

universidade de aveiro



Universidade de Aveiro

Departamento de Electrónica e Telecomunicações

**Infraestruturas e Serviços em Redes de
Tecnologia ATM:
Implementações Práticas**

Victor Manuel Letra Macedo Marques

Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade de Aveiro

como requisito parcial para obtenção do grau académico de

Mestre em Engenharia Electrónica e Telecomunicações

AVEIRO

Abril de 1997

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	III
ÍNDICE	IV
RESUMO	IX
SUMARY	X
LISTA DE ACRÓNIMOS	XI
CAPÍTULO I	1
1 INTRODUÇÃO	2
1.1 ENQUADRAMENTO DA DISSERTAÇÃO	2
1.2 NEOLOGISMOS	4
CAPÍTULO II	5
2 TECNOLOGIA ATM	6
2.1 INTRODUÇÃO	6
2.2 NORMALIZAÇÃO	9
2.2.1 <i>International Telecommunications Union (ITU)</i>	9
2.2.2 <i>European Telecommunications Standards Institute (ETSI)</i>	10
2.2.3 <i>American National Standards Institute (ANSI)</i>	10
2.2.4 <i>O ATM Forum</i>	10
2.2.5 <i>Internet Engineering Task Force (IETF)</i>	11
2.2.6 <i>Frame Relay Forum e o SMDS Interest Group (SIG)</i>	11
2.3 FUNDAMENTOS DA TECNOLOGIA ATM	12
2.3.1 <i>Arquitetura ATM</i>	12
2.3.2 <i>Camada Física</i>	16
2.3.3 <i>Camada ATM</i>	17
2.3.4 <i>Camada de Adaptação ATM (AAL)</i>	19
2.3.5 <i>Gestão de Recursos</i>	22
2.4 ENDEREÇAMENTO	25

2.5	RFC 1483 - MPOA – MULTIPROTOCOL OVER ATM (AAL5)	27
2.6	IP CLÁSSICO SOBRE ATM	28
2.6.1	<i>Introdução</i>	28
2.6.2	<i>Logical IP Subnets</i>	28
2.6.3	<i>Servidor ARP</i>	29
2.6.4	<i>Funcionamento do IP Clássico</i>	29
2.7	EMULAÇÃO DE LAN SOBRE ATM	31
2.7.1	<i>Introdução</i>	31
2.7.2	<i>Motivações para o uso de LAN Emulation nas redes ATM</i>	32
2.7.3	<i>Visão Conceptual do LAN Emulation</i>	32
2.7.4	<i>Implementação do LANE</i>	34
2.7.5	<i>Entrada de um LEC na LANE</i>	37
2.7.5.1	<i>Comunicação com o LECS</i>	37
2.7.5.2	<i>Integração numa LANE</i>	39
2.7.6	<i>Gestão dos Broadcasts ATM</i>	40
2.7.7	<i>VCCs Directos entre LECs e Tramas Unicast</i>	41
2.7.8	<i>Múltiplas LANs Emuladas</i>	43
2.7.9	<i>LANE Versão 2.0</i>	44
2.8	CONCLUSÕES	45
CAPÍTULO III		48
3	REDES ATM INTERNACIONAIS	49
3.1	INTRODUÇÃO	49
3.2	PLATAFORMA DE COMUNICAÇÕES PARA O SERVIÇO DE CONFERÊNCIA – A APLICAÇÃO ISABEL	50
3.3	TELEEVENTOS PONTO-A-PONTO	56
3.3.1	<i>WorkShop do Projecto COMBINE</i>	56
3.3.2	<i>Televisita no âmbito do projecto STEN</i>	57
3.3.3	<i>Teleevento entre os projectos TRIBUNE (RACE - R2081) e EXPLOIT (RACE - R2061)</i>	58
3.3.4	<i>Dias Abertos do Projecto EXPLOIT (RACE R2081)</i>	59
3.4	ESCOLAS DE VERÃO ABC'95 E ABC'96	62
3.4.1	<i>Descrição Conceptual da Infraestrutura</i>	63

3.4.2	<i>Infraestrutura da Rede ATM</i>	66
3.4.2.1	Pontos comuns às ABC'95 e ABC'96 em termos de Rede	67
3.4.2.2	ABC'95	68
3.4.2.3	ABC'96	71
3.4.2.3.1	Configuração em Aveiro	75
3.5	ATM POR SATÉLITE	78
3.5.1	<i>Introdução</i>	78
3.5.2	<i>Descrição</i>	80
3.6	CONCLUSÕES	84
CAPÍTULO IV		86
4	REDES ATM EM AVEIRO	87
4.1	REDE ATM DO CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE AVEIRO	87
4.1.1	<i>Introdução</i>	87
4.1.2	<i>Infraestrutura Óptica de Suporte</i>	88
4.1.3	<i>Configuração da Rede ATM</i>	89
4.1.3.1	Descrição do equipamento ATM existente	89
4.1.3.1.1	Comutadores ATM	89
4.1.3.1.2	Routers	90
4.1.3.1.3	Adaptadores de Rede	90
4.1.3.1.4	Normas suportadas	90
4.1.3.2	Redes virtuais segundo vários protocolos	91
4.1.3.2.1	IP Clássico	91
4.1.3.2.2	LANE	92
4.1.3.2.3	RFC 1483 - MPOA	93
4.1.4	<i>Serviços e Utilização</i>	94
4.1.4.1	INTERNET & INTRANET	95
4.1.4.2	Video-a-Pedido e Consulta de Conteúdos Multimédia	95
4.1.4.3	Distribuição de Video	96
4.1.4.4	Interligação de LANs	96
4.1.4.5	Video-Conferência, Trabalho Cooperativo e Ensino à Distância	96
4.1.5	<i>Conclusões</i>	97
4.2	O PROJECTO ACTS 0038 - BROADBANDLOOP	98
4.2.1	<i>Introdução</i>	98
4.2.2	<i>Demonstrador de campo de Aveiro</i>	99
4.2.2.1	Objectivos de Rede	99
4.2.2.2	Infraestrutura	100
4.2.2.3	Rede de Acesso	104

4.2.2.4	Rede de Distribuição e Rede In-House	104
4.2.3	Serviços	108
4.2.3.1	Serviços fornecidos pelo CET	109
4.2.3.1.1	Serviço de Acesso à Internet	110
4.2.3.1.2	Distribuição de Video digital	110
4.2.3.1.3	Serviço de Video-a-Pedido	111
4.2.3.1.4	Interligação de LANs	111
4.2.3.2	Serviços fornecidos pela Universidade de Aveiro	111
4.2.3.2.1	Serviço de Acesso à Internet	114
4.2.3.2.2	Serviço de consulta de conteúdos Multimédia	115
4.2.3.2.3	Serviço de Video-Conferência	115
4.2.3.3	Características dos Serviços	116
4.2.3.3.1	Acesso à Internet	116
4.2.3.3.2	Distribuição de Video	117
4.2.3.3.3	Vídeo-a-Pedido e Consulta de Conteúdos Multimédia	117
4.2.3.3.4	Interligação de LANs	118
4.2.3.3.5	Video-conferência	118
4.2.4	Utilizadores	119
4.2.5	Outros Demonstradores do projecto BBL	123
4.2.6	Conclusões	123
CAPÍTULO V		125
5	CONCLUSÕES	126
ANEXO I		129
6	RECOMENDAÇÃO DAVIC 1.0	130
6.1	ARQUITECTURA DE REDE GENÉRICA	130
6.2	REDE DE INTERLIGAÇÃO	131
6.3	REDE DE ACESSO	131
6.3.1	Nó de Acesso	132
6.3.2	Rede de distribuição	132
6.3.3	Terminador de Rede	132
6.3.4	VDSL	133
6.3.5	Rede de Acesso FTTK	133
6.3.6	Rede de Acesso com NTs Activos	134
6.4	REDE IN-HOUSE	134

ANEXO II	137
7 CONFIGURAÇÃO DA REDE LOCAL ATM DA UDA	138
7.1 COMUTADOR FORE ASX200BX (EDIFÍCIO DO IT)	138
7.2 COMUTADOR IBM NWAYS 8285 (EDIFÍCIO DO DET)	143
7.3 COMUTADOR IBM NWAYS 8285 (EDIFÍCIO DO INESC)	146
REFERÊNCIAS	149

Resumo

Esta dissertação apresenta uma visão global dos princípios do ATM, quer em termos das tecnologias de suporte, quer dos protocolos utilizados e, a partir daí, aborda um conjunto de casos concretos de implementação de serviços e aplicações em redes experimentais ATM. Parte do trabalho e aprendizagem aqui descritos decorreu em Aveiro enquanto outra parte decorreu na Suíça, por via de um estágio do autor na empresa ASCOM Tech, de Março a Dezembro de 1995.

Os casos concretos de implementação descritos nesta dissertação foram separados em dois grupos. No primeiro descrevem-se as experiências que envolveram eventos internacionais, em particular as Escolas de Verão ABC'95 e ABC'96 e outros que foram realizados no âmbito dos programas RACE e ACTS da Comissão Europeia.

No segundo grupo é descrita a experiência do autor na implementação de duas redes que fazem uso da tecnologia ATM actualmente em fase de implementação na cidade de Aveiro. A primeira constitui um demonstrador de uma rede de acesso pública que está a ser implementada no âmbito do projecto europeu AC038 BBL, do programa ACTS da Comissão Europeia. A segunda é uma rede local ATM que está a ser instalada no Campus Universitário de Aveiro como complemento da Rede Óptica de Banda Larga (ROBL) existente na Universidade de Aveiro.

Summary

This thesis presents the ATM principles in terms of supporting technologies and protocols. A set of experimental cases where ATM was used as supporting technology is also presented. The work carried out during the course of this Master Degree was divided in two parts. One carried out in Aveiro and the other at ASCOM Tech laboratories in Switzerland (March to December 1995).

The events and trials described are divided in two main groups. The first group describes international events, in particular the Summer Schools on Advanced Broadband Communications 95 and 96 (ABC'95 and ABC'96) and other events sponsored by the European Community RACE and ACTS programs.

The second group describes the author experience on the implementation and installation of two ATM networks in Aveiro. One of these networks is an ATM local area network that is currently being installed as an extension of the University of Aveiro Broadband Optical Network (ROBL). The other ATM network being installed in Aveiro is a public access network sponsored by the ACTS BroadBandLoop project (AC038 BBL).

Lista de acrónimos

Acr 1: AAL	<i>ATM Adaptation Layer</i>
Acr 2: AAU	<i>ATM Access Unit</i>
Acr 3: ABC	<i>Advanced Broadband Communications</i>
Acr 4: ABR	<i>Available Bit Rate</i>
Acr 5: ACTS	<i>Advanced Communications Technology and Services</i>
Acr 6: ADM	<i>Add Drpo Multiplexer</i>
Acr 7: ADSL	<i>Asymmetrical Digital Subscriber Line</i>
Acr 8: AN	<i>Access Node</i>
Acr 9: ANSI	<i>American National Standards Institute</i>
Acr 10: ATM	<i>Asynchronous Transfer Mode</i>
Acr 11: ARP	<i>Address Resolution Protocol</i>
Acr 12: ASF	<i>Application Support Function</i>
Acr 13: BBL	<i>BroadBandLoop</i>
Acr 14: BRAIN	<i>Bring Researches on Advanced communications to Industry and Network operators</i>
Acr 15: BUS	<i>Broadcast and Unknown Server</i>
Acr 16: CAC	<i>Connection Admission Control</i>
Acr 17: CATV	<i>Community Antenna Television</i>
Acr 18: CBR	<i>Constant Bit Rate</i>
Acr 19: CC	<i>Event Control Centre</i>
Acr 20: CCITT	<i>Consultant Committee on International Telephone and Telegraph</i>
Acr 21: CDV	<i>Cell Delay Variation</i>
Acr 22: CET	<i>Centro de Estudos de Telecomunicações</i>
Acr 23: CICUA	<i>Centro de Informática e Comunicações da Universidade de Aveiro</i>
Acr 24: CIFOP	<i>Centro Integrado de Formação de Professores</i>
Acr 25: CL	<i>Connectionless Oriented</i>
Acr 26: CLP	<i>Cell Loss Priority</i>
Acr 27: CO	<i>Connection Oriented</i>
Acr 28: CPCS	<i>Common Part of the Convergence Sub-layer</i>
Acr 29: CPS	<i>Content Provider System</i>
Acr 30: CRC	<i>Communications Research Center</i>

Acr 31: CS	<i>Convergence Sublayer</i>
Acr 32: CSCW	<i>Computer Suported Coloborative Work</i>
Acr 33: DAVIC	<i>Digital Audio-Visual Council</i>
Acr 34: DECT	<i>Digital Enhanced Cordless Telecommunications</i>
Acr 35: DET	Departamento de Electrónica e Telecomunicações
Acr 36: ECS	<i>End Customer Systems</i>
Acr 37: ENR	<i>End User Roundtable</i>
Acr 38: ESI	<i>End System Identifier</i>
Acr 39: ETSI	<i>European Telecommunications Standards Institute</i>
Acr 40: FDDI	<i>Fiber Distributed Data Interface</i>
Acr 41: FTP	<i>File Transfer Protocol</i>
Acr 42: FTTB	<i>Fiber-To-The-Building</i>
Acr 43: FTTK	<i>Fiber-To-The-Kerb</i>
Acr 44: FTTH	<i>Fiber-To-The-Home</i>
Acr 45: GFC	<i>Generic Flow Control</i>
Acr 46: HEC	<i>Header Error Correction</i>
Acr 47: IETF	<i>Internet Engineering Task Force</i>
Acr 48: IISP	<i>Interim Inter-switch Signalling Protocol</i>
Acr 49: ILMI	<i>Interim Local Management Interface</i>
Acr 50: InARP	<i>Inverse ARP</i>
Acr 51: INESC	Instituto Nacional de Engenharia e Sistemas de Computadores
Acr 52: IP	<i>Internet Protocol</i>
Acr 53: IS	<i>Interactive Site</i>
Acr 54: ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
Acr 55: IT	Instituto de Telecomunicações
Acr 56: ITU	<i>International Telecommunication Union</i>
Acr 57: ITU-T	<i>ITU – Telecommunication Standardization Sector</i>
Acr 58: LAN	<i>Local Area Network</i>
Acr 59: LANE	<i>LAN Emulation</i>
Acr 60: LE	<i>Local Exchange</i>
Acr 61: LE ARP	<i>LAN Emulation Resolution Address Protocol</i>
Acr 62: LEC	<i>LAN Emulation Client</i>
Acr 63: LECS	<i>LAN Emulation Configuration Server</i>

Acr 64: LES	<i>LAN Emulation Server</i>
Acr 65: LIS	<i>Logical IP Subnet</i>
Acr 66: LNNI	<i>LANE Network-Network Interface</i>
Acr 67: LUNI	<i>LANE User-Network Interface</i>
Acr 68: MAC	<i>Medium Access Control</i>
Acr 69: MAN	<i>Metropolitan Area Network</i>
Acr 70: MJPEG	<i>Motion JPEG</i>
Acr 71: MPEG	<i>Moving Pictures Expert Group</i>
Acr 72: MPOA	<i>Multiprotocol Over ATM</i>
Acr 73: NetBIOS	<i>Network Basic Input/Output System</i>
Acr 74: NICE	<i>National hosts InterConnection Experiments</i>
Acr 75: NIU	<i>Network Interface Unit</i>
Acr 76: NN	<i>Network Node</i>
Acr 77: NNI	<i>Network-Network Interfaces</i>
Acr 78: NOD	<i>Network Ownership Decoupling</i>
Acr 79: NPC	<i>Network Parameter Control</i>
Acr 80: NRM	<i>Network Resource Management</i>
Acr 81: NSAP	<i>Network Service Access Point</i>
Acr 82: NT	<i>Network Termination</i>
Acr 83: OAM	<i>Operation And Maintenance</i>
Acr 84: OLT	<i>Optical Line Terminator</i>
Acr 85: ONU	<i>Optical Network Units</i>
Acr 86: OSI	<i>Open Systems Interconnection</i>
Acr 87: PAL	<i>Phase Alternating Line</i>
Acr 88: PCM	<i>Pulse Code Modulation</i>
Acr 89: PCR	<i>Peak Cell Rate</i>
Acr 90: PDH	<i>Plesiochronous Digital Hierarchy</i>
Acr 91: PDU	<i>Packet Data Unit</i>
Acr 92: PEAN	<i>Pan European ATM Network</i>
Acr 93: PM	<i>Physical Medium</i>
Acr 94: PNNI	<i>Private-NNI</i>
Acr 95: PON	<i>Passive Optical Network</i>
Acr 96: POTS	<i>Plain Old Telephony Service</i>

Acr 97: PT	<i>Payload Type</i>
Acr 98: PVC	<i>Permanent Virtual Connection</i>
Acr 99: QoS	<i>Quality of Service</i>
Acr 100: RACE	<i>Research and technology development in Advanced Communications technologies in Europe</i>
Acr 101: RCCN	Rede de Cálculo Científico Nacional
Acr 102: RDIS	Rede Digital com Integração de Serviços
Acr 103: RDIS-BL	Rede Digital com Integração de Serviços de Banda Larga
Acr 104: RFC	<i>Request For Comments</i>
Acr 105: RIA	<i>RACE Island in Aveiro (Research Island in Aveiro)</i>
Acr 106: SACA	Secção Autónoma de Comunicações e Arte
Acr 107: SAP	<i>Service Access Point</i>
Acr 108: SAP	<i>Service Advertising Protocol</i>
Acr 109: SAR	<i>Segmentation and Reassembly sub-layer</i>
Acr 110: SCM	<i>Sub-Carrier Multiplexing</i>
Acr 111: SCR	<i>Sustainable Cell Rate</i>
Acr 112: SDH	<i>Synchronous Digital Hierarchy</i>
Acr 113: SIG	<i>SMDS Interest Group</i>
Acr 114: SNMP	<i>Simple Network Management Protocol</i>
Acr 115: SNI	<i>Service Node Interface</i>
Acr 116: SPS	<i>Service Provider System</i>
Acr 117: SSCS	<i>Service Specific Convergence Sub-layer</i>
Acr 118: STB	<i>Set Top Box</i>
Acr 119: STM	<i>Synchronous Transfer Mode</i>
Acr 120: STU	<i>Set Top Unit</i>
Acr 121: SVC	<i>Switched Virtual Connection</i>
Acr 122: TC	<i>Transmission Convergence</i>
Acr 123: TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
Acr 124: TTD	<i>Transmission Technology Decoupling</i>
Acr 125: UBR	<i>Unspecified Bit Rate</i>
Acr 126: UDA	Universidade de Aveiro
Acr 127: UNI	<i>User-Network Interfaces</i>
Acr 128: UPC	<i>Usage Parameter Control</i>

Acr 129: UPI	<i>User Permises Interface</i>
Acr 130: UPM	<i>Universidad Politécnica de Madrid</i>
Acr 131: UTP	<i>Unbalanced Twisted Pair</i>
Acr 132: VBR	<i>Variable Bit Rate</i>
Acr 133: VC	<i>Virtual Channel</i>
Acr 134: VCI	<i>Virtual Channel Identifier</i>
Acr 135: VDSL	<i>Very high rate Digital Subscriber Line</i>
Acr 136: VOD	<i>Video-On-Demand</i>
Acr 137: VP	<i>Virtual Path</i>
Acr 138: VPI	<i>Virtual Path Identifier</i>
Acr 139: WAN	<i>Wide Area Network</i>
Acr 140: WP	<i>Watch Point</i>
Acr 141: WWW	<i>World Wide Web</i>

Capítulo I

Introdução

1 Introdução

A vontade insaciável da pessoa humana pelo “quero mais, melhor e mais fácil” levou desde sempre à procura das melhores soluções para satisfazer estes requisitos. No entanto, o “mais e melhor” tem sempre custos. Porém, toda e qualquer evolução não pode ser uma “revolução”, isto é, não pode representar uma ruptura completa com o passado.

O ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) nasceu da vontade do “quero tudo” numa infraestrutura só. Foi, portanto, pensado para que pudesse transportar simultaneamente qualquer tipo de informação, seja ela dados, vídeo ou áudio. Contudo, para garantir a aceitação da tecnologia, tem que se permitir a continuidade da utilização das “velhas” infraestruturas, aplicações, protocolos e equipamentos. Assim, o processo de normalização do ATM nem sempre tem sido muito célere.

Apesar de tudo, a comunidade científica, os fabricantes e os operadores de telecomunicações apostaram desde cedo fortemente no ATM.

Os fabricantes e operadores de telecomunicações visam ganhar tempo e posição no mercado. A comunidade científica em geral move-se pelo “gozo” da investigação e pelo prazer de serem os primeiros a desfrutar a tecnologia.

No entanto, não se deve elevar o ATM a um pedestal que não é seu, ou seja, não parece razoável fazer do ATM a tecnologia “mágica” e “milagrosa” com as soluções para todas as situações e todos os problemas que possam surgir.

1.1 Enquadramento da Dissertação

O objectivo deste mestrado foi a aquisição de conhecimentos em redes de tecnologia ATM, desde as redes locais, passando por redes de acesso públicas e chegando às grandes redes internacionais. Neste sentido, esta dissertação apresenta uma visão global dos princípios do ATM, quer em termos das tecnologias de suporte, quer dos protocolos utilizados e, a partir daí, aborda um conjunto de casos concretos de implementação de serviços e aplicações em redes experimentais ATM. Parte do

trabalho e aprendizagem aqui descritos decorreu em Aveiro enquanto outra parte decorreu na Suíça, por via de um estágio do autor na empresa ASCOM Tech, de Março a Dezembro de 1995.

O segundo capítulo fala sobre a tecnologia, as suas características e, de um modo muito especial, sobre a Emulação de Redes Locais Tradicionais em plataformas ATM.

Os casos concretos de implementação descritos nesta dissertação foram separados em dois grupos. No primeiro descrevem-se as experiências que envolveram eventos internacionais, em particular as Escolas de Verão ABC'95 e ABC'96 e outros que foram realizados no âmbito dos programas RACE e ACTS da Comissão Europeia. Estas experiências piloto são relatadas no terceiro capítulo desta dissertação. Todas as experiências reltadas neste capítulo foram realizadas utilizando IP (*Internet Protocol*) Clássico sobre ATM. De um modo geral, tratam-se de experiências constituídas por teleeventos em que é usada uma aplicação de vídeo-conferência para interligar dois ou mais locais (mais de 20 no caso das Escolas de Verão em Comunicações Avançadas de Banda Larga) que deste modo partilham uma sala ou auditório virtual. Ainda neste capítulo é feita uma referência a um evento de consulta de páginas WWW (*World Wide Web*) utilizando IP Clássico sobre ATM, via satélite.

No segundo grupo é descrita a experiência do autor na implementação de duas redes que fazem uso da tecnologia ATM actualmente em fase de implementação na cidade de Aveiro. A primeira é uma rede local ATM que está a ser instalada no Campus Universitário de Aveiro como complemento da Rede Óptica de Banda Larga (ROBL) existente na Universidade de Aveiro. Trata-se de uma Rede ATM que irá complementar as actuais redes de comunicação existentes no Campus Universitário e interoperar com algumas delas. É retratada a topologia escolhida, o equipamento que será instalado, e ainda os serviços que serão suportados. A segunda constitui um demonstrador de uma rede de acesso pública que está a ser implementada no âmbito do projecto europeu BroadBandLoop-AC038 BBL, do programa ACTS da Comissão Europeia. Hoje em dia existem milhões de quilómetros de cabos de par entrançado, coaxiais e muito equipamento que a dada altura representaram um grande investimento e que, qualquer nova tecnologia terá forçosamente de aproveitar. Com

este objectivo nasceu o projecto BBL que pretende utilizar o último troço das linhas de assinante (em par entrançado ou coaxial) para fazer a entrega de serviços de banda larga, poupando deste modo muito dinheiro que seria necessário investir se alternativamente se decidisse levar a fibra óptica até à casa do assinante. Este projecto é descrito no quarto capítulo desta dissertação em termos de infraestrutura e dos serviços que pretende fornecer.

Por fim, o quinto capítulo apresenta as principais conclusões do trabalho realizado.

1.2 Neologismos

Durante todo o texto desta dissertação será vulgar encontrar termos em Inglês cuja tradução para Português não existe, não representa o real significado da palavra, ou não é universalmente aceite. Assim, sempre que possível, foram apresentadas as palavras em português. Nas situações em que tal não foi possível, foram mantidas as palavras originais “*in english*” escritas em itálico.

Capítulo II

Tecnología ATM

2 Tecnologia ATM

2.1 Introdução

Este capítulo apresenta uma visão global dos princípios do ATM, na sua vertente tecnológica e protocolar. Esta sinopse foca aspectos fundamentais desta tecnologia e serve de prelúdio para a discussão seguinte sobre o IP (*Internet Protocol*) Clássico sobre ATM, o LANE (*Lan Emulation*), o MPOA (*Multi Protocol Over ATM*) e para os capítulos seguintes onde se discutem várias implementações práticas que fazem uso desta tecnologia.

O IP Clássico sobre ATM foi o primeiro protocolo a ser implementado sobre o ATM seguindo-se mais recentemente o LANE e o MPOA. Espera-se que estes protocolos tenham uma taxa de penetração considerável, pois permitem o suporte para as aplicações existentes no mercado, permitindo a entrada definitiva do ATM nativo.

O ATM nasceu da necessidade de uma tecnologia que permitisse a interoperabilidade da informação, independentemente do tipo de informação ou equipamento terminal, abrindo caminho à implementação de uma rede de banda larga de suporte a todos os serviços (actuais e futuros).

Começa-se a assistir a um interesse cada vez maior nesta tecnologia, havendo cada vez mais equipamentos desenvolvidos para operar com ATM. Há, de um modo geral, uma procura dos benefícios que o ATM pode trazer em termos de transferência de informação.

Por estes motivos, há uma aceitação sem precedentes no mundo industrial quer da tecnologia, quer do processo de normalização, ou seja, com o ATM vemos uma tecnologia emergir de um consenso internacional e não por proposta e estratégia de apenas um conjunto de fabricantes. Na secção que se segue são indicadas algumas das organizações internacionais que mais trabalho produzem na definição das normas para o ATM.

Ao longo dos tempos tem havido diferentes métodos de transmissão da informação entre utilizadores de LANs (*Local Area Networks*) e utilizadores de WANs (*Wide Area Networks*). Esta situação provocou sempre um aumento da complexidade de interfuncionamento quando um utilizador necessita de expandir a conectividade da sua LAN para uma MAN (*Metropolitan Area Networks*) ou mesmo conectividade a nível mundial (WAN). O ATM pode ser utilizado como método de transmissão tanto no domínio das WANs como das LANs e portanto a interoperabilidade na fronteira entre LANs e WANs será mais fácil de implementar.

Hoje em dia, na maioria dos casos, diferentes tecnologias de rede são utilizadas consoante as características do tráfego que se pretende transmitir. As exigências de largura de banda e características do canal de transmissão entre uma comunicação de dados e uma aplicação de vídeo-conferência são totalmente distintas. O ATM foi planeado e estruturado para suportar numa rede apenas, todo o tipo de tráfego (dados, voz e vídeo) em simultâneo.

Como foi dito acima, o ATM está a emergir como norma para as comunicações. Isto é possível porque a tecnologia ATM é independente da velocidade de transmissão e está disponível com ritmos de transmissão desde os *Megabits* até aos *Gigabits*.

O ATM é uma tecnologia orientada à ligação. Quer isto dizer que o processo de estabelecimento de uma ligação para transferência de informação é composto por uma negociação entre o equipamento terminal e a rede, para obtenção de um caminho (circuito virtual) entre a origem e o destino. O cliente especifica o tipo, a capacidade e outros atributos da ligação que pretende e que determinam a qualidade de serviço.

Um outro conceito importante associado ao ATM é o facto de ser uma tecnologia comutada, ou seja, as ligações entre os diversos equipamentos terminais e de rede são efectuadas através de comutadores. Este facto, ao contrário das tecnologias tradicionais de meio partilhado, tem diversas vantagens:

- maior largura de banda dedicada por ligação;
- maior largura de banda agregada;
- procedimentos de estabelecimento e desactivação de ligação;

- velocidades de acesso variáveis e flexíveis;
- segurança (em termos de privacidade).

O ATM segmenta a informação em células de tamanho fixo (53 octetos), transporta-a e agrupa-a no seu destino. O facto das células ATM serem de tamanho fixo e curto comparado com o tamanho dos pacotes de tecnologias concebidas para comunicação de dados, permite o transporte de diferentes tipos de tráfego na mesma rede.

Originalmente o ATM foi proposto para RDIS-BL (Rede Digital com Integração de Serviços - Banda Larga). Neste momento começa a ser usado também, e eventualmente com mais sucesso, como tecnologia para LANs pois pode trazer vários benefícios com custos moderados. As maiores preocupações dos utilizadores são a interoperabilidade e o custo dos equipamentos e das comunicações. Deste modo, estes procuram soluções que não representam encargos económicos muito elevados e que lhes satisfaça as suas necessidades de comunicação.

O advento do ATM e a necessidade de vender soluções completas levou empresas a unirem-se de modo a integrar soluções de *hardware* com aplicações de *software* para gestão do próprio *hardware*. Os operadores de telecomunicações também têm fortes interesses em participar no desenvolvimento desta tecnologia de modo a defenderem os seus próprios interesses e as suas concepções próprias.

No mercado das LANs a competição é grande, especialmente após a introdução da Ethernet a 100 Mbps. No entanto, o ATM não apresenta restrições tão fortes em termos de largura de banda, tem capacidades de transporte de tráfego multimédia e tem processos de garantir qualidade de serviço para as ligações. Estas características devem garantir o seu sucesso, desde que os preços a que for comercializado sejam suficientemente competitivos em relação às soluções Ethernet a 10 e 100 Mbps.

2.2 Normalização

Existem hoje em dia várias entidades e organizações a trabalhar na normalização do ATM. Entre estas entidades pode-se referir o ITU-T (*International Telecommunications Union - Telecommunications Sector*) como sendo a principal entidade normalizadora mundial no domínio das redes públicas. A nível regional existe o ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) na Europa e o ANSI (*American National Standards Institute*) nos Estados Unidos. Paralelamente e para o domínio das redes privadas, o ATM Forum, constituído por pessoas e entidades ligadas a todos os ramos de actividade na área das telecomunicações, é uma entidade muito activa na criação, implementação e teste de futuras normas. Ainda ligