. São apresentados detalhes de implementação/configuração, topologias dos experimentos e através de gráficos são apresentadas as medidas dos principais parâmetros de desempenho (i.e. *jitter*, perda de pacotes, tempo de resposta e vazão) e as respectivas conclusões dos experimentos.

5 ANÁLISE DE DESEMPENHO DOS CENÁRIOS EDUCACIONAIS – UMA AVALIAÇÃO OPERACIONAL

Para demonstrar que a tecnologia ADSL de acesso a Internet pode tornar possível a utilização de aplicações multimídia em tempo real no apoio ao ensino presencial e a distância, foram experimentados alguns dos Cenários Educacionais sugeridos no capítulo anterior.

Os experimentos foram feitos utilizando recursos que possibilitam a distribuição de conteúdo multimídia através da Internet. Um recurso promove uma comunicação sem interatividade áudio-visual e o outro recurso promove a comunicação com interatividade áudio-visual:

- Experimentos com utilização de servidor de *video stream*;
- Experimentos com videoconferência ponto a ponto.

Entretanto, para que seja possível fazer uma análise do desempenho dos cenários experimentados, é necessário um entendimento básico sobre Qualidade de Serviço (QoS), mais especificamente, entender os parâmetros que afetam a qualidade de aplicações multimídia em tempo real que utilizam a Internet como rede de comunicação.

5.1 QUALIDADE DE SERVIÇOS (QoS)

Segundo Joberto Martins (1999), “Qualidade de Serviço (QoS) é um requisito da(s) aplicação(ões) para a qual exige-se que determinados parâmetros (atraso, vazão, perda, etc.) estejam dentro de limites bem definidos (valor máximo, valor mínimo)”.

Redes IP, em particular a Internet, assim como outras redes de comunicação de dados (e.g. ATM, *Frame-Relay*, etc.) utiliza-se da tecnologia de comutação de pacotes (*Packet-switching*). Estas redes normalmente oferecem um serviço de entrega de pacotes conhecido como *best-effort* e não oferecem QoS (MARTINS, 1999).

Muitos dos *backbones* IP ao redor do mundo buscam oferecer para seus usuários um nível de serviço (*Service Level Agreement* - SLA) mínimo para que a maioria das

aplicações, principalmente aquelas referentes à troca de dados, apresente um desempenho aceitável. Porém, quando se trata de utilização de aplicações multimídia (videoconferência e VoD, por exemplo), a possibilidade de ocorrência de retardos inseridos nas etapas de comutação e a possibilidade de acontecerem perda de pacotes durante a transmissão, influenciam diretamente no desempenho destas aplicações.

Apesar da recente criação de mecanismos e recursos que buscam minimizar os impactos negativos dos parâmetros de QoS sobre as transmissões de conteúdos multimídia (e.g. algoritmo de compressão para otimização da banda consumida), é importante determinar a influência destes parâmetros nas aplicações utilizadas nos Cenários Educacionais aqui propostos.

Segundo José Fonseca (2000), os principais parâmetros de QoS que afetam as aplicações multimídia em tempo real são:

- Vazão;
- Taxa de Perda de Pacotes;
- Retardo de Pacotes (i.e. latência, atraso, *delay*);
- *Jitter*.

Não há um consenso quanto aos valores máximos e mínimos toleráveis para utilização de aplicações que transmitam mídia contínua através da Internet, eles podem variar caso a caso. Neste trabalho foi tomado como base os valores de referências de aplicações de Voz sobre IP (VoIP) (PRICE, 2003).

5.1.1 Vazão

A vazão é um dos principais atributos de um serviço de transporte, é a capacidade de um canal de “carregar” os bits. A vazão é o parâmetro mais básico de QoS e certamente mais presente nas especificações (MARTINS, 1999), está relacionada à taxa efetiva utilizada no transporte da informação. Em redes a vazão é medida em pacotes por segundo (pps) ou em bits por segundo (bps). Ela pode variar de uso para uso, no caso de transmissão de mídia contínua através da Internet geralmente ela compreende uma faixa de 100 kbps a 2 Mbps (PRICE, 2003).

5.1.2 Taxa de Perda de Pacotes

A taxa de pacotes perdidos é o segundo mais importante parâmetro de QoS, ela é medida no destino da transmissão e é considerada como a razão entre as quantidades de pacotes perdidos e a quantidade de pacotes transmitidos, em cada intervalo de tempo considerado. Normalmente a perda de pacotes é atribuída a algum erro entre a taxa de transmissão do originador e a capacidade de transmissão da rede, levando a congestionamentos em algum ponto, aumento indesejado das filas nos recursos, por fim ocasionando descarte de pacotes quando as filas excedem sua capacidade.

Protocolos como o TCP, se recuperam desta situação através da detecção e reenvio dos pacotes perdidos. Ao contrário do protocolo TCP, o protocolo UDP não retransmite os pacotes perdidos, o que poderia ser um inconveniente para aplicações em tempo real.

Segundo Dave Price (2003), a maioria das aplicações multimídia que utilizam redes sem QoS, podem tolerar uma perda máxima de pacotes em torno de 5%. Nos experimentos apresentados neste capítulo poderemos confirmar esta afirmação

5.1.3 Retardo de Pacotes

Os pacotes IP para irem da origem ao destino passam por uma série de roteadores, que integram a rede de comutação de pacotes. Esta rede insere vários tipos de retardos na transmissão do pacote, principalmente nos pontos de concentração (roteadores). Em cada roteador, o pacote sofre vários atrasos durante o processo de comutação, sendo que os retardos mais importantes são: retardo de processamento, retardo de enfileiramento, retardo de transmissão, além do retardo de propagação entre os roteadores (MARTINS, 1999).

O tempo que um pacote leva para atravessar a rede é chamado de latência (i.e. atraso). O excesso na utilização dos recursos da rede pode ocasionar congestionamentos, incrementos nas filas e conseqüentemente aumentar a latência da rede. Do ponto de vista da aplicação, a latência resulta no Tempo de Resposta total do sistema (JAIN, 1991).

A depender da aplicação em questão, o atraso fim-a-fim não deve ser superior a 150ms. Em algumas aplicações, este atraso pode ser tolerável até 400ms, acima disto fica praticamente impossível a interatividade (PRICE, 2003).

5.1.4 Variação do atraso

A variação do atraso é denominada *jitter*. A grande dificuldade encontrada na implementação de aplicações multimídia sobre redes de pacotes sem QoS é o aumento do *jitter*, fazendo que, em determinados casos, ocorra a queda de qualidade do serviço (FISCHER, 2001).

Não há consenso sobre como medir o *jitter*. Existem definições relacionadas à média e ao *jitter* máximo. Ficaremos com a definição padronizada na especificação do RTCP, onde o *jitter* é o valor médio da diferença de atraso entre dois pacotes consecutivos em um determinado intervalo de tempo (FONSECA, 2000).

Para medir esta variação de atraso, é necessário monitorar a diferença entre dois pacotes consecutivos em trânsito. Mesmo que os relógios do remetente e do destinatário não sejam sincronizados, as diferenças no tempo de trânsito dos pacotes são independentes dos valores do tempo absoluto (i.e. tempo real de chegada e saída dos pacotes).

Se os pacotes *i* e *j* são marcados com S_i e S_j e são enviados e recebidos nos instantes R_i e R_j , respectivamente, temos a expressão (5.1) abaixo, onde D_{ij} é a diferença de trânsito em unidades de marcação de tempo (FONSECA, 2000).

$$D_{ij} = (R_j - S_j) - (R_i - S_i) = (R_j - R_i) - (S_j - S_i) \quad (5.1)$$

Segundo Price (2003), apenas 10% das aplicações que transmitem conteúdo multimídia através de redes WAN, funcionam a contento com um *jitter* superior a 20ms. Da mesma forma que a largura de banda, neste capítulo podemos confirmar esta afirmação.

5.2 OS EXPERIMENTOS E SUAS ANÁLISES

O objetivo dos experimentos aqui descritos é verificar a viabilidade de implementação de Cenários Educacionais com transmissão ao vivo, bem como, analisar o impacto da variação de alguns fatores nos parâmetros de QoS e conseqüentemente na qualidade final do conteúdo multimídia transmitido e apresentado ao usuário.

Neste trabalho são verificados os pré-requisitos básicos necessários para que em uma aula, seja ela presencial ou a distância, o professor possa utilizar a tecnologia ADSL e recursos multimídia que possibilitem a comunicação eficaz com os alunos através da Internet. Estes pré-requisitos são:

- Sincronismo entre o áudio e o vídeo;
- Qualidade do som transmitido;
- Qualidade das imagens transmitidas.

A tabela 5.1 apresenta uma sugestão de classificação que servirá como referencial para as análises feitas ao final de cada experimento. Esta classificação foi adaptada para transmissão em tempo real de áudio e vídeo da classificação MOS (*Mean Opinion Score*) de Voz sobre IP – VoIP (ITU-T, 2003).

Tabela 5.1 – Classificação da qualidade do áudio e do vídeo transmitidos.

Classificação	Comentários
Ruim	Ininteligível, o usuário não entende o conteúdo transmitido. Possui interrupções inaceitáveis devido às degradações.
Pobre	O conteúdo possui muitas interrupções devido às degradações, não há sincronismo entre o áudio e o vídeo. O usuário tem que fazer um esforço considerável para entender a maioria dos trechos.
Moderada	A qualidade do vídeo é ruim, o usuário sente-se incomodado com as degradações, porém não tem interrupções do áudio nem falta de sincronismo. Mesmo assim o usuário ainda consegue entender a mensagem (requer esforço moderado).
Boa	O usuário percebe pequenas degradações somente no vídeo, mas não se incomoda com elas, pois são mínimas (nenhum esforço apreciável é requerido).
Excelente	O usuário não consegue diferenciar o real do transmitido, ou seja, não percebe degradações (nenhum esforço é requerido).

5.2.1 Obtenção das medidas dos parâmetros de qualidade

Para fazer as medições nos parâmetros de qualidade foi utilizado um software analisador de protocolo chamado *EtherPeek* (ETHERPEEK, 2002). O processo de medição consistiu em monitorar, através deste software, as interfaces dos *modems* ADSL das máquinas envolvidas (professor e alunos) para “capturar” o seu tráfego. Este processo dava-se da seguinte forma:

1) Durante a transmissão o software *EtherPeek* capturava os pacotes que saíam da máquina origem e chegavam na máquina destino. A figura 5.1 mostra a tela do *Etherpeek* no momento da captura dos pacotes.

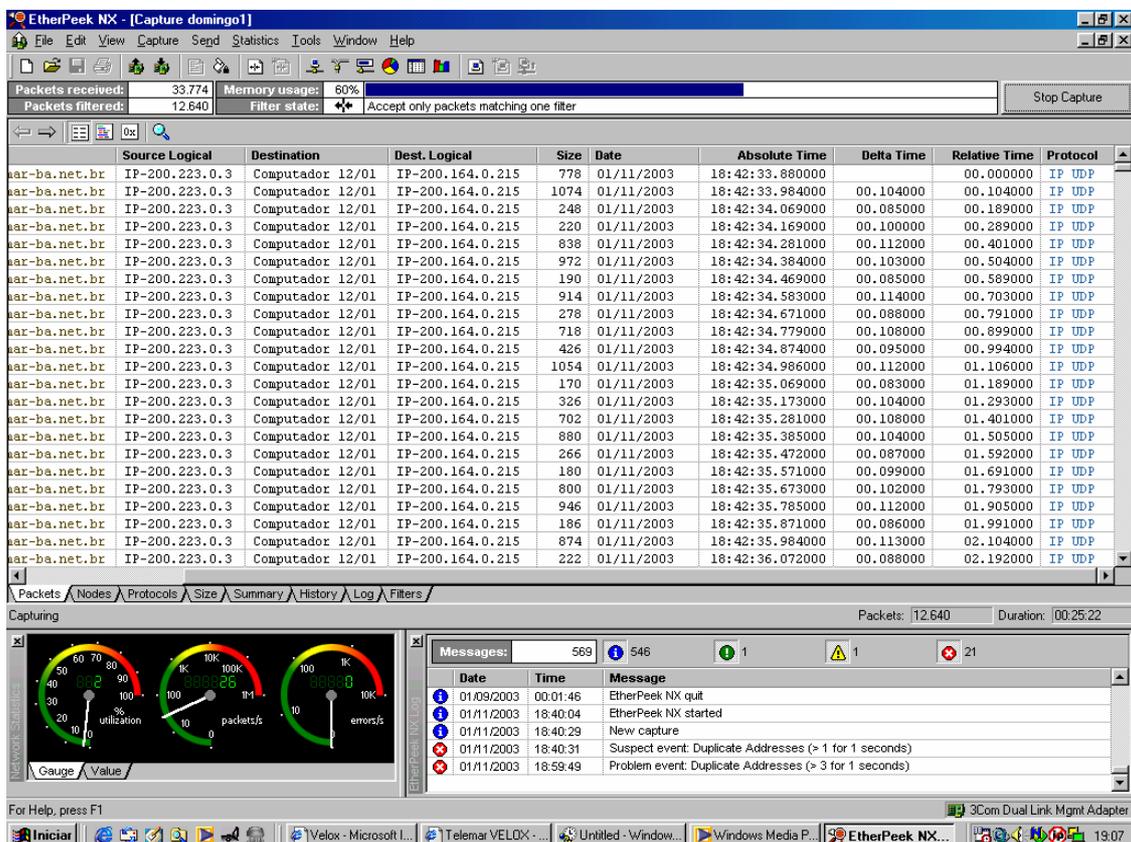


Figura 5.1 – Tela do *EtherPeek* capturando pacotes no *modem* ADSL.

2) Para cada pacote que entrava e saía das interfaces era gerado um registro contendo as informações de cada pacote enviado ou recebido. Dentre as informações obtidas pelo software as mais importantes para os experimentos foram:

source – endereço IP da origem;
destination – endereço IP do destino;
size – tamanho do pacote enviado ou recebido;
date – data atual;
absolute time – hora real de chegada e de saída dos pacotes;
delta time – intervalo entre as chegadas ou saídas dos pacotes;
relative time – somatório do delta time (instantâneo);
cumulative bytes – quantidade de bytes acumulados;
protocols – protocolo utilizado.

Apesar da dedicação exclusiva destas máquinas às aplicações em questão, foi necessária a utilização de um filtro em cada máquina para garantir a captura apenas dos pacotes de interesse dos experimentos. A figura 5.2 mostra a tela com a configuração de um filtro utilizado na interface do *modem* ADSL do usuário. Através deste filtro foi possível selecionar os endereços de origem e de destino, o protocolo utilizado na comunicação e as portas de origem e de destino.

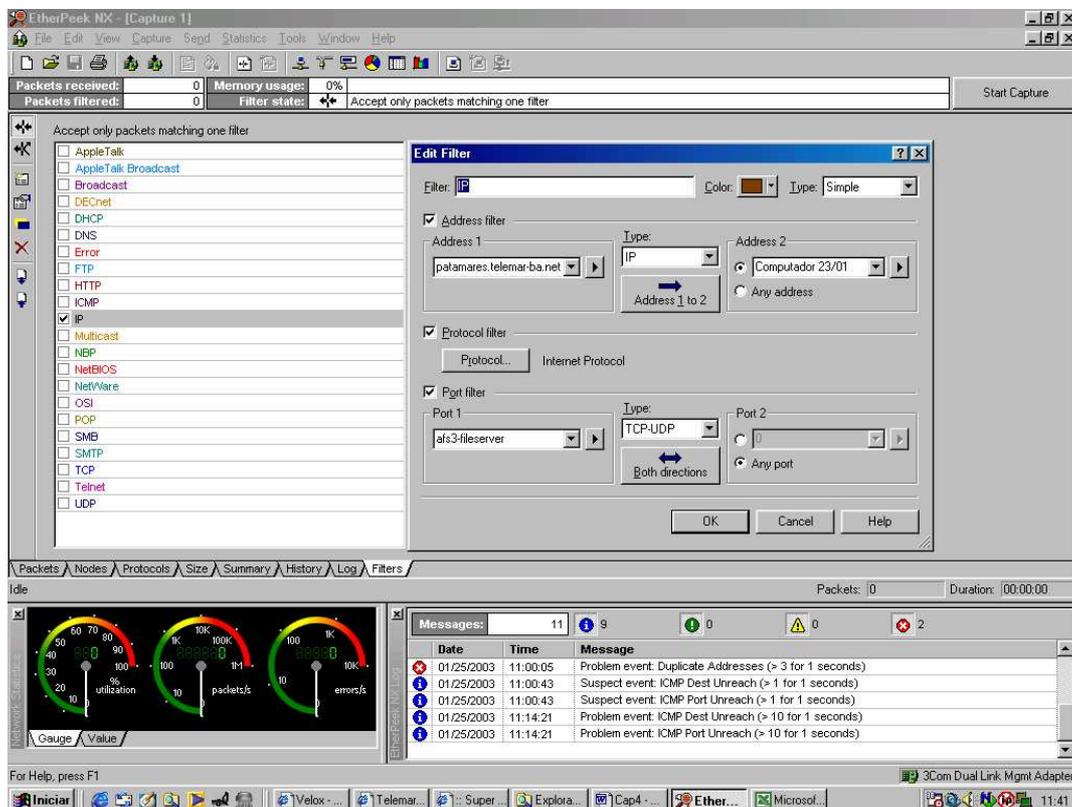


Figura 5.2 – Filtro na interface de um *modem* ADSL.

3) Após a captura dos pacotes gravava-se a sessão com a extensão pkt (proprietária do software) e os registros dos pacotes com a extensão txt (*Tab delimited*) para posterior tratamento numa planilha (e.g. Excel).

5.2.2 Experimentos com transmissão ao vivo utilizando servidor de *video stream*

Estes experimentos contemplaram os Cenários Educacionais nos quais os alunos estão reunidos numa sala de aula ou dispersos geograficamente, em suas residências, por exemplo, recebendo as imagens de um professor que estivesse fisicamente distante. Para que isto fosse possível utilizou-se um servidor de *video stream*.

Além de mostrar a possibilidade de implementação dos cenários propostos, estes experimentos visam determinar, através da análise dos parâmetros de QoS, o impacto da variação da velocidade de digitalização na qualidade das imagens do conteúdo digitalizado, bem como o impacto dos horários sobre estes parâmetros.

As velocidades de digitalização propostas foram: 100 kbps e 200 kbps.

5.2.2.1 Descrição dos experimentos

A topologia apresentada na figura 5.3 mostra o cenário pelo qual pacotes IP transportando conteúdos multimídia (e.g. áudio e vídeo) trafegaram em tempo real da origem (*encoder*) até o destino (máquina usuária) passando por um servidor de *video stream*.

Os experimentos descritos nesta seção aconteceram no *backbone* IP da TELEMAR. As máquinas envolvidas nestes experimentos estavam conectadas diretamente à Internet através do serviço VELOX⁵, com exceção do servidor de *video stream* que fazia parte do *Datacenter*⁶ da TELEMAR e conseqüentemente estava conectado à Internet através de um *link* IP dedicado de alta velocidade.

⁵ Serviço que disponibiliza a tecnologia ADSL na área de atuação da TELEMAR.

⁶ Local onde os servidores com elevado número de acesso ficam hospedados na Internet.

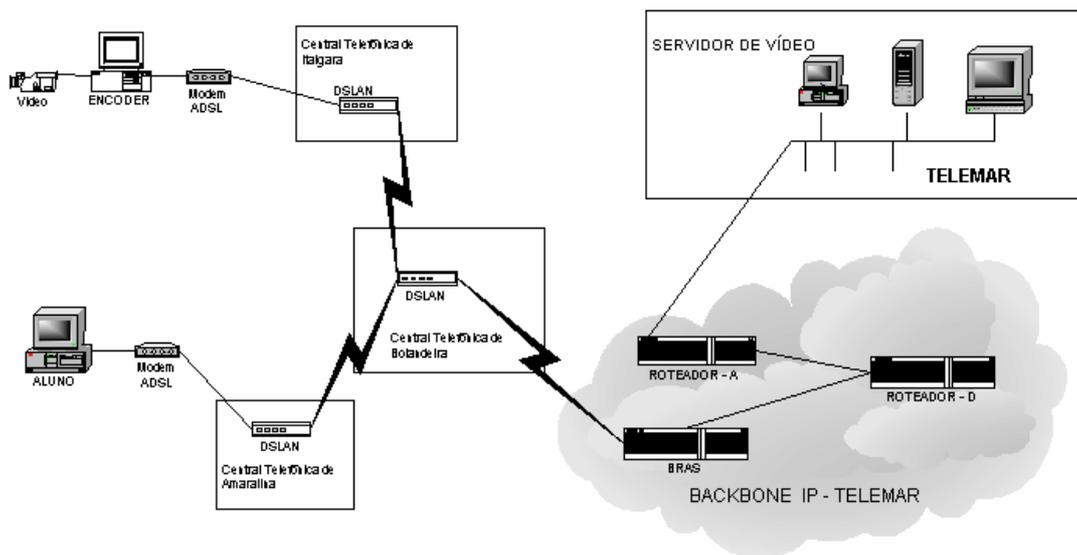


Figura 5.3 - Cenário implementado utilizando servidor de *video stream*.

5.2.2.2 Detalhes das implementações

Uma máquina (*encoder*) capturava o conteúdo por meio de uma câmera e um microfone e os transmitia através do *backbone* para um servidor de video stream após digitalizá-los e codificá-los utilizando um algoritmo de codificação proprietário.

O servidor utilizado nos experimentos foi o *Windows Media Server 6.0*. Ele estava instalado em uma máquina ALR (Pentium III de 533MHz) com 128MB de memória e *Microsoft Windows NT 4 Server*. Esta máquina pertencia ao *Datacenter* da TELEMAR na Bahia e estava conectada a uma rede local de 100Mbps. Esta LAN estava ligada diretamente ao *backbone* através do roteador de acesso (ROT A).

O *encoder* utilizado foi o *Windows Media Encoder 7.0*. Ele foi instalado numa máquina Pentium IV de 1,5 GHz e 256 Mb de memória. A figura 5.4 mostra a tela principal do *encoder* no momento de uma transmissão. Nesta tela é possível verificar em quais condições a transmissão estava sendo feita: a taxa de transmissão do áudio e do vídeo, a quantidade de bytes transmitidos, a quantidade de acessos que estão acontecendo ao conteúdo transmitido, os CODECs utilizados, etc.

No *encoder* é possível configurar as características da transmissão, como por exemplo, a largura de banda dos usuários, o codificador de vídeo e de áudio utilizado, quantidade de quadros por segundo e o tamanho da janela de exibição. Nele é possível

informar o nome do arquivo para gravação da transmissão (como vimos esta facilidade é muito interessante para ser utilizada em EaD).

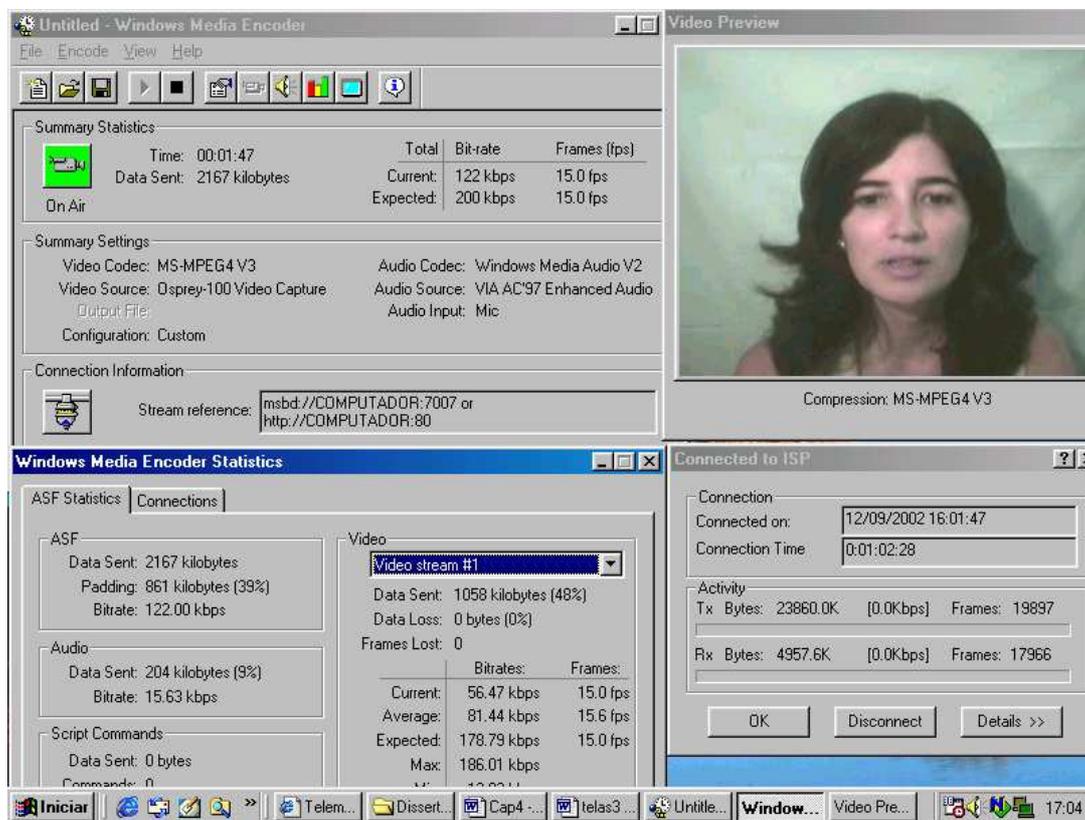


Figura 5.4 - Tela do *encoder* no momento da transmissão ao vivo.

Na máquina usuária estava instalado o software *Windows Media Player 7.01*. Ele é responsável pela reprodução e visualização do conteúdo multimídia. A figura 5.5 mostra a tela do *player* no momento de uma transmissão. Nele é possível configurar o tamanho do *buffer* em segundos, a velocidade de conexão do usuário, etc.

Ao contrário do software da *Real Network*⁷, o *Windows Midea Server* necessita conhecer o número IP do *encoder* para “buscar” as imagens geradas. Até então o serviço VELOX não fornece endereço IP fixo. Assim sendo, para evitar que fosse informado ao administrador do servidor o novo endereço IP do *encoder* a cada nova conexão do VELOX, foi configurado um recurso chamado de DNS Dinâmico (NO-IP, 2002). Este recurso simulou IP fixo no *encoder*.

⁷ Maiores informações vide site oficial da Real Networks (<http://www.realnetworks.com>).

Os filtros utilizados nas interfaces dos *modems* ADSL filtravam os pacotes IP que utilizavam o protocolo TCP que saíam do *encoder* até o servidor e filtravam os pacotes IP que utilizavam o protocolo UDP que saíam do servidor para a máquina usuária. Ou seja, o servidor estabelece uma conexão TCP com o *encoder* e uma conexão UDP com a máquina usuária.

Quando o usuário acionava o *player* para reprodução do conteúdo multimídia, estes pacotes passavam pelo roteador de acesso (Roteador - A) que interligava o servidor de vídeo à Internet (*Address 1* – patamares.telemar-ba.net.br) e entravam na interface do *modem* do usuário (*Address 2* – computador) através da porta 7000 (port 1 - afs3-fileserver).



Figura 5.5 - Tela do *player* do usuário.

Uma vez que as imagens eram transmitidas ao servidor de vídeo, elas se tornavam disponíveis na Internet. Através do protocolo *mms* (*Microsoft Media Server*) as máquinas usuárias faziam as requisições utilizando o nome do servidor e o *alias* da programação, como por exemplo: <mms://200.223.0.76/projadsl>.

Através dos relatórios de gerenciamento do *Windows Media Service* (Serviços de Mídia do Windows) é possível gerenciar todos os acessos feitos aos conteúdos das máquinas, como por exemplo: o IP origem, data, hora, a url, a duração do acesso, página origem, tipo de *browser*, versão do *Windows Media Player*, o sistema operacional e a quantidade de clientes que estão acessando o conteúdo.

Com o intuito de conhecer melhor o tráfego que entrava e saía da rede LAN, a qual o servidor pertencia, foi observada através do software MRTG (*Multi Router Traffic Grapher*) (MRTG, 2003), a interface do roteador de Acesso (roteador - A) onde a LAN do servidor de vídeo estava conectada (vide figura 5.3). Este software é utilizado pelo Centro de Gerência da TELEMAR para monitorar os principais equipamentos do seu *backbone* IP.

O gráfico 5.1 mostra os tráfegos ao longo de uma semana. O tráfego que entrava (azul) era maior que o tráfego que saía (verde). O tráfego verde representa as requisições vindas da Internet para os servidores de conteúdo (vídeo e Web). O tráfego azul representa os conteúdos multimídia transmitidos em função das requisições feitas anteriormente.

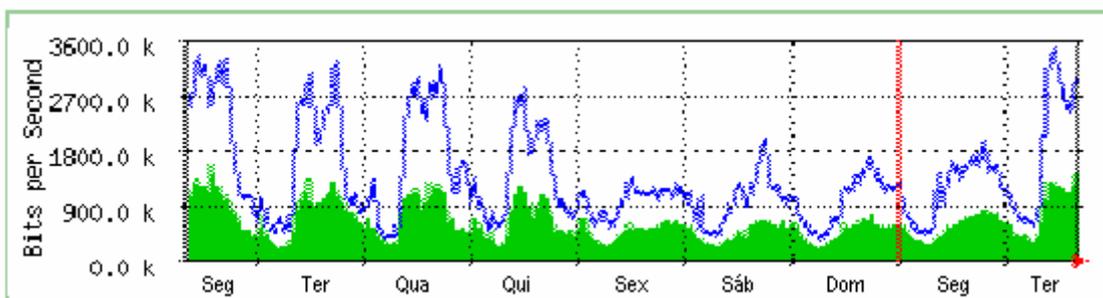


Gráfico 5.1 – Tráfego diário na interface do roteador - A – LAN.

O horário de maior utilização deste roteador coincidia com os horários comerciais (de segunda a sexta, das 08:00h as 18:00h). Neste horário provavelmente existia uma maior concentração de utilização de largura de banda pelas empresas⁸, pois os usuários residenciais preferem utilizar a Internet nos finais de semana e à noite, principalmente nos horários onde não há tarifação telefônica com multimediação. Notou-

⁸ Neste gráfico o dia de sexta-feira e de segunda-feira foram feriados da semana santa

se que durante a semana, antes da meia-noite, o tráfego tendia a cair, porém depois de meia-noite o tráfego subia para depois cair novamente ao longo da madrugada, voltando a subir a partir das 08:00h.

Através deste gráfico pode-se verificar que no sábado, domingo e feriados houve uma redução do tráfego em relação ao tráfego dos dias úteis.

Apesar do limite do gráfico ser de 3600 kbps, a rede era de 100 Mbps e a largura de banda entre o roteador de Acesso (ROTEADOR – A) e o roteador de Distribuição (ROTEADOR – D) era de 155Mbps.

Pelo exposto acima, os experimentos descritos adiante foram feitos nos horários onde o tráfego na Internet era mais intenso: manhãs (entre 09:00 e 12:00h), tardes (entre 14:00 e 18:00h) e noites (entre 19:00 e 23:00h).

Basicamente foram feitos 2 (dois) experimentos e as medições foram feitas 3 vezes ao dia ao longo de 10 dias:

1 – Experimento 01 - Digitalização do conteúdo a 100 kbps

Neste experimento foi utilizada a seguinte configuração: velocidade de digitalização de 100 kbps, 15 quadros por segundo (fps) e tamanho da tela de exibição de 320x240 *pixels*. O CODEC de áudio era o *Windows Media Audio V2* e o CODEC de vídeo era o *Windows Media MS-MPEG4-V3*. Foi utilizada a configuração *default* (5 segundos) no *buffer* do *player* da máquina do usuário.

A conexão ADSL que interligava o *encoder* ao *backbone* TELEMAR possuía 256 kbps de largura de banda de *download* e 128 kbps de largura de banda de *upload*, esta mesma configuração foi utilizada pelo usuário.

2 – Experimento 02 - Digitalização do conteúdo a 200 kbps

Com o intuito de melhor aproveitar a largura de banda de *download* dos acessos ADSL dos alunos (256 kbps), o conteúdo foi digitalizado também a 200 kbps.

A configuração do *encoder* foi a seguinte: Velocidade de digitalização de 200 kbps, 15 quadros por segundo (fps) e tamanho da tela de exibição de 320x240 *pixels*. O CODEC de áudio era o *Windows Media Audio V2* e o CODEC de vídeo era o *Windows Media MS-MPEG4-V3*. Foi utilizada também a configuração *default* no *buffer* do *player* da máquina do usuário.

Inicialmente a conexão ADSL que interligava o *encoder* ao *backbone* TELEMAR possuía 256 kbps de largura de banda de *download* e 128 kbps de largura de banda de *upload*, esta mesma configuração foi utilizada no usuário. Porém, verificou-se que não existiam condições operacionais para a reprodução do conteúdo devido à largura de banda de *upload* do *encoder* não ser suficiente para enviar para o servidor o conteúdo digitalizado a 200 kbps. A quantidade de bytes e pacotes enviados pelo servidor não foi suficiente para que o *player* reproduzisse o conteúdo. Aumentou-se o tamanho do *buffer* para 60 segundos (valor máximo permitido pelo *player*) e mesmo assim não se conseguiu reproduzir o conteúdo.

A solução encontrada foi aumentar a largura de banda da conexão do *encoder* para 512 kbps com largura de banda de *upload* de 256 kbps.

5.2.2.3 As medidas e suas análises

Para um melhor entendimento dos resultados obtidos nos experimentos 1 e 2, os gráficos apresentados nesta seção foram obtidos através dos cálculos das médias diárias das medições feitas nos diferentes horários (i.e. manhã, tarde e noite) para cada experimento (experimento 01 e experimento 02). Isto só foi possível porque se concluiu que o comportamento dos gráficos era similar nos diferentes horários. Os gráficos com as medidas individuais, o cálculo da média, desvio padrão e intervalo de confiança encontram-se no ANEXO 02 (Gráfico A2.1, Gráfico A2.2, Gráfico A2.3 e Gráfico A2.4).

A seguir são apresentadas as medidas dos parâmetros de qualidade obtidas nos experimentos:

Vazão

Para cada sessão de captura o *EtherPeek*, através da sessão *summary*, fornece a média de utilização da banda em kbps.

O gráfico 5.2 mostra as utilizações das bandas no *encoder* e na máquina do usuário, nos dois experimentos (digitalização de 100 kbps e de 200 kbps).

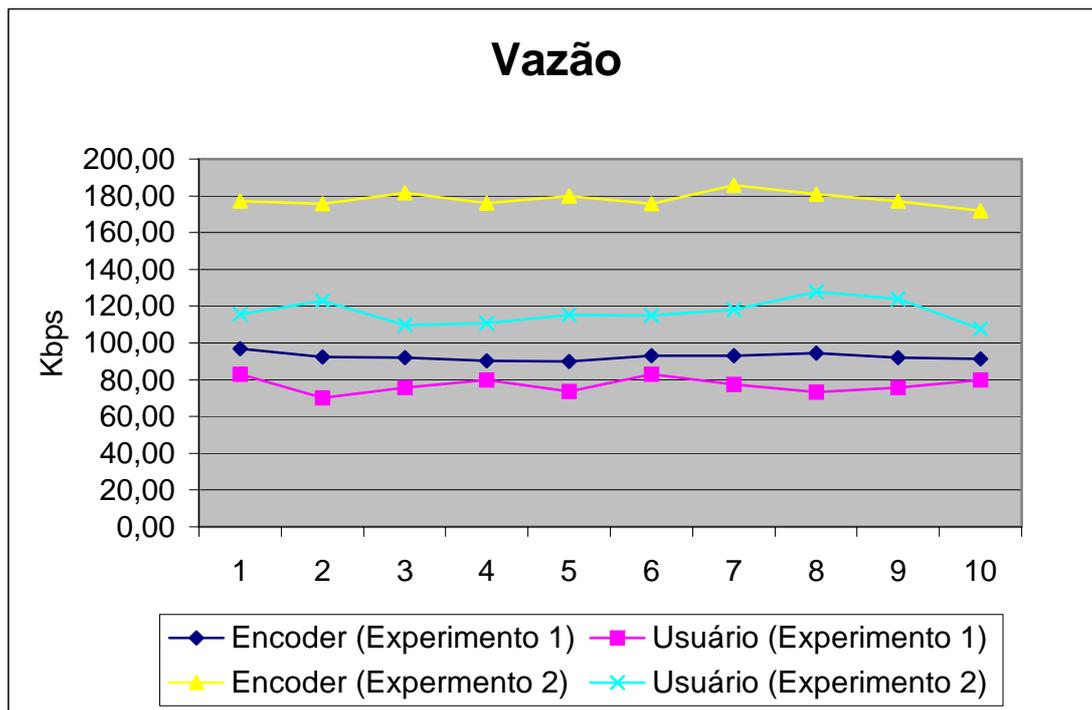


Gráfico 5.2 – Vazão média da banda dos experimentos com servidor de *video stream*.

Os valores apresentados no gráfico 5.2 foram obtidos considerando a média diária dos valores dos três turnos dos experimentos (i.e manhã, tarde e noite) encontrados nos gráficos dos anexos A.2.1 (i.e experimentos a 100kbps) e A.2.2 (i.e experimentos a 200kbps).

A tabela 5.2 mostra a média geral, o desvio padrão e o intervalo de confiança do *encoder* e do usuário em cada um dos experimentos.

Tabela 5.2 – Estatística da vazão dos experimentos com servidor de *video stream*.

Vazão (kbps)			
	Média geral	Desvio padrão	Intervalo de Confiança (95%)
Experimento 01 - <i>Encoder</i>	92,53	3,16	91,40 – 93,63
Experimento 01 - <i>Usuário</i>	78,07	10,15	74,44 – 81,70
Experimento 02 - <i>Encoder</i>	178,12	6,67	175,73 – 180,51
Experimento 02 - <i>Usuário</i>	111,66	11,44	107,57 – 115,75

A média geral da vazão no *encoder* e no usuário nos experimentos com digitalização de 100 kbps foi de 92,53 kbps e 78,07 kbps respectivamente e nos experimentos com conteúdo digitalizado a 200 kbps foi de 178,12 kbps e 111,66 kbps respectivamente. Estes resultados serviram para mostrar que apesar da vazão do experimento 02 ter sido maior que a vazão do experimento 01, no experimento 01 a relação entre o conteúdo enviado pelo *encoder* e o conteúdo recebido pelo usuário foi melhor do que no experimento 02. Ou seja, apesar de todo esforço do *encoder* em enviar para o servidor de vídeo conteúdos multimídia digitalizados a 200 kbps, a negociação entre o servidor e o *player* do usuário ficava em torno de 111,66 kbps. Isto não aconteceu por falta de largura de banda do usuário, pois a velocidade de *download* da conexão dele era igual à velocidade de *upload* da conexão do *encoder*. Foi descartada também a possibilidade de congestionamentos no *link* de saída da rede do servidor (vazão baixa – vide gráfico 5.1), bem como congestionamentos na rede local, pois esta rede era de uso exclusivo dos servidores *Web* e dos servidores de *video stream*. Além disto, se houvesse rajadas de tráfego, típico em congestionamentos de rede, haveria picos na vazão do lado do usuário, e isto não aconteceu, a variação da vazão foi muito pouca. Desta forma, conclui-se que o problema estava no servidor, que no processo de recepção, encapsulamento (conversão de protocolo TCP => UDP) e distribuição, fragmentava e descartava os pacotes que não conseguia de alguma forma entregar.

A medida deste parâmetro serve para mostrar que dependendo do servidor, o consumo da largura de banda pode apresentar um valor bem inferior à velocidade de digitalização do conteúdo. Em termos práticos, estes valores servem como referência para determinar a largura de banda consumida na conexão do servidor de vídeo e a Internet, diante de um grande número de acessos simultâneos (alunos) ao conteúdo transmitido. Ou seja, apesar do conteúdo ter sido digitalizado a 200 kbps, não significava que se houvesse 100 alunos acessando simultaneamente o servidor, necessariamente o *link* deveria ter uma largura de banda de 20 Mbps. Poderia se aplicar um percentual de redução nesta largura que pode variar de acordo à capacidade de processamento do servidor e/ou da capacidade da rede. Porém, é preferível utilizar um servidor com alta capacidade de processamento e memória, bem como versões mais atuais dos softwares de distribuição de *media stream*.

Apesar da vazão no usuário ter sido maior no experimento 02, as imagens transmitidas não pareceram ter uma melhora significativa na sua qualidade.

Jitter

O *EtherPeek* fornece para cada pacote que sai do *encoder* e que chega na interface do *modem* do usuário, o *absolute time* (i.e. instante absoluto), horário real de chegada dos pacotes e o *delta time* que indica a diferença entre o *absolute time* do pacote N e o *absolute time* do pacote N+1. Por exemplo, se um pacote sai da interface do *modem* do *encoder* às 09:57:12.195 h (*absolute time* de N) e o próximo pacote sai às 09:57:12.278 h (*absolute time* de N+1) o *delta time* será de 0,083s (83ms).

Aplicando a fórmula 5.1, a diferença entre o *delta time* da saída dos pacotes e o *delta time* da chegada dos pacotes, nos fornece o *jitter*.

Os valores apresentados no gráfico 5.3 foram obtidos considerando a média diária dos valores dos três turnos dos experimentos (i.e manhã, tarde e noite) encontrados nos gráficos dos anexos A.2.3 (i.e experimentos a 100kbps) e A.2.4 (i.e experimentos a 200kbps).

A tabela 5.3 mostra a média geral, o desvio padrão e o intervalo de confiança para cada um dos experimentos.

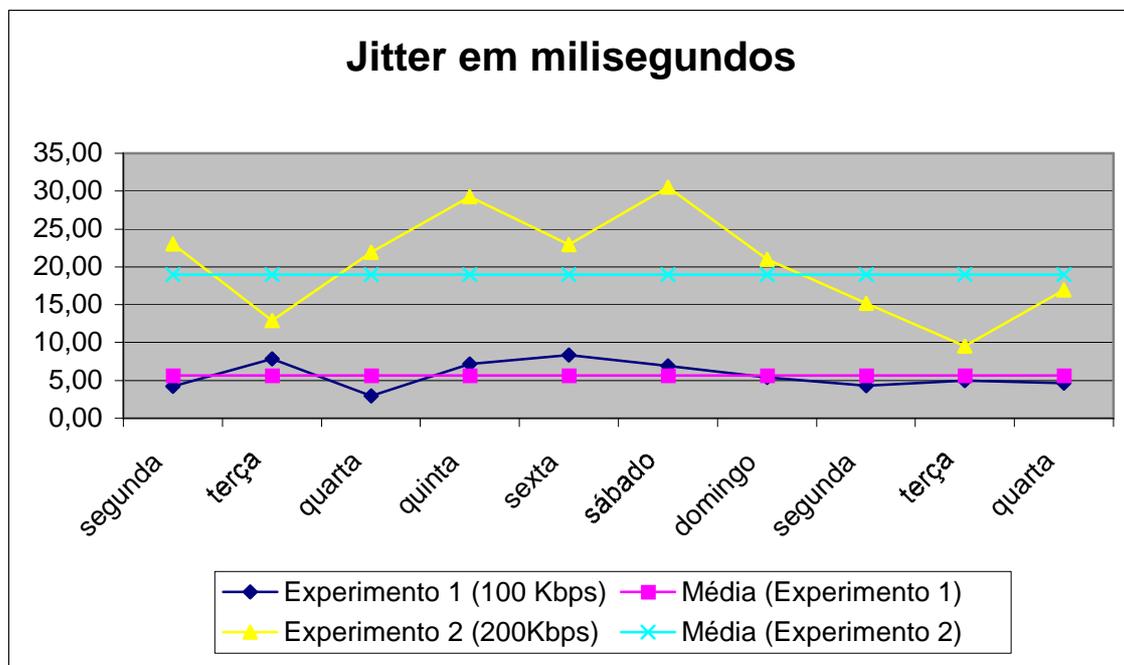


Gráfico 5.3 – *Jitter* médio dos experimentos com servidor de *video stream*.

Tabela 5.3 – Estatística do *jitter* nos experimentos com servidor de *video stream*.

Jitter (ms)			
	Média geral	Desvio padrão	Intervalo de Confiança (95%)
Experimento 01	0,00567	0,00370	0,00435 – 0,00699
Experimento 02	0,02032	0,01220	0,01595 – 0,02469

Como se pode verificar no gráfico 5.3 e na tabela 5.3, o *jitter* médio do experimento 01 é bem menor do que o *Jitter* médio do experimento 02. Isto acontece devido ao intervalo de saída dos pacotes do *encoder* no experimento 02 ser menor (i.e. maior quantidade de pacotes por segundo) do que o intervalo de saída dos pacotes do *encoder* no experimento 01, porém, o intervalo de chegada dos pacotes no *player* do usuário no experimento 02 não acompanhou a mesma relação (vide gráfico 5.2 – vazão), ou seja no experimento 02 a velocidade de saída dos pacotes no *encoder* teve um acréscimo de quase 100% em relação ao experimento 01, enquanto a velocidade de chegada dos pacotes no *player* do usuário só foi acrescida de aproximadamente 50%. Desta forma, a diferença (i.e. *jitter*) quando aplicada a fórmula 5.1, fica menor no experimento com velocidade de digitalização de 100 kbps. Isto serve para provar mais uma vez que, apesar dos esforços do *encoder* em enviar o conteúdo digitalizado a 200 kbps, a capacidade de entrega dos pacotes ao *player* pelo servidor não acompanhou o mesmo ritmo.

No experimento 02 era mais constante a adequação (*intelligent streaming*) da taxa de reprodução do conteúdo pelo *player* em função da diminuição da taxa de pacotes por segundo esperada por ele. Quando isto acontecia, o *player* informava que estava reproduzindo a 102 kbps quando geralmente ele estava a 195 kbps. Neste experimento foram notadas também 3 paradas de pequenas proporções (aproximadamente 1 segundo) no áudio e no vídeo. Quando isto acontecia, pacotes TCP eram trocados entre o servidor e o *player*.

Em termos práticos, quanto maior o *jitter*, maior deveria ser o tamanho do *buffer* para suportar a variação do atraso dos pacotes. Porém, nestes experimentos foi mantido

o tamanho do *buffer* em 5s (tamanho *default*), pois não houve a necessidade do seu aumento em nenhum momento.

Tempo de Resposta inicial

No momento do estabelecimento da comunicação, a máquina requisitante (através do *player*) envia segmento TCP para obter a confirmação que o servidor está ativo e que a comunicação pode ser estabelecida. Após o estabelecimento da conexão, o servidor inicia o processo de envio dos segmentos UDP. Porém a reprodução do conteúdo na máquina origem só acontece depois da carga do *buffer*.

A figura 5.6 mostra uma representação desta comunicação ao longo do tempo. T1 representa o tempo absoluto da solicitação de comunicação da máquina usuária ao servidor e T2 representa o tempo absoluto de chegada das primeiras imagens vindas do servidor para a máquina solicitante.

Os pacotes 1, 2, 3 e 4 (pacotes marcados como IP TCP)⁹ se referem ao estabelecimento da conexão (*request e response*) entre o usuário (U) e o servidor (S), e entre o servidor e o *encoder* (E). Após o estabelecimento da conexão, o usuário solicita ao servidor a transmissão do conteúdo multimídia (pacote 5 – IP TCP), este por sua vez solicita ao *encoder* (pacote 6 – IP TCP) que envia o conteúdo solicitado (pacote 7 – IP TCP) e finalmente o servidor fragmenta os pacotes que chegam, encapsula sob UDP e os envia para o usuário (pacote 8 – IP UDP).

Desta forma, entende-se por tempo de resposta inicial o tempo decorrido entre a saída do primeiro pacote TCP da máquina requisitante (T1) até a chegada do primeiro pacote UDP (medidos na interface do *modem ADSL*) nesta máquina (T2), acrescido do tempo para encher o *buffer*.

A diferença de sincronismo entre os horários das máquinas envolvidas na comunicação não teve importância, pois os pacotes que chegavam e saíam da máquina requisitante eram “marcados” pelo *EtherPeek* com o horário local (*absolute time*).

Utilizou-se em todos os experimentos o tamanho *default* do *buffer* (5 segundos).

⁹ O software no processo de captura trata os pacotes como IP TCP ou IP UDP para diferencia-los.

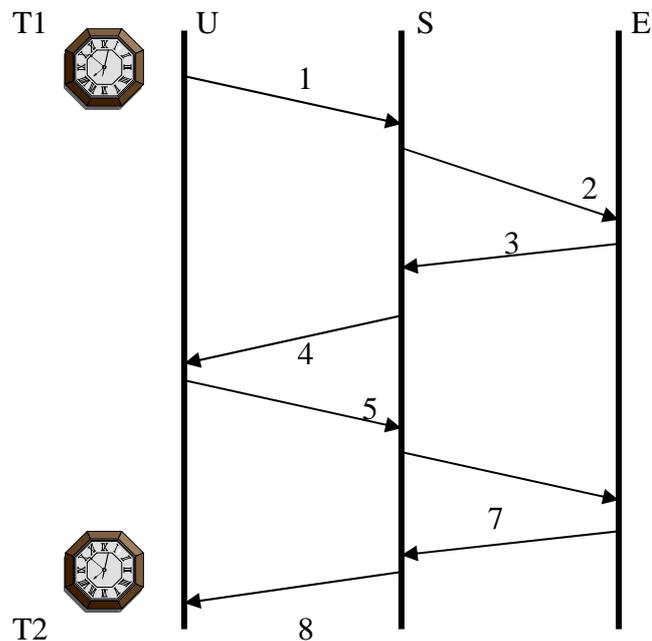


Figura 5.6 – Representação do tempo de resposta - servidor de *video stream*.

LEGENDA

- 1 – Estabelecimento da conexão entre a máquina usuária e o servidor (*request*);
- 2 – Estabelecimento da conexão entre o servidor e o *encoder* (*request*);
- 3 – Estabelecimento da conexão entre o *encoder* e o servidor (*response*);
- 4 – Estabelecimento da conexão entre o servidor e a máquina usuária (*response*);
- 5 – A máquina usuária solicita (via URL) o conteúdo multimídia ao servidor;
- 6 – O servidor solicita o conteúdo multimídia ao *encoder*;
- 7 – O *encoder* envia o conteúdo para o servidor;
- 8 – O servidor envia a conteúdo multimídia para a máquina do usuário;

Os valores apresentados no gráfico 5.4 também foram obtidos considerando a média diária dos valores dos três turnos, encontrados nos gráficos dos anexos A.2.5 e A.2.6.

A tabela 5.4 mostra a média geral, o desvio padrão e o intervalo de confiança para cada um dos experimentos.

O gráfico 5.4 mostra as médias dos tempos de respostas iniciais dos experimentos. Os valores apresentados já contemplam o tempo gasto pelo *player* para *bufferizar* o conteúdo no primeiro momento. As médias em ambos os experimentos variaram em torno de 19 segundos (vide gráfico 5.4), houve uma leve melhora (pouco significativa) no tempo do experimento 02 em função de uma maior vazão. O tamanho do *buffer* tem uma relação direta com este tempo de resposta.

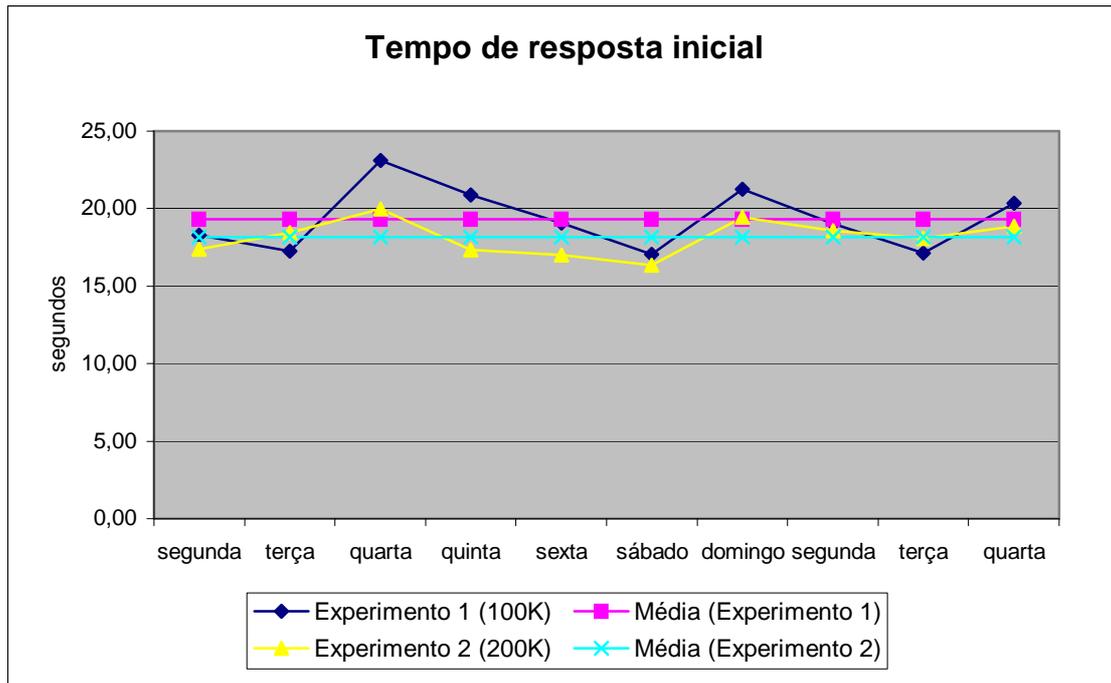


Gráfico 5.4 – Tempo inicial médio de resposta dos experimentos com servidor de *video stream*.

Tabela 5.4 – Estatística do tempo de resposta dos experimentos com servidor de *video stream*.

Tempo de resposta (s)			
	Média geral	Desvio padrão	Intervalo de Confiança (95%)
Experimento 01	19,29	1,63	18,71 – 19,87
Experimento 02	18,19	0,94	17,85 – 18,53

As medidas encontradas nos experimentos, acrescidas do tempo gasto pelo *encoder* (algoritmo de codificação) na geração do conteúdo e do tempo gasto pela máquina do usuário (*player*) na reprodução do conteúdo, indicaram também o tempo

total aproximado que decorreu entre a origem do som e da imagem até a reprodução áudio-visual destes conteúdos na tela do usuário. Em outras palavras, existe uma defasagem relativamente grande entre o tempo de geração da mídia e o tempo de reprodução dela no *player* do usuário. Este tempo poderia ter sido reduzido se o servidor (tanto o hardware quanto o software servidor de vídeo) fosse substituído por uma máquina mais moderna e robusta.

Apesar de tudo isto, este tempo relativamente alto não prejudicou a eficácia da transmissão, uma vez que não existia interatividade áudio-visual entre os envolvidos. Porém, é bom lembrar que em se tratando de transmissões simultâneas para vários alunos este tempo pode ser aumentado se não for utilizada a tecnologia *multicast*, pois o servidor terá que administrar tantas sessões *unicast* quantas forem as quantidades de acessos ao conteúdo.

Perda de pacotes

A cada sessão de medidas o *EtherPeek* fornece a quantidade de pacotes enviados através da interface do *modem* ADSL do *encoder* e a quantidade de pacotes recebidos na interface do *modem* do usuário.

Como os pacotes que saíam do *encoder* utilizavam o protocolo TCP e os pacotes que chegavam no usuário utilizavam o protocolo UDP (geralmente os pacotes TCP são maiores que os pacotes UDP, devido ao cabeçalho), o gráfico 5.5 apresenta uma referência de perda de pacotes de um experimento em relação ao outro. Esta comparação só foi possível porque os pacotes que saíam do *encoder* e os pacotes que chegavam na máquina do usuário possuíam os mesmos tamanhos médios (1.002 bytes e 868 bytes respectivamente) em ambos os experimentos.

Os valores apresentados no gráfico 5.5 também foram obtidos considerando a média diária dos valores dos três turnos, encontrados nos gráficos dos anexos A.2.7 e A.2.8.

A tabela 5.5 mostra a média geral, o desvio padrão e o intervalo de confiança para cada um dos experimentos.

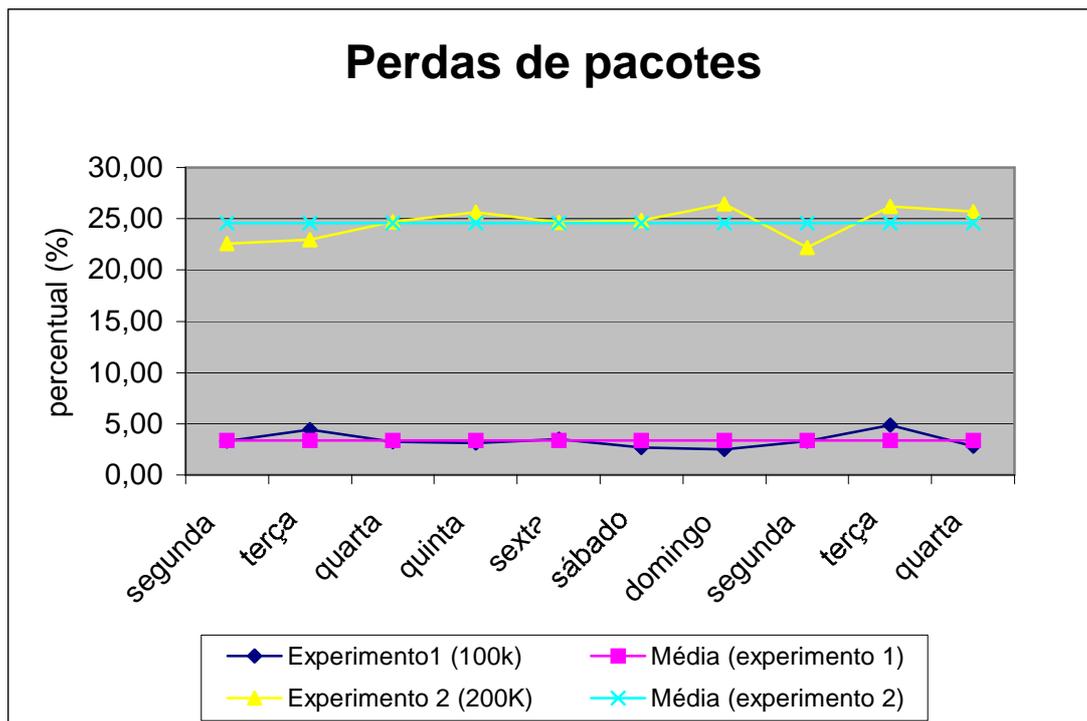


Gráfico 5.5 – Perda média de pacotes dos experimentos com utilização do servidor de *video stream*.

Tabela 5.5 – Estatística da perda de pacotes dos experimentos com servidor de *video stream*.

Perda de pacotes (%)			
	Média geral	Desvio padrão	Intervalo de Confiança (95%)
Experimento 01	3,38	0,98	3,03 – 3,75
Experimento 02	24,59	3,45	23,36 – 25,82

Analisando o gráfico 5.5, nota-se que a taxa de perda de pacotes no experimento 02 foi significativamente maior. Isto aconteceu, pois o *encoder* enviava uma maior quantidade de pacotes para o servidor, porém o servidor no processo de fragmentação e distribuição dos pacotes reduzia a quantidade de pacotes enviados para a máquina usuária.

5.2.2.4 Conclusão dos experimentos com utilização de servidor de vídeo

Analisando as medidas dos parâmetros de QoS (i.e. *jitter*, perda de pacotes, tempo de resposta e vazão), pode-se afirmar que o *buffer* e o recurso do *windows media* (i.e. *player* e *server*) de adequação das transmissões às condições operacionais do ambiente, conhecido como *intelligent streaming*, exerceram um papel muito importante na qualidade final do conteúdo transmitido. Apesar da largura de banda disponível (tecnologia ADSL), era necessária a compensação do *jitter* e das perdas de pacotes que foram provocadas pelo processo de distribuição do conteúdo pelo servidor, principalmente no experimento 02.

Devido ao comportamento similar dos parâmetros de QoS (vide gráficos no ANEXO 02) para cada experimento (experimento 01 e experimento 02) nos diferentes horários (i.e. manhã, tarde e noite), pôde-se concluir que o horário das transmissões não afetaram a qualidade do conteúdo transmitido. Portanto, nestas condições, uma aula transmitida à noite teria a mesma qualidade de uma aula transmitida pela manhã ou pela tarde.

Quanto aos experimentos com velocidade de digitalização de 200 kbps, apesar das medidas da vazão e o tempo de resposta terem mostrado uma pequena melhora em relação aos experimentos com velocidade de digitalização de 100 kbps, esta melhora não foi considerada um grande atrativo, pois em contra-partida as medidas dos parâmetros: *jitter* e taxa de perda de pacotes foram consideravelmente maiores, de onde se conclui que a velocidade de digitalização de 100 kbps apresentou melhores condições operacionais para o servidor nas condições experimentadas. Além disto, a velocidade de digitalização de 200 kbps exige muito mais do servidor, o que pode ser um fator negativo quando se fala em dezenas ou centenas de acessos simultâneos dos alunos aos conteúdos transmitidos.

A localização física do servidor de vídeo foi considerada fundamental para o sucesso destes experimentos, pois como ele estava ligado diretamente ao *backbone* IP da TELEMAR, mais especificamente em um *Datacenter*, a largura da banda de conexão deste com a Internet não foi um fator preocupante. Porém, se este servidor não estiver em um *Datacenter*, é necessário que ele esteja numa rede que possua largura de banda suficiente para suportar o tráfego proporcional à quantidade de alunos que acessarão

simultaneamente o conteúdo. Caso os alunos estejam acessando o conteúdo de um laboratório, por exemplo, o ideal seria que o servidor de vídeo estivesse na mesma rede deste laboratório, pois isto economizaria a largura de banda necessária para os acessos simultâneos dos alunos, a menos que fosse possível se fazer *multicast* nos roteadores que interligam o laboratório ao servidor (o que não é o caso da maioria dos *backbones* IP existentes).

Baseando-se na classificação apresentada na tabela 5.1, pode-se dizer que a qualidade do conteúdo multimídia transmitido em ambos os experimentos foi considerada BOA. Não foram registradas perdas de sincronismos entre o áudio e o vídeo. As paradas do áudio (1 parada de aproximadamente 1 segundo em cada 10 transmissões) e os congelamentos de pequenas proporções observados no vídeo não foram suficientes para afetar a qualidade final das imagens transmitidas. O efeito indesejado conhecido como *video ghosting* (i.e. imagens que parecem estar derretendo, comum em transmissões com conexão discada) só foram percebidos quando havia excessos de movimentação nas imagens transmitidas. Isto acontece porque o CODEC tenta reduzir o número de quadros por segundo transmitido para compensar o excesso de informação.

Um detalhe observado durante as transmissões com velocidade de digitalização a 100 kbps, foi que algumas medidas da vazão feitas na máquina do usuário chegavam a 60 kbps. Pôde-se notar que apesar desta média baixa, a qualidade do som e da imagem era boa. Isto leva a concluir que a depender da quantidade de acessos simultâneos que sejam necessários ao conteúdo multimídia, da capacidade de processamento do servidor e da largura de banda disponível na rede do servidor, pode-se pensar em uma digitalização em torno de 60 kbps.

Pelo exposto acima, tomando como base os experimentos práticos realizados com um servidor de *video stream*, no cenário apresentado, pôde-se concluir que a tecnologia ADSL apresentou uma boa performance na transmissão ao vivo do conteúdo digitalizado tanto a 100 kbps quanto a 200 kbps. Porém, é bom lembrar que a maioria dos principais fatores de sucesso deste contexto está relacionada às características do servidor (e.g. capacidade de processamento e distribuição, utilização do *link* com a Internet, utilização da rede local, quantidade de acessos simultâneos e a distância física entre ele e a máquina do aluno).

5.2.3 Experimentos com videoconferência ponto a ponto

Estes experimentos contemplaram os Cenários Educacionais nos quais os alunos estão reunidos num mesmo ambiente físico, recebendo as imagens do professor que está fisicamente distante. Através da Internet, um computador *stand-alone* é conectado a outro computador também *stand-alone*, utilizando para isto recursos de videoconferência ponto-a-ponto e da tecnologia ADSL.

Além de mostrar a possibilidade de implementação dos cenários propostos, estes experimentos visam determinar, através da análise dos parâmetros de QoS, o impacto da variação das larguras de banda (*download e upload*) dos acessos ADSL das máquinas envolvidas na qualidade da videoconferência.

A tabela 5.6 apresenta a combinação das larguras de banda utilizadas nos experimentos.

Tabela 5.6 – Largura de banda dos experimentos com videoconferência ponto-a-ponto.

Experimentos	Máquina origem (download)	Máquina destino (download)	Ambas as máquinas (upload)
Experimento 01	256 kbps	256 kbps	128 kbps
Experimento 02	256 kbps	512 kbps	128 kbps
Experimento 03	512 kbps	512 kbps	128 kbps
Experimento 04	512 kbps	512 kbps	256 kbps

5.2.3.1 Descrição dos experimentos

A topologia apresentada na figura 5.7 mostra o cenário pelo qual os pacotes IP transportando conteúdos multimídia trafegavam em tempo real entre duas máquinas ligadas ao *backbone* IP da TELEMAR, através da tecnologia ADSL de acesso à Internet.

Os experimentos consistiram em implementar várias sessões de videoconferência ponto-a-ponto e medir seus principais parâmetros de QoS conforme a combinação apresentada na tabela 5.2.

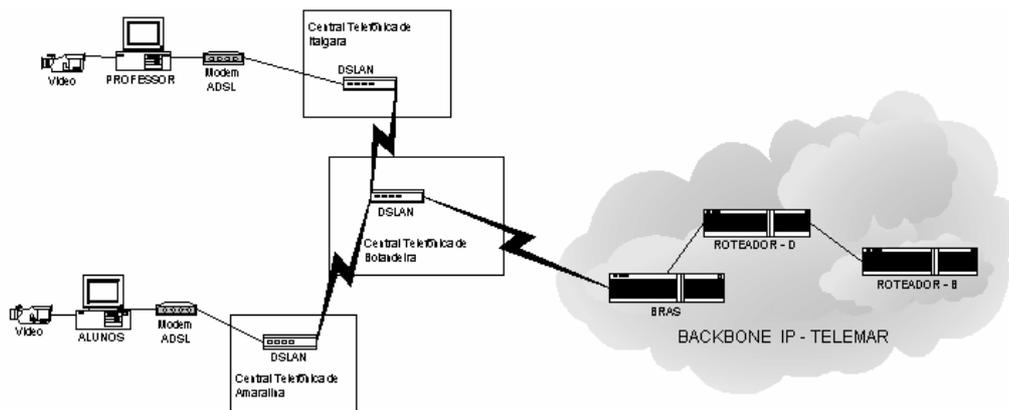


Figura 5.7 – Topologia do experimento com videoconferência ponto-a-ponto.

5.2.3.2 Detalhes das implementações

Para realizar a sessão de videoconferência utilizou-se o *NetMeeting* (Microsoft - versão 3.01). As imagens foram capturadas a uma taxa de 30 quadros por segundo e o tamanho da janela de exibição era de 320x240 *pixels*.

Para que fosse possível estabelecer a comunicação com a outra máquina chamando o *NetMeeting*, diretamente da área de trabalho, é necessário o conhecimento prévio do endereço IP da máquina destino. Como o serviço VELOX da TELEMAR não oferece IP fixo (válido, porém não fixo) utilizou-se o artifício do DNS dinâmico. Desta forma, se poderia utilizar *alias* ao invés de endereços IP, evitando assim a inconveniência do endereço IP não ser fixo. Porém, a não utilização deste artifício não inviabiliza uma sessão de videoconferência. Vale lembrar também que se este servidor estiver fora da rede, o *alias* não pode ser resolvido e conseqüentemente torna-se necessário o conhecimento prévio dos endereços IP das máquinas envolvidas na videoconferência.

As máquinas envolvidas nestes experimentos tinham as configurações apresentadas a seguir: um PC com processador Intel 1,5 GHz, 256 MB de memória RAM e Sistema Operacional Windows 98, placa de rede de 10/100Mbps, a conexão desta máquina utilizava o *modem Dual Link* da 3Com. Um PC com processador AMD Athlon de 900 MHz, 128MB de memória RAM e Sistema Operacional Windows 2000, placa de rede de 10/100Mbps, esta máquina utilizava o *modem ADSL* da Ericsson. Ambas as conexões ADSL estavam configuradas para utilizar o protocolo PPPoA.

Um problema encontrado neste experimento foi relacionado ao tipo de *modem* ADSL utilizado por uma das máquinas. Inicialmente ela estava utilizando um *modem router* (Ericsson). Este *modem* transformava o endereço IP válido vindo da Internet em um IP não válido (NAT), assim sendo, a ferramenta de videoconferência desta máquina não recebia o endereço IP vindo da operadora local (TELEMAR) fazendo com que a máquina remota não conseguisse “enxergar” esta máquina. Este problema poderia ser resolvido de duas maneiras: trocar este *modem* para um *modem* tipo *bridge* (este *modem* repassa o IP que vem da operadora para a máquina) ou então migrar o protocolo utilizado por esta linha ADSL para PPPoE e configurar o mesmo *modem* ADSL para funcionar como uma *bridge* (qualquer modelo e fabricante). Devido à indisponibilidade de *modem* do tipo *bridge*, a opção foi trocar o protocolo de PPPoA para PPPoE e utilizar o mesmo *modem* Ericsson.

Na figura 5.8 pode-se visualizar as telas de uma sessão de videoconferência. Nesta tela é possível configurar o tamanho da janela de exibição, chamar o IP de destino, verificar o nome dos participantes da sessão de videoconferência, inibir o envio de uma das mídias, utilizar o *whiteboard*, etc.



Figura 5.8 – Telas do experimento com videoconferência ponto-a-ponto.

O filtro utilizado filtrava os pacotes IP que saíam da interface do *modem* ADSL de uma máquina com destino à outra máquina.

Além dos recursos convencionais de videoconferência (transmissão de áudio e vídeo) foram utilizados recursos bastante interessantes para serem usados pelo professor e pelos alunos na seção de videoconferência: quadro branco (i.e. *whiteboard*), compartilhamento de aplicações, janela de bate-papo (IRC – *Internet Relay Chat*) e transferência de arquivos. Estes recursos podem ser uma alternativa a mais para os alunos que não possuam todos os requisitos de hardware e software.

O *NetMeeting*¹⁰ codifica a mídia de voz utilizando o padrão H.323 como o ITU-T G.711 ou G.723.1 e envia através do protocolo RTP encapsulado dentro de UDP. Quanto à mídia de vídeo, são utilizados padrões de codificação como o H.263 ou H.261, enviados também por RTP sobre UDP. Estes padrões são preferidos em relação ao MPEG-1 e MPEG-2, pois estes não têm suporte para taxa de quadro variável, como é o caso da Videoconferência. O TCP é o protocolo de transporte para a troca de dados na videoconferência (i.e transferência de arquivo, compartilhamento de área de trabalho, etc.) (FONSECA, 2000).

5.2.3.3 As medidas e suas análises

Ao todo foram feitas 40 medições (10 seções de videoconferência para cada experimento) nos parâmetros de QoS (i.e. *jitter*, tempo de resposta, perda de pacotes e vazão) com duração aproximada de 30 minutos para cada sessão de videoconferência.

Os gráficos apresentados a seguir foram feitos com base na média das medidas obtidas individualmente para cada seção de videoconferência. Os gráficos com as medidas individuais, o cálculo da média, desvio padrão e intervalo de confiança encontram-se no ANEXO 03 (Gráfico A3.1, Gráfico A3.2, Gráfico A3.3 e Gráfico A3.4).

A seguir são apresentadas as medidas dos parâmetros de qualidade obtidas nos experimentos.

¹⁰ Maiores informações vide site oficial da *Microsoft* (<http://www.microsoft.com/netmeeting>).

Vazão

Para cada sessão de captura, o *EtherPeek*, através da sessão *summary*, fornecia a média da vazão em kbps.

O gráfico 5.7 mostra a vazão total da banda de uma das máquinas da sessão de videoconferência. A vazão na interface de entrada do *modem* ADSL é praticamente a mesma vazão na interface de saída do *modem*.

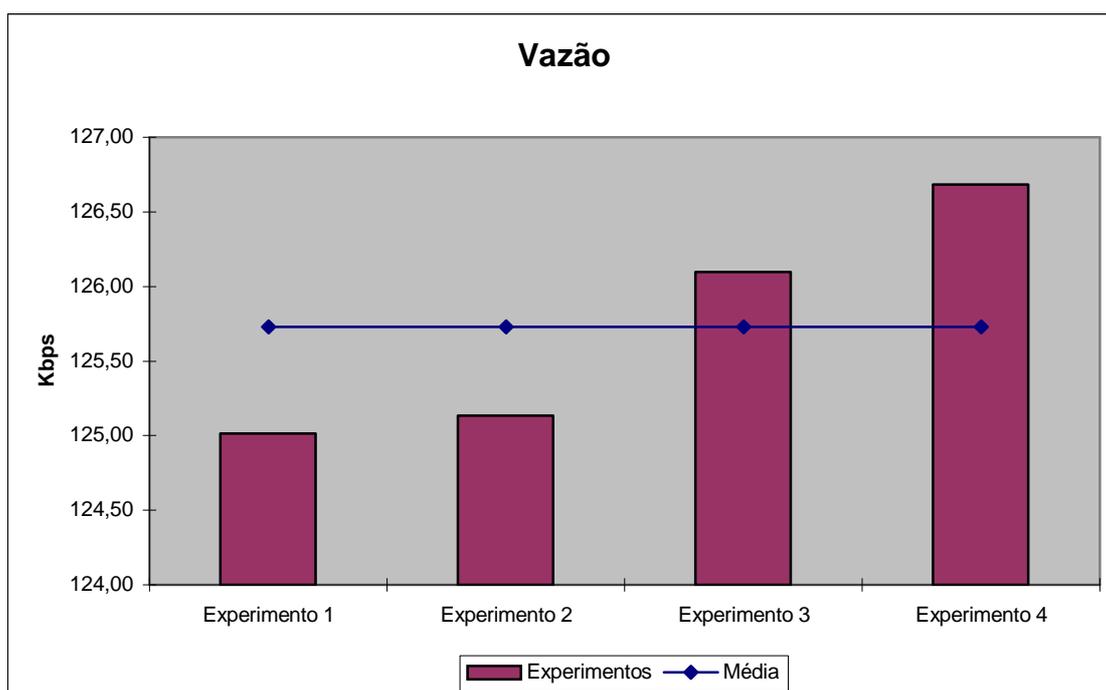


Gráfico 5.6 – Vazão média da banda nos experimentos com videoconferência.

Tabela 5.7 – Estatística da vazão dos experimentos com videoconferência.

Vazão (kbps)			
	Média	Desvio padrão	Intervalo de Confiança (95%)
Experimento 01	125,02	2,19	123,66 – 126,38
Experimento 02	125,13	2,00	123,89 – 126,37
Experimento 03	126,10	1,53	125,15 – 127,05
Experimento 04	126,68	1,00	126,06 – 127,30

Como pode ser visto no gráfico 5.7 e na tabela 5.7, não houve alterações muito significativas na vazão, em função das alterações efetuadas, mesmo quando as bandas de *upload* das máquinas passaram de 128 kbps para 256 kbps. Esta observação leva a concluir que em redes WAN (*Wide Área Network*) o *NetMeeting* limita a vazão em 128 kbps.

Nos experimentos cuja largura de banda de *upload* era de 128 kbps, independentemente da largura de banda de *download*, pôde-se observar que, quando eram utilizados recursos de quadro branco (i.e. *whiteboard*), houve algumas paradas de pequenas proporções na videoconferência. Este fato se agravava quando se utilizava simultaneamente a aplicação de FTP concorrente à videoconferência. Isto acontecia porque a largura de banda utilizada pelas mídias de áudio e vídeo já estava no máximo da sua capacidade, porém, o mesmo não aconteceu quando houve a alteração da largura de banda de *upload* para 256 kbps. Esta banda dava vazão à videoconferência que utilizava em média 126 kbps e o restante poderia ser utilizado por outras aplicações concorrentes.

Caso não haja largura de banda suficiente para a utilização de várias aplicações concorrentes com a videoconferência, pode-se temporariamente inibir o envio de vídeo, deixando selecionada apenas a opção de envio de áudio.

Jitter

Utilizando os valores obtidos através do campo *delta time* fornecidos pelo software *EtherPeek* e aplicando a fórmula 5.1, foram encontrados os valores do *jitter* conforme podem ser vistos na figura 5.8 .

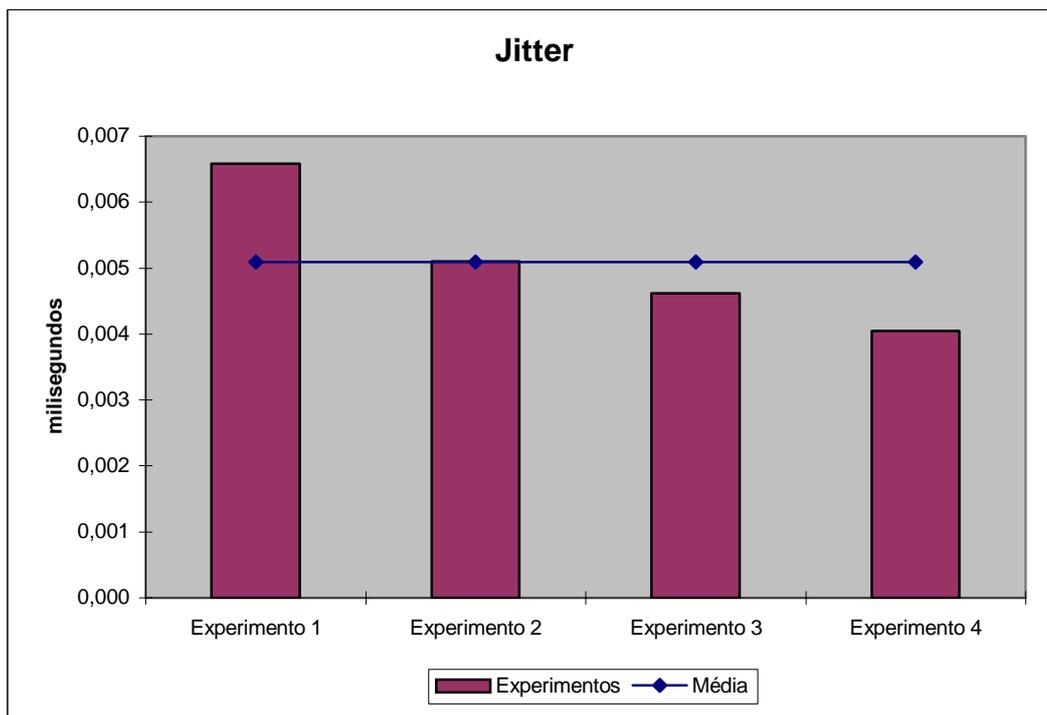


Gráfico 5.7 – *Jitter* médio dos experimentos com videoconferência.

Tabela 5.8 – Estatística do *jitter* dos experimentos com videoconferência.

<i>Jitter</i> (ms)			
	Média	Desvio padrão	Intervalo de Confiança (95%)
Experimento 01	0,0066	0,0011	0,0060 – 0,0072
Experimento 02	0,0051	0,0016	0,0039 – 0,0063
Experimento 03	0,0046	0,0011	0,0040 – 0,0052
Experimento 04	0,0041	0,0009	0,0035 – 0,0047

A variação do atraso (*jitter*) dos pacotes nestes experimentos foi considerada pequena. Ou seja, a diferença média dos intervalos de saída dos pacotes e de chegada destes na máquina destino ficou em torno de 0,005 ms. Este valor é muito inferior ao valor de referência de 20ms recomendado no trabalho de Price (2003).

Pela análise do gráfico 5.8 e da tabela 5.8 pode-se verificar que também não houve alterações muito significativas em decorrência das alterações de velocidades das conexões ADSL. Os valores do *jitter* para os experimentos com largura de banda de 512

kbps apresentaram uma “leve” diferença (i.e. aproximadamente 0,0015ms) em relação ao *jitter* dos experimentos com largura de banda de 256 kbps.

Tempo de resposta (inicial)

Ao contrário da transmissão com utilização de servidor de vídeo, este parâmetro é de extrema importância para o sucesso da aplicação de videoconferência, pois uma longa pausa entre uma pergunta de um aluno e uma resposta do professor pode comprometer significativamente a qualidade da aula.

No momento do estabelecimento da comunicação, a máquina requisitante envia pacotes TCP para obter a confirmação que a máquina destino está ativa e que aceita o início da sessão de videoconferência. Porém a reprodução do conteúdo na máquina origem só acontece depois da chegada do primeiro pacote UDP. A figura 5.9 mostra uma representação desta comunicação ao longo do tempo. T1 representa o tempo absoluto da solicitação de comunicação pela máquina origem com a máquina remota; T2 representa o tempo absoluto de chegada das primeiras imagens vindas da máquina remota para a máquina solicitante.

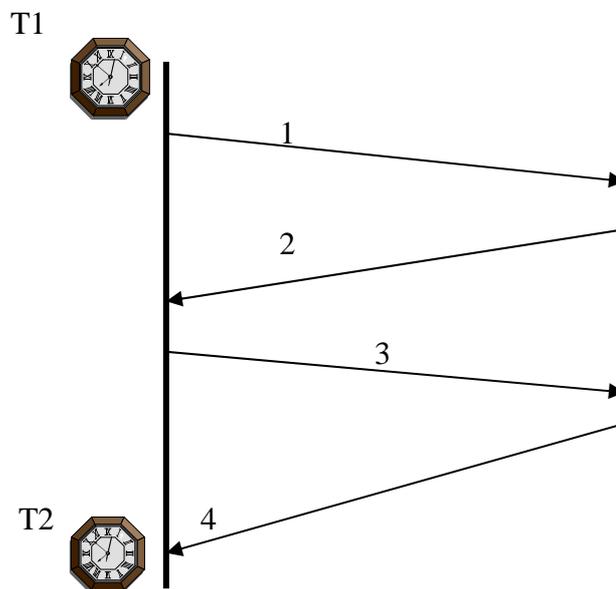


Figura 5.9 – Representação do tempo de resposta – videoconferência.

Os pacotes 1 e 2 (IP TCP) se referem ao estabelecimento da conexão (*request e response*), os pacotes 3 e 4 (IP UDP) se referem ao conteúdo multimídia. Como pode ser visto, a diferença entre o tempo T2 e o tempo T1 representa o tempo de resposta procurado. Assim sendo, entende-se por tempo de resposta inicial o tempo decorrido entre a saída do primeiro pacote TCP da máquina requisitante até a chegada do primeiro pacote UDP (medidos na interface do *modem ADSL*) nesta máquina.

Similar ao experimento anterior, a diferença de sincronismo entre as máquinas envolvidas não foi considerada, pois o campo utilizado é o *absolute time* da máquina origem.

O gráfico 5.9 mostra os tempos de respostas médios dos experimentos com videoconferência. Através da sua análise, é possível concluir que também houve uma “leve” melhora no tempo de resposta em decorrência da alteração da velocidade de conexão das máquinas. Segundo Price (2003), 150ms é o valor de referência para aplicações que troquem conteúdo multimídia em tempo real através da Internet.

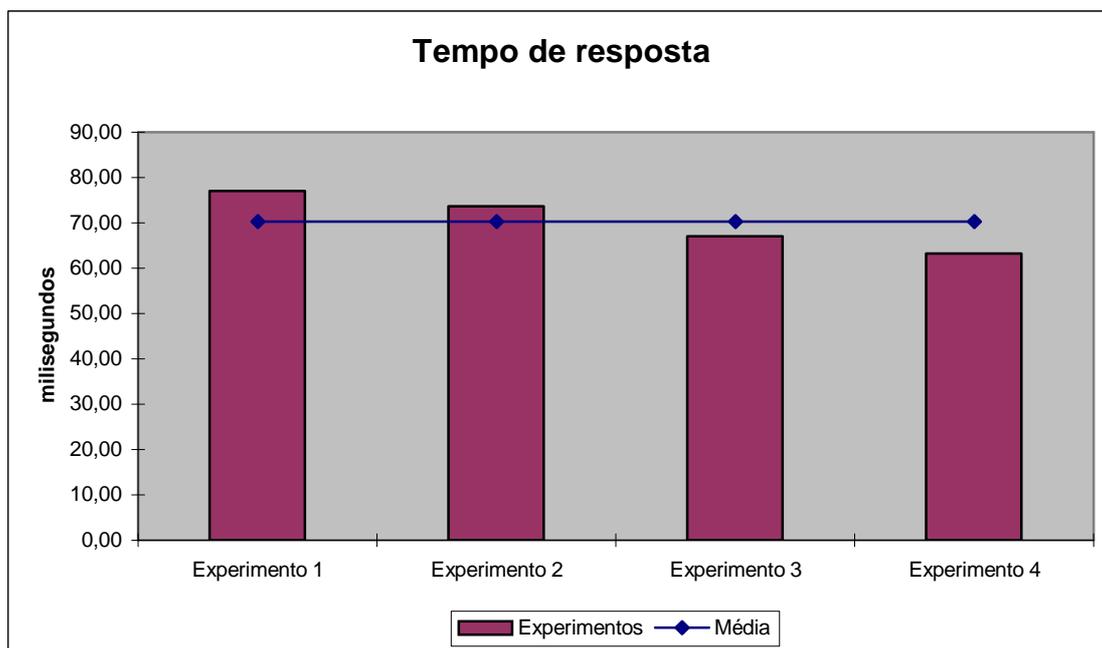


Gráfico 5.8 – Tempo médio de resposta dos experimentos com videoconferência.

Tabela 5.9 – Estatística do tempo de resposta dos experimentos com videoconferência.

Tempo de resposta (ms)			
	Média	Desvio padrão	Intervalo de Confiança (95%)
Experimento 01	77,10	5,40	73,75 – 80,45
Experimento 02	73,70	5,91	70,04 – 77,36
Experimento 03	67,10	5,32	63,80 – 70,40
Experimento 04	63,20	3,76	60,86 – 65,54

Uma outra forma de determinar o tempo aproximado de resposta da aplicação em questão seria a análise prévia das condições da rede através do comando *ping*¹¹ com o tamanho do pacote de 300 bytes (tamanho médio medido na aplicação). Foi dado este comando para cada experimento e os tempos de respostas deles confirmavam a tendência dos valores apresentados no gráfico 5.9 e tabela 5.9.

Perda de pacotes

A cada sessão de medidas, o *EtherPeek* fornece a quantidade de pacotes enviados por uma máquina e recebidos pela outra máquina. Como esta videoconferência é ponto a ponto, ficou mais fácil estabelecer a perda de pacotes na transmissão. O gráfico 5.10 nos mostra a taxa de perda de pacotes observados durante as sessões de videoconferência nos quatro experimentos realizados.

¹¹ Comando utilizado em redes de computadores que serve para enviar pacotes para um equipamento da rede para verificar se ele está ativo e o tempo que o pacote leva para ir e vir deste equipamento.

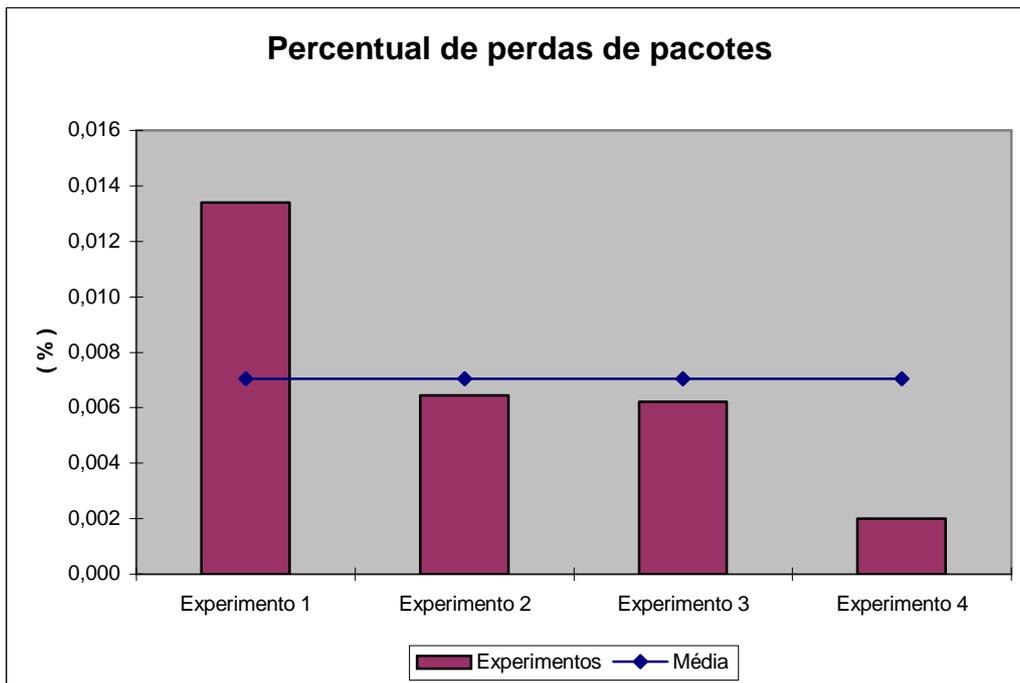


Gráfico 5.9 – Percentual médio de perdas de pacotes nos experimentos com videoconferência.

Tabela 5.10 – Estatística da perda de pacotes dos experimentos com videoconferência.

Perda de pacotes (%)			
	Média	Desvio padrão	Intervalo de Confiança (95%)
Experimento 01	0,0134	0,0176	0,0022 – 0,0245
Experimento 02	0,0064	0,0118	0,0012 – 0,0133
Experimento 03	0,0063	0,0106	0,0013 – 0,0125
Experimento 04	0,0020	0,0042	0,0003 – 0,0032

Como já foi dito anteriormente, os valores apresentados no gráfico 5.10 e a tabela 5.10 foram obtidos com base na média dos valores das sessões de videoconferência para cada experimento. No gráfico 5.10, pode-se notar que a média do percentual de perda de pacotes foi quase desprezível 0,007 %, este valor reflete a condição de que a maioria das seções de videoconferências não apresentou perdas de pacotes.

Segundo Price (2003), o percentual de perdas de pacotes para transmissão de mídia contínua através da Internet não deve ultrapassar 5% (cinco por cento).

5.2.3.4 Conclusão dos experimentos com videoconferência

De uma forma geral, tomando como base a classificação apresentada na tabela 5.1, a qualidade das seções de videoconferências aqui experimentadas, quando da transmissão apenas de áudio e vídeo, pode ser classificada entre BOA e EXCELENTE, ou seja, não foram percebidas perdas de sincronismo entre as mídias envolvidas nem paradas na transmissão, prova disto são as medidas dos parâmetros de QoS apresentadas anteriormente: baixo retardo fim-a-fim (i.e tempo de resposta), perda de pacotes quase desprezível e *jitter* baixo (vide tabela 5.3).

Tabela 5.11 – Comparação entre valores de referência e valores médios encontrados nos experimentos com videoconferência.

Parâmetros QoS	Valores de referência	Valores médios encontrados
Atraso	150 ms	70 ms
Jitter	20 ms	0,005 ms
Perda de pacotes	5 %	0,007 %

Apesar dos valores médios encontrados terem sido menores do que os valores de referência, quando da utilização simultânea do conteúdo multimídia e de recursos de transferências de arquivos e compartilhamentos de aplicações, nos experimentos 01, 02 e 03, foi notória a perda na qualidade das imagens apresentadas. Isto se deveu ao fato do áudio e do vídeo terem utilizado praticamente toda a largura de banda de *upload* (vide gráfico 5.7) e qualquer aplicação de transferência de dados que concorra com a aplicação de transferência de áudio e vídeo estará concorrendo também com esta largura de banda. Uma solução para este problema foi inibir o vídeo enquanto eram feitas as transmissões de dados ou então aumentar a velocidade de *upload* da conexão como foi feito no experimento 04.

Apesar de terem sido experimentadas diferentes larguras de banda nas conexões ADSL, os parâmetros de qualidade não apresentaram mudanças significativas. Pôde-se concluir que o CODEC do *NetMeeting* nivelou a vazão em 128 kbps. Portanto, para a utilização de ferramentas de videoconferência utilizando ADSL não adianta aumentar a largura de banda de *upload* sem antes verificar os requisitos da ferramenta adotada, muito menos aumentar a largura de banda de *download*, porque as ferramentas nivelam por baixo a conexão (geralmente a largura de banda de *upload* oferecida pelas operadoras é no máximo a metade da largura de banda de *download*).

Através das análises individuais dos gráficos dos parâmetros de QoS (ANEXO 03), o horário dos experimentos não foi considerado um fator de influência sobre a qualidade final da videoconferência. Portanto, nestas condições, uma aula transmitida à noite teria a mesma qualidade de uma aula transmitida pela manhã ou pela tarde.

O efeito *video ghosting* só foi observado quando experimentalmente foram feitos movimentos rápidos e sucessivos. Logicamente movimentos deste tipo devem ser evitados pelo professor ou palestrante quando estiverem ministrando uma aula que utiliza o recurso de videoconferência. Quanto aos efeitos conhecidos como *audio clipping* (cortes) ou eco, eles dependeram muito mais do ambiente sonoro e dos equipamentos utilizados para transmissão e recepção do áudio (i.e. microfones e caixa de som) do que da largura de banda propriamente dita. Assim sendo, para o sucesso deste Contexto Educacional na prática do ensino, onde são grandes as exigências pela boa funcionalidade dos recursos áudio-visuais, é aconselhável a utilização de máquinas com configuração de hardware e software atualizados, bem como periféricos (i.e. câmeras, microfones e alto-falante) com uma boa qualidade de transmissão e recepção (potente).

Um detalhe muito importante que deve ser considerado reside no fato de que as máquinas envolvidas na videoconferência não faziam parte de uma rede local. Entretanto, no Cenário Educacional com transmissão das imagens para uma máquina em rede (e.g. um laboratório), o tráfego gerado pelas outras estações estará concorrendo com o tráfego do conteúdo multimídia, o que pode afetar significativamente o desempenho da videoconferência e vice-versa, caso a rede esteja com uma utilização elevada. Algumas ferramentas de videoconferência podem ser configuradas para limitar a utilização máxima da largura de banda para que ela possa conviver melhor com outras aplicações da rede (FONSECA, 2000). Porém, esta afirmação não se aplica ao *NetMeeting*, pois nos experimentos práticos foi visto que esta ferramenta utilizou até 128 kbps de largura de banda quando configurado para trabalhar com ADSL.

Analogamente aos experimentos com utilização de servidor de vídeo, na análise dos experimentos práticos realizados com videoconferência ponto a ponto, pôde-se concluir que a tecnologia ADSL de acesso à Internet com largura de banda de *download* de 256 kbps e de *upload* de 128 kbps, apresentou uma melhor relação custo benefício quando da transmissão exclusivamente das mídias de áudio e de vídeo.

6 CONCLUSÃO

Apesar do surgimento de modernas técnicas de compressão de dados e de processadores mais rápidos, a largura de banda disponível ainda é um dos fatores limitantes para que aplicações multimídia, principalmente aplicações com transmissão ao vivo via Internet, façam parte do dia-a-dia das instituições de ensino.

Com a disseminação de tecnologias que provêm acessos à Internet mais rápidos e mais baratos (considerando as conexões dedicadas), dentre elas a tecnologia ADSL, fica mais fácil se pensar na implementação de diferentes Cenários Educacionais que promovam um grau mínimo de interatividade entre professor e alunos, estejam eles onde estiverem.

Através dos experimentos realizados neste trabalho com a tecnologia ADSL, foi possível verificar, a qualidade final do conteúdo multimídia (áudio e vídeo) transmitidos via Internet em duas ferramentas distintas, uma utilizando servidor de *video stream* e outra utilizando videoconferência.

Nos experimentos que utilizaram o servidor de *video stream* concluiu-se que a velocidade de digitalização de 100 kbps (experimento 01) apresentou uma melhor relação custo x benefício, pois apesar da velocidade de digitalização ter dobrado para 200 kbps (experimento 02), o servidor no processo de fragmentação e distribuição dos pacotes não conseguiu enviar para o *player* do usuário taxas superiores a 120 kbps. Desta forma a qualidade final das imagens não apresentou melhora significativa. Além disto, se o professor ou palestrante for utilizar alguma ferramenta de interação on-line, como por exemplo, IRC (*chat*), deve-se pensar na utilização simultânea da largura de banda.

Nestes experimentos o recurso conhecido como *intelligent streaming* (do servidor e do *player*) desempenhou um papel fundamental na compensação do *jitter* e compensação das perdas de pacotes provocadas pelo processo de fragmentação e distribuição dos pacotes (principalmente no experimento 02).

A localização física do servidor também é um fator importante para o sucesso dos cenários propostos. Se os acessos vierem das máquinas dos alunos dispersos geograficamente, como a maioria dos *backbones* não suporta tráfego *multicast*, o ideal seria hospedá-lo em um *Datacenter*. Se os alunos estiverem reunidos em um mesmo

ambiente físico (e.g. um laboratório), o ideal seria configurá-lo para trabalhar na mesma LAN deste laboratório, ou ainda numa rede que possuísse um *link* com a Internet com taxa suficientemente alta para suportar os acessos simultâneos (na forma *unicast*) e outras cargas na rede.

Um detalhe observado durante as transmissões é que, apesar da vazão no acesso da máquina do usuário ter alcançado em alguns momentos 60 kbps, a qualidade das imagens não ficou comprometida. Ou seja, a depender da quantidade de acessos simultâneos que sejam necessários ao conteúdo multimídia, da capacidade de processamento do servidor e da limitação da largura de banda disponível na rede do servidor, pode-se pensar em digitalizar o conteúdo próximo à 60 kbps.

Nos experimentos utilizando recursos de videoconferência concluiu-se que nas transmissões exclusivas de áudio e vídeo, pouco adiantou aumentar as velocidades de *download* e de *upload* das conexões ADSL, pois conforme os dados coletados e apresentados nos gráficos que compõem a presente dissertação, não houve melhoras significativas nas medidas dos parâmetros de QoS, nem na qualidade das imagens apresentadas ao usuário. Pôde-se concluir que o CODEC do *NetMeeting* limitou a vazão em 128 kbps, mesmo que nele o acesso tenha sido configurado como “DSL”. Logo é importante verificar os requisitos da ferramenta adotada, antes de se pensar em aumentar a velocidade de *upload* do acesso ADSL, muito menos pensar em aumentar a velocidade de *download*, porque as ferramentas nivelam por baixo a conexão. Porém, as transmissões simultâneas de dados, áudio e vídeo só foram possíveis (sem interferências) quando a velocidade de *upload* da conexão aumentou para 256 kbps. Na prática, quando da utilização deste Contexto Educacional, se não houver largura de banda suficiente que possibilite as transmissões simultâneas, pode-se inibir o envio de uma das mídias (e.g. o vídeo), para que o áudio e os dados sejam transmitidos eficazmente.

Como puderam ser verificadas, as medidas dos parâmetros de QoS dos experimentos com videoconferência ficaram abaixo dos valores máximos de referência recomendados para aplicações desta natureza (vide tabela 5.3).

Em ambos os experimentos, os horários das transmissões não exerceram influências significativas, ou seja, nos cenários apresentados a qualidade do conteúdo

multimídia transmitido pela manhã teve a mesma qualidade do conteúdo transmitido pela tarde ou pela noite.

O efeito *video ghosting*, em ambos os experimentos só foi observado quando foram feitos movimentos rápidos e sucessivos. Quanto aos efeitos de *audio clipping*, eles dependeram mais do ambiente sonoro e dos equipamentos utilizados para transmissão e recepção do áudio do que da largura de banda disponibilizada.

Baseando-se na classificação apresentada na tabela 5.1, pode-se dizer que a qualidade do conteúdo multimídia transmitido nos experimentos utilizando servidor de *video stream* e nos experimentos utilizando recursos de videoconferência foi considerada BOA. Não foram registradas perdas de sincronismos entre o áudio e o vídeo e as paradas de pequenas proporções observadas no áudio ocorridas no experimento com utilização de servidor de *video stream* e os pequenos congelamentos observados no vídeo (em ambos os experimentos) não foram suficientes para afetar a qualidade final das imagens transmitidas. Desta forma, tomando-se como base os experimentos práticos realizados, pode-se concluir que a tecnologia ADSL apresentou uma BOA performance na transmissão ao vivo dos conteúdos multimídia. Porém, para se ter uma maior garantia do sucesso dos Cenários Educacionais propostos, é necessário uma avaliação prévia do ambiente operacional (e.g. distância física entre as máquinas envolvidas, configuração de hardware das máquinas, software de distribuição de vídeos, ferramenta de videoconferência adotada, os horários de maior movimento da LAN, se for o caso, utilização do *link* do servidor, etc.), bem como uma consulta às operadoras de telefonia fixa que dispõem do serviço com a tecnologia ADSL, para saber onde o serviço está disponível.

6.1 CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO

Este trabalho visa contribuir com pesquisadores e instituições da área de ensino que desejem ampliar os horizontes da prática pedagógica convencional através da utilização da Internet (particularmente suportada pela tecnologia ADSL) e de modernos recursos informáticos que proporcionam uma interatividade síncrona e assíncrona entre professores e alunos, tais como: videoconferência e servidores de *video stream* (ao vivo e pré-gravado).

Neste trabalho são apresentados alguns Cenários Educacionais com possibilidades de utilização da tecnologia ADSL e alguns experimentos envolvendo servidor de *video stream* e videoconferência ponto-a-ponto. Estes experimentos tiveram seus desempenhos analisados através de medições dos principais parâmetros de QoS: vazão, *jitter*, perda de pacotes e atraso.

6.2 TRABALHOS FUTUROS

- Através da técnica de simulação apresentar um modelo comportamental de um *player*;
- Experimentar outras ferramentas de videoconferência (por exemplo, *CuSeeMe*);
- Medir os parâmetros de QoS de videoconferência envolvendo 2 *Autonomous Systems* (AS) diferentes.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARNEIRO, Mara L. F. **Videoconferência**. Disponível na Internet: (<http://www6.via-rs.com.br/metropoa/>). Acessado em agosto de 2000.
- DSLFORUM. **DSL White papers**. Disponível na Internet: (<http://www.dslforum.org/>). Primeiro acesso em abril de 2002.
- ETHERPEEK NX for Windows, version 1.0.0. Wildpackets Inc, 2002. www.etherpeek.com.
- FISCHER, Graciana; Lima, Jose; Tarouco, Liane. **Um Ambiente virtual multimídia de ensino na web, com transmissão ao vivo e interatividade**. In: Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Hiperemídia, Anais. Florianópolis: UFSC, 2001. p. 297-304.
- FONSECA, José L. Estudo Experimental de Videoconferência Pessoal em InterRedes IP com QoS. PETROBRÁS/TI-RJ, 2000.
- GINSBURG, D. **Implementing ADSL**. Massachusetts, Addison-Wesley, 2000. 292 p.
- GOYA, Denise H. et al. **Videoconferência: fale e escute, veja e seja visto**. PC Magazine Brasil, São Paulo, v.7, n.2, p. 62-78, fev. 1997. Disponível em (<http://www.pr.gov.br/celepar/celepar/batebyte/edicoes/1997/bb71/videoconf.htm>). Acessado em setembro de 2002.
- GOYENECHE, Juan M. **Multicast over TCP/IP**. Howto. v1.0, Espanha, 1998. 167 p.
- ITU-T. **Recommendation H.323**. Telecommunication Standardization Sector - Infrastructure of audiovisual services – Systems and terminal equipment for audiovisual services Packet-based multimedia communications systems. Disponível na Internet: (<http://www.itu.int/home/index.html>). Acessado em dezembro de 2002.
- ITU-T. **Recommendation T.120**. Telecommunication Standardization Sector - Infrastructure of audiovisual services – Data Protocols for multimedia Conferencing Disponível na Internet: (<http://www.itu.int/home/index.html>). Acessado em abril de 2003.
- ITU-T. **Recommendation G.801 (11/88)**. *Digital Transmission Models*. Disponível na Internet: (<http://www.itu.int/publibase/itu-t>). Acessado em fevereiro de 2003.
- ITU-T. **Recommendation G.922.2 (07/99)**. *Splitterless asymmetric digital subscriber line (ADSL) transceivers*. Disponível na Internet: (<http://www.itu.int/rec/recommendation.asp>). Acessado em março de 2003.

- JAIN, R. **The art of computer systems performance analysis**. Massachusetts. Addison-Wiley, 1991. 684 p.
- MARTINS, Joberto. **Qualidade de Serviço (QoS) em Redes IP – Princípios Básicos, Parâmetros e Mecanismos**. Artigo publicado na revista eletrônica JSMNet Network Reviews. Salvador-BA, 1999.
- MOURA FILHO, César O; OLIVEIRA, Mauro. **Videoconferência em educação a distância**. CEFET, Fortaleza-CE, 1999.
- MRTG – **Multi Routing Traffic Grapher**. Latest Release: 2.9.29. Disponível na Internet em (<http://people.ee.ethz.ch/~oetiker/webtools/mrtg/>). Acessado em abril de 2003.
- NUNES, C. C. R., Ribeiro, J., Ferraz, C. **Investigando Educação a Distância e o Projeto Virtus na UFPE, SBIE98**, Fortaleza, 1998.
- OTSUKA, Joice L., ROCHOL, Juergen, TAROUCO, Liane M. R. **Fatores determinantes na efetividade de ferramentas mediada por computador no ensino a distância**. UFRG, Porto Alegre, 1997.
- PRICE, Dave. **Quality of Service (QoS) in support of H.323 Videoconference**. University of Wales. Aberystwyth. Disponível na Internet (www.ja.net/conferences/video_2001/Dprice.pdf). Acessado em abril de 2003.
- REAL NETWORKS. **Site Oficial na Internet**. Disponível na Internet: (<http://www.real.com>). Acesso em janeiro de 2001.
- SCHULZRINNE, H. et al. “Recommendation for RTP: A Transport Protocol for Real-Time Application”, RFC 1889, Berkeley, January 1996.
- SILVEIRA, R. M. et al. **Sistema Multimídia sob Demanda para ensino a distância**. EPUSP – LARC, 1997.
- TELETIME NEWS - **Revista Eletrônica** – Edição de 04/02/2003.

ANEXOS

ANEXO 01 - Comparativo das operadoras que oferecem ADSL no Brasil

Tabela A1.1 – Comparativo das ofertas de ADSL no Brasil.

OPERADORA	ABRANGÊNCIA (ESTADOS)	VELOCIDADES Download / Upload	VALORES (*)
TELEMAR	Rio de Janeiro	256 kbps / 128kbps	R\$ 59,10 (residencial)
	Bahia Espírito Santo Ceará Pernambuco Minas Gerais	512 kbps / 128 kbps	R\$ 129,00 (comercial) R\$ 258,00
TELEFÔNICA	São Paulo	256 kbps / 128 kbps	R\$ 59,90 (residencial)
		512 kbps / 128 kbps	R\$ 101,00 (comercial)
		2Mbps / 300 kbps	R\$ 191,90 R\$ 662,11
BrTelecom	Acre	300 kbps / 150 kbps	R\$ 69,90
	Rondônia		
	Mato Grosso	600 kbps / 300 kbps	R\$ 99,00
	Mato Grosso do Sul Tocantins	1Mbps / 300 kbps	R\$ 179,00
	Goiás Distrito Federal Paraná Santa Catarina Rio Grande do Sul		

(*) Assinatura + aluguel do *Modem*

(**) Os clientes residenciais necessitam contratar algum provedor credenciado para ter acesso à Internet. Os valores cobrados por eles podem variar entre R\$ 30,00 e R\$ 50,00.

Maiores informações podem ser encontradas nos *sites* oficiais das operadoras:

TELEMAR => www.telemar.com.br

BRASIL TELECOM => www.brasilelcom.com.br

TELEFÔNICA => www.telefonica.com.br

ANEXO 02 – Gráficos individuais (por turno) dos experimentos com o servidor de video stream

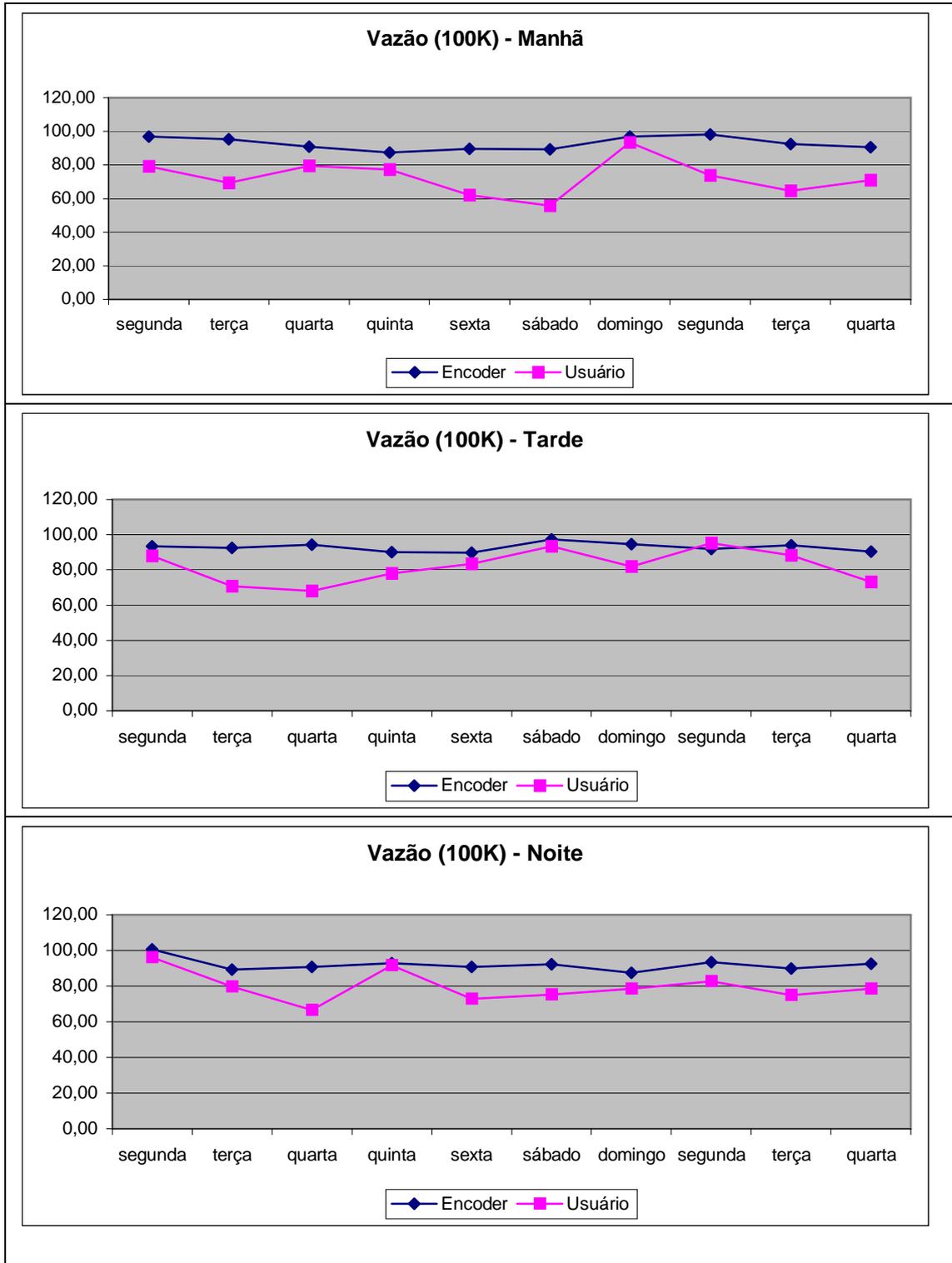


Gráfico A2.1 – Vazão (por turno) do experimento 01.

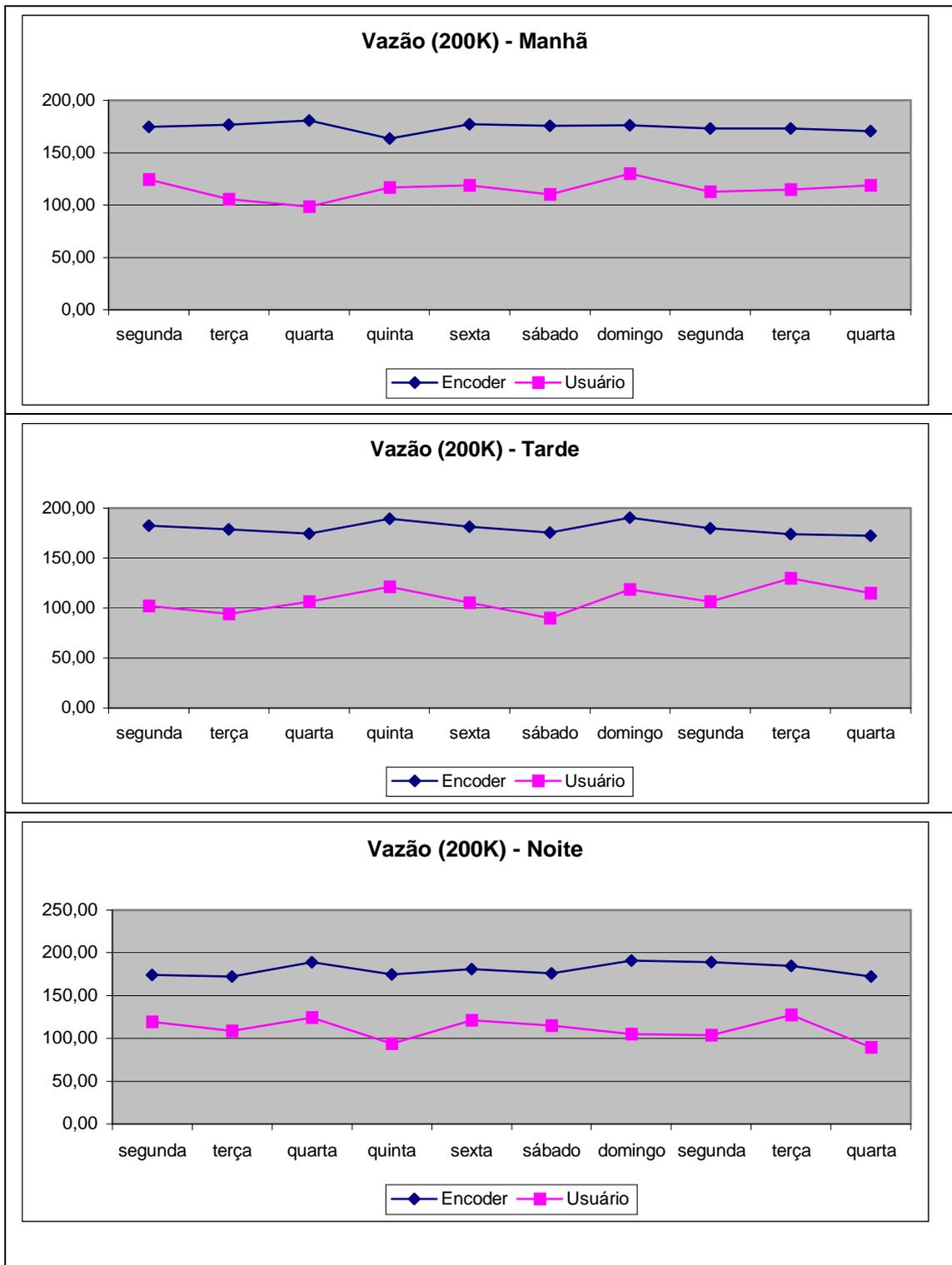


Gráfico A2.2 – Vazão (por turno) do experimento 02.

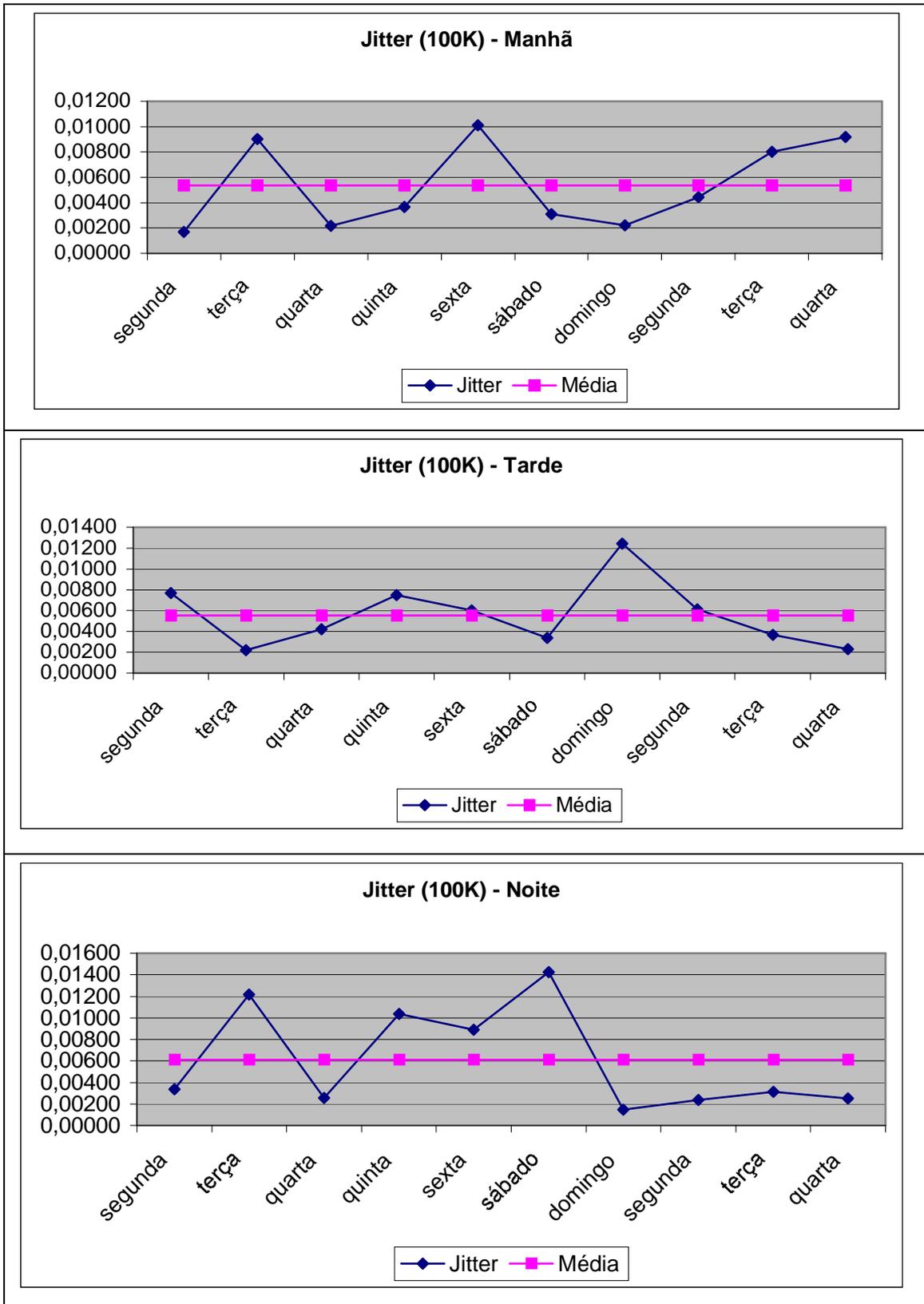


Gráfico A2.3 – Jitter (por turno) do experimento 01.

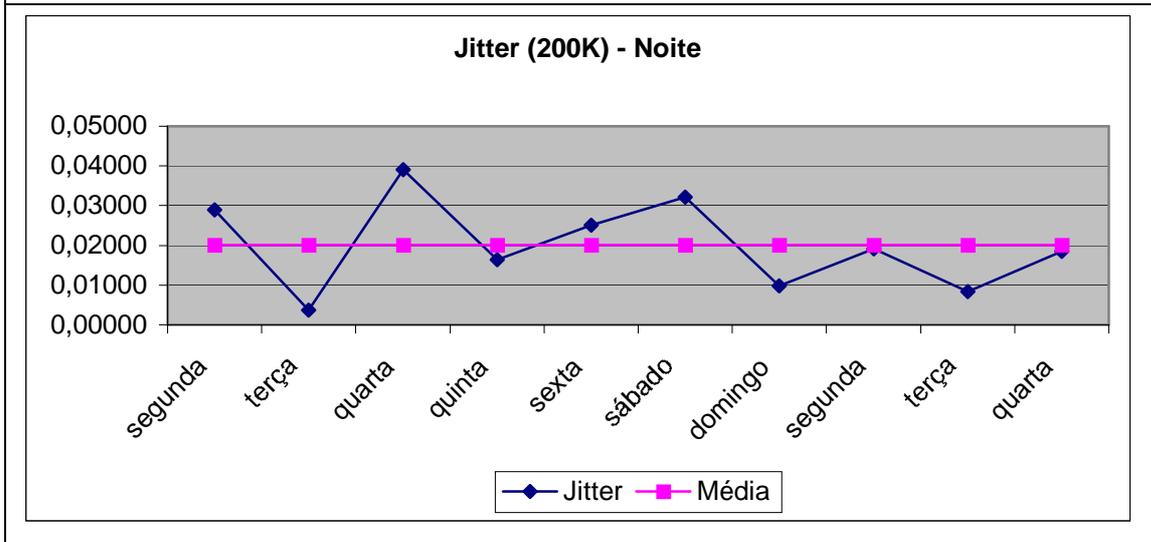
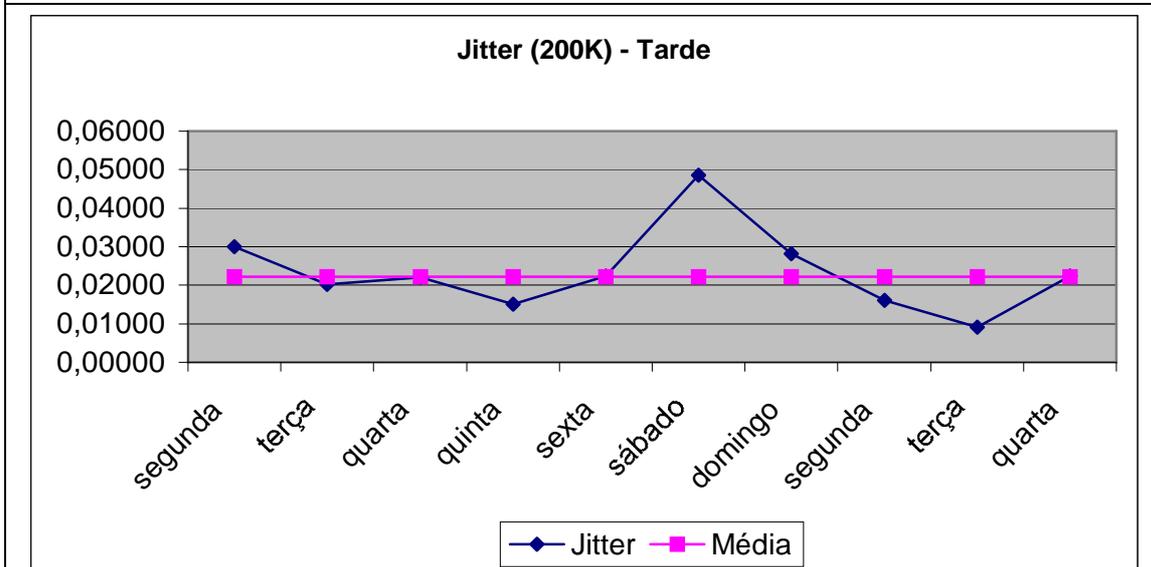
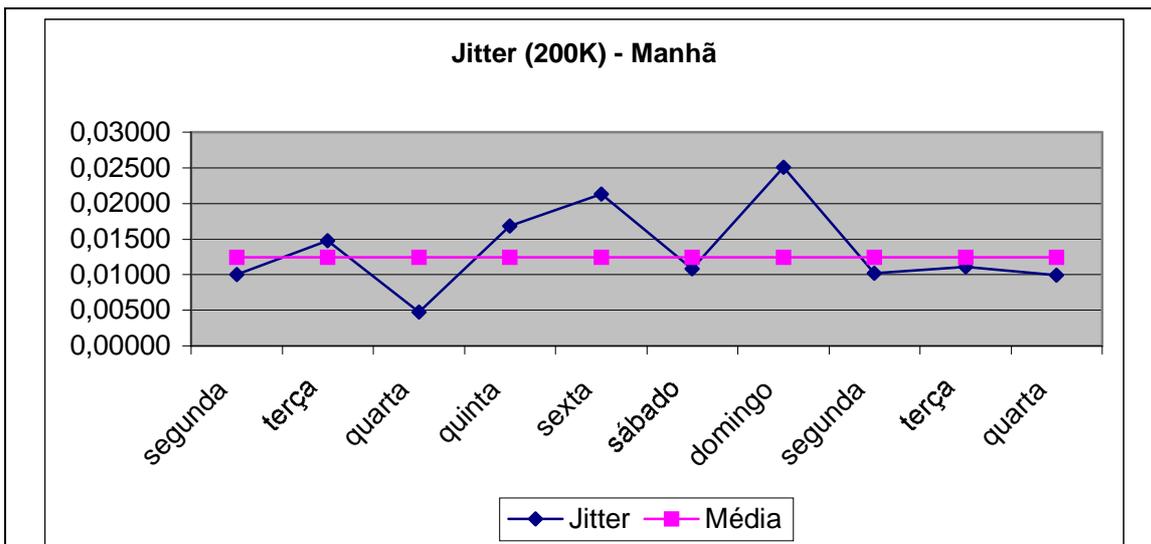


Gráfico A2.4 – Jitter (por turno) do experimento 02.

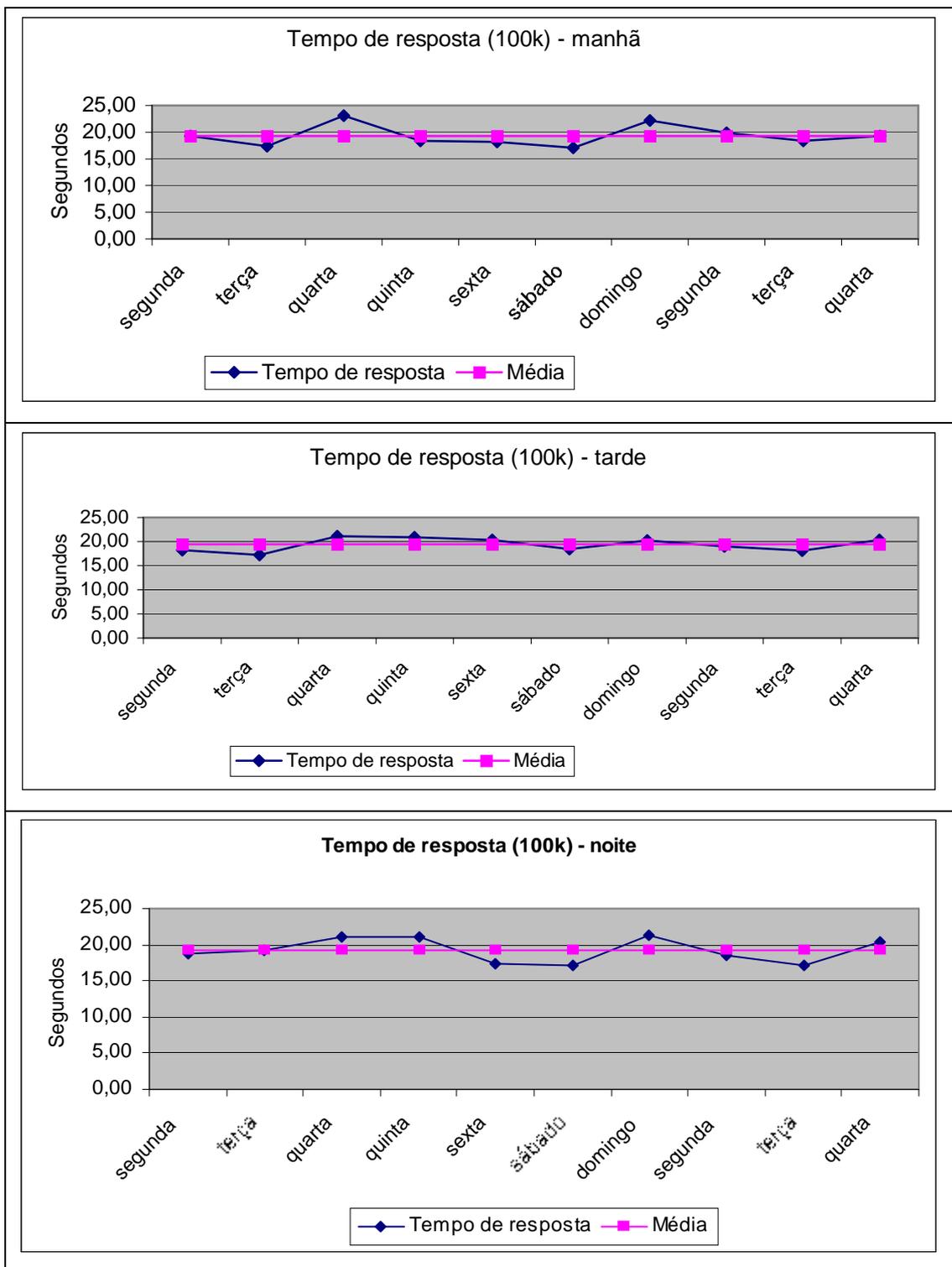


Gráfico A2.5 – Tempo de resposta inicial (por turno) do experimento 01.

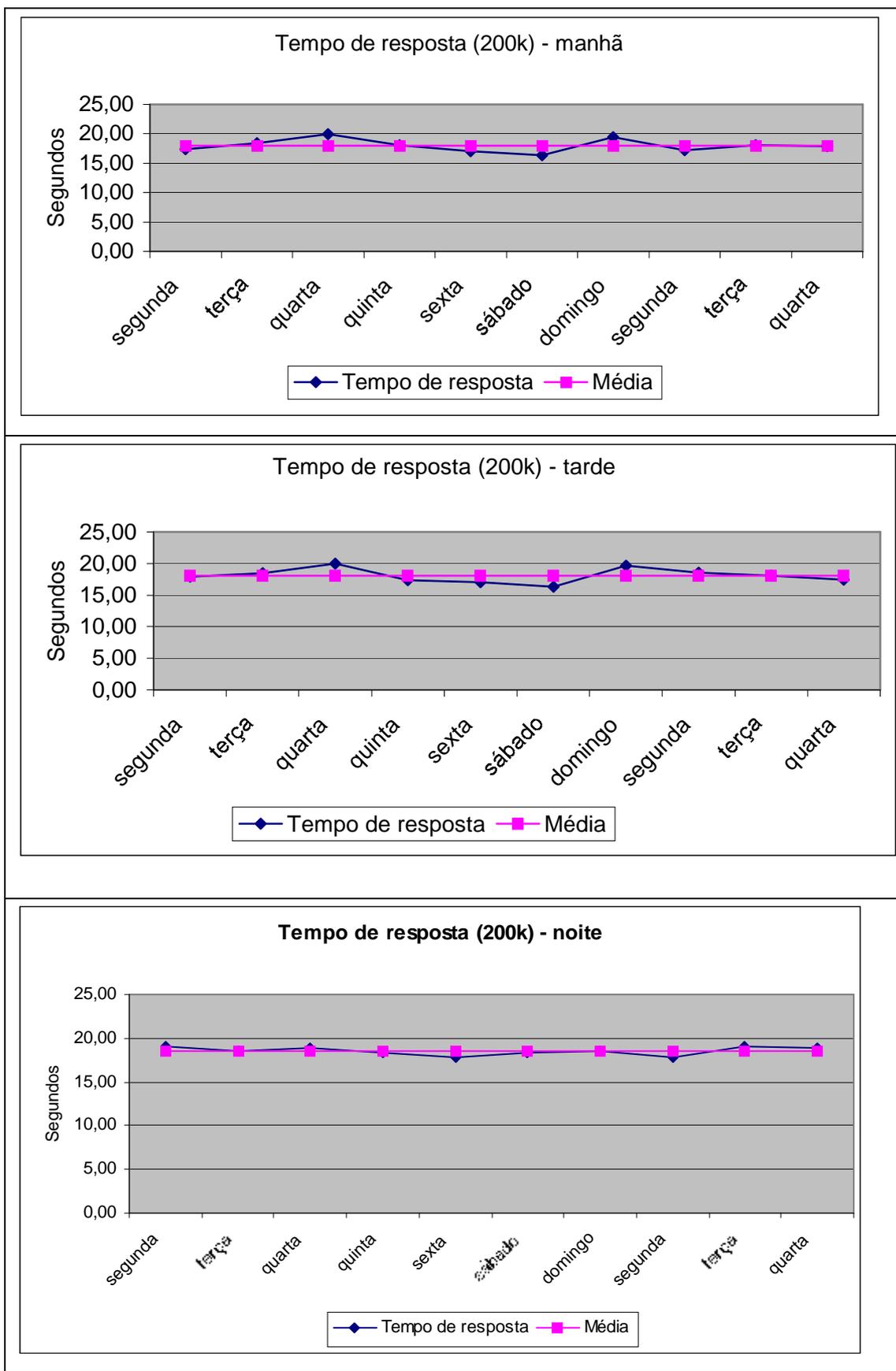


Gráfico A2.6 – Tempo de resposta inicial (por turno) do experimento 02.

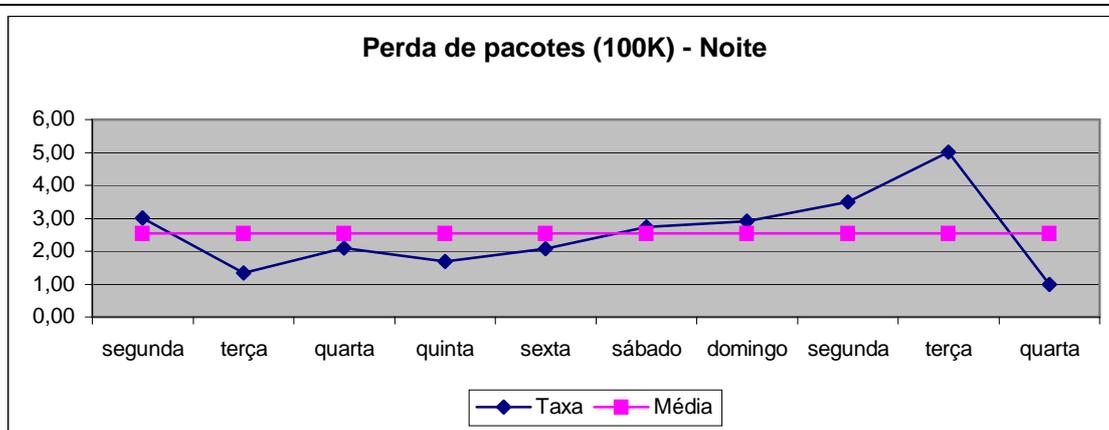
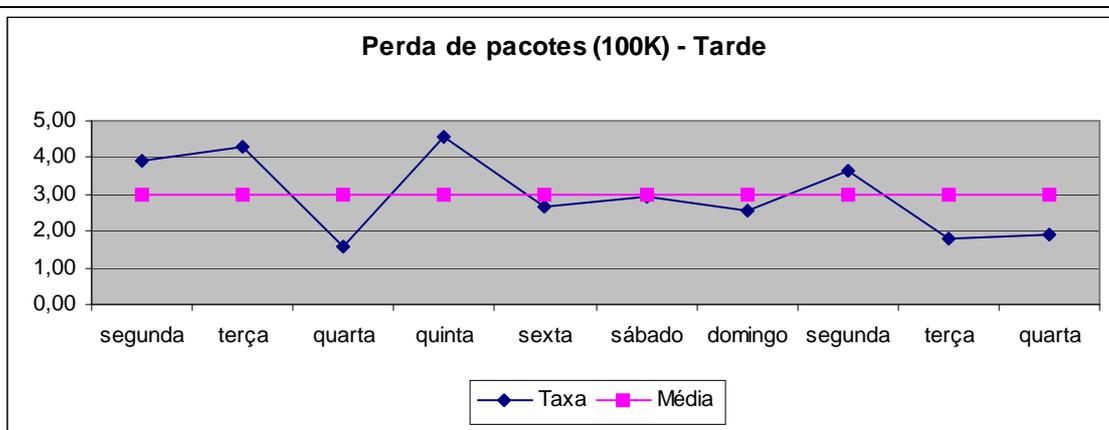
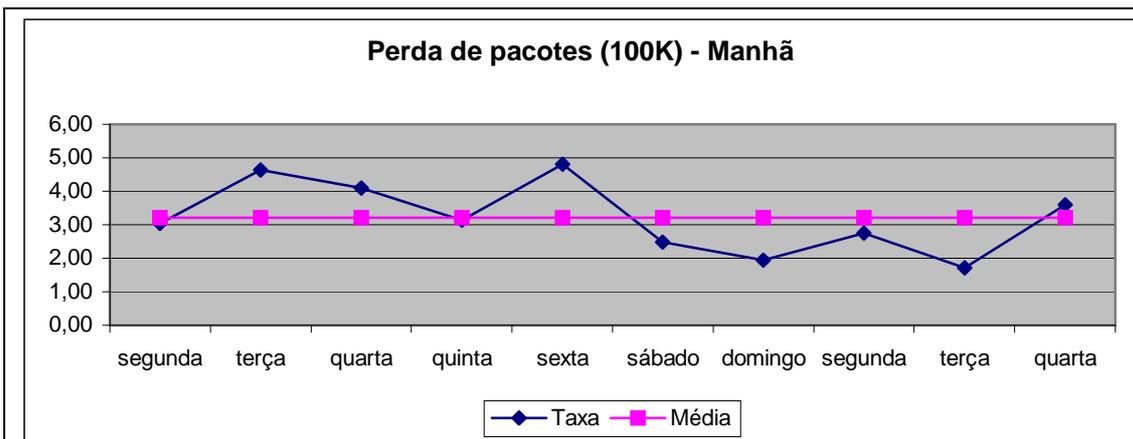


Gráfico A2.7 – Perda de pacotes (por turno) do experimento 01.

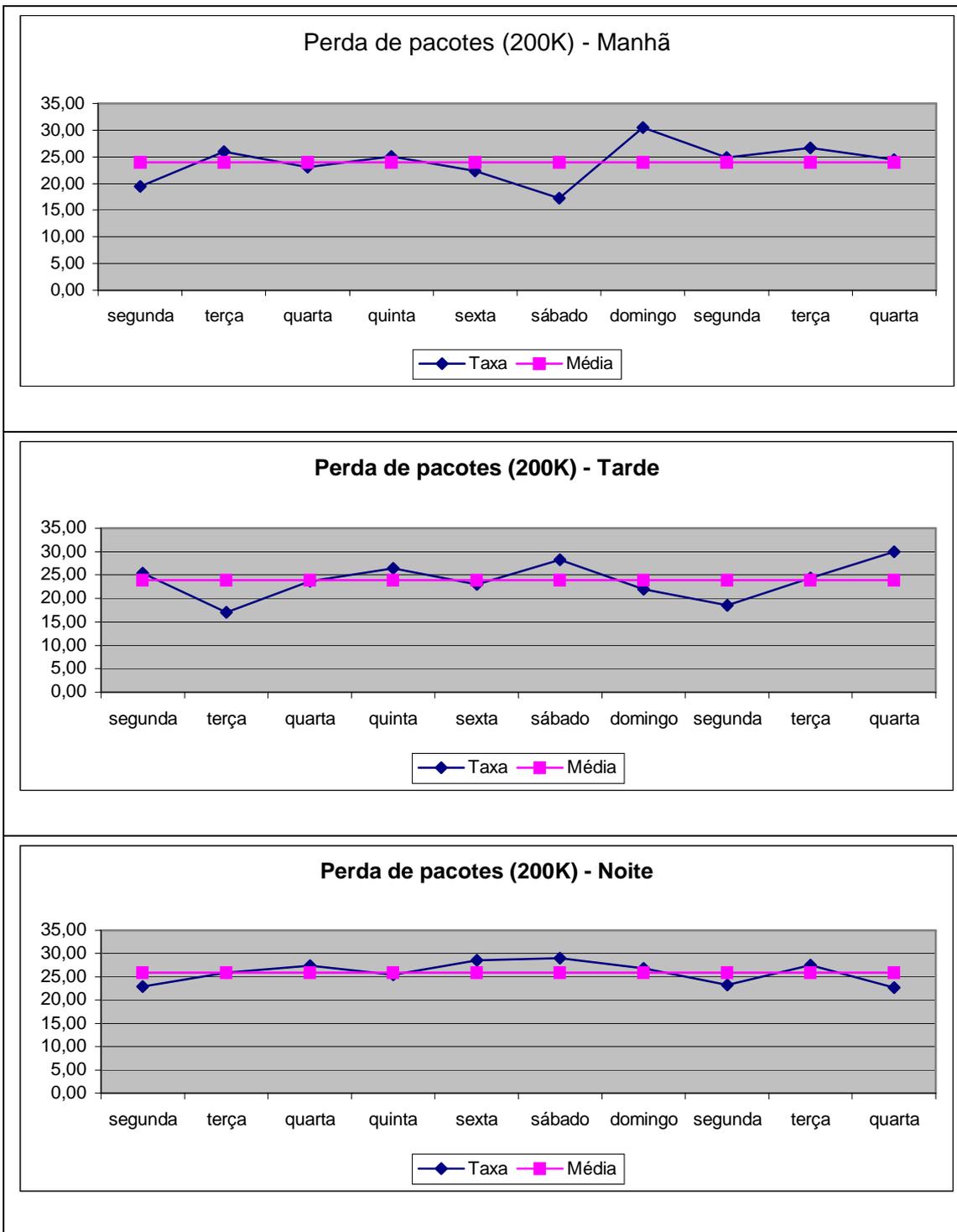


Gráfico A2.8 – Perda de pacotes (por turno) do experimento 02.

ANEXO 03 – Gráficos individuais (por turno) dos experimentos com videoconferência ponto-a-ponto

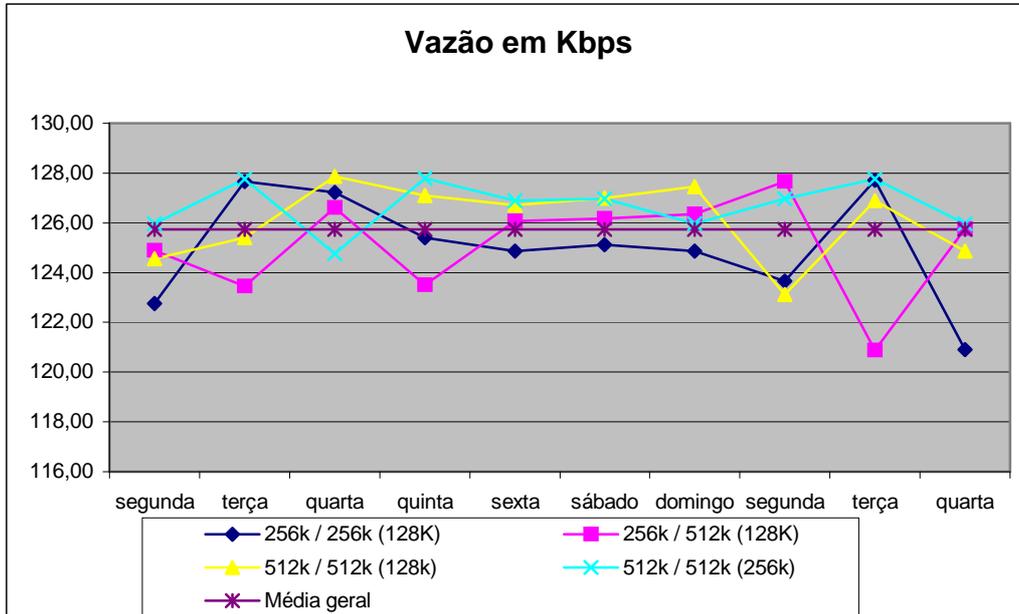


Gráfico A3.1 – Vazão dos experimentos com videoconferência.

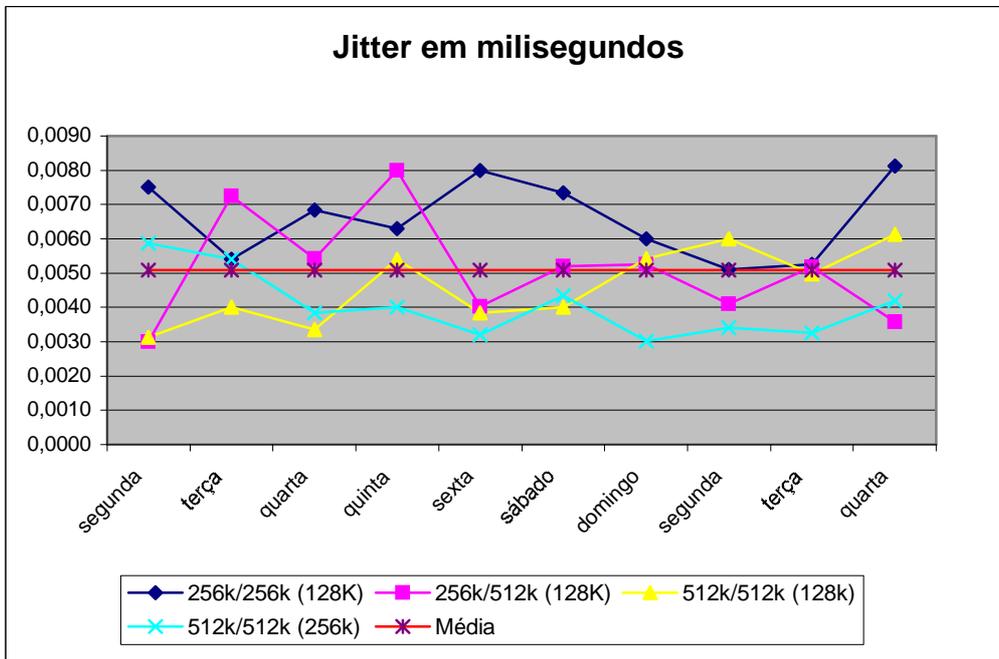


Gráfico A3.2 – Jitter dos experimentos com videoconferência.

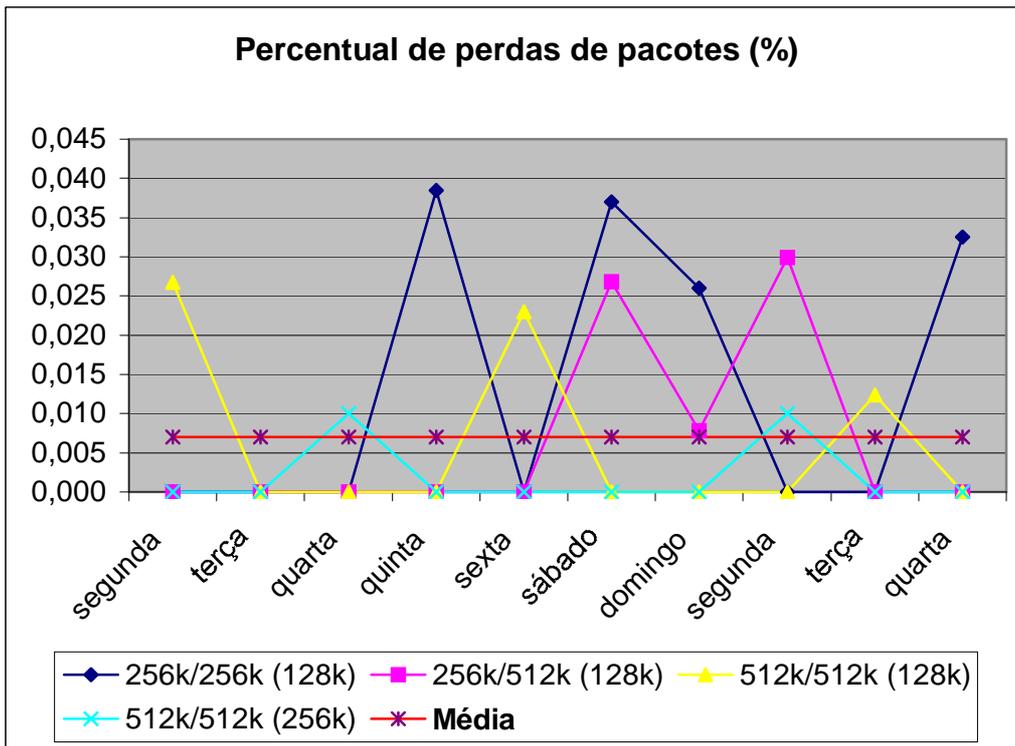


Gráfico A3.3 – Percentual de perdas de pacotes dos experimentos com videoconferência.

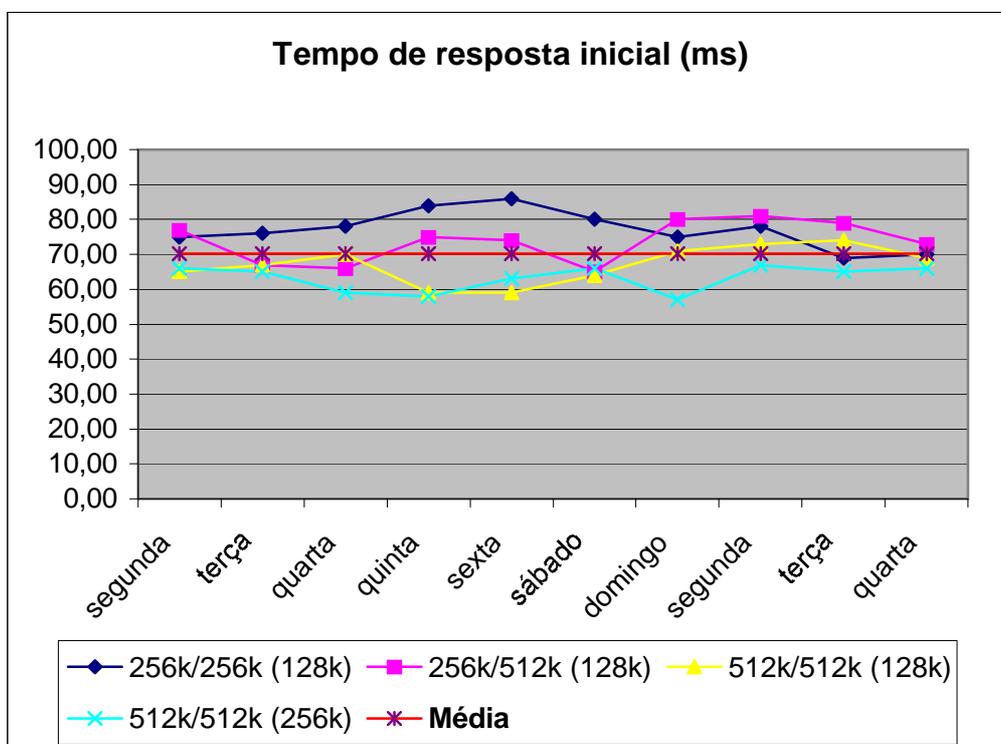


Gráfico A3.4 – Tempo de resposta inicial dos experimentos com videoconferência.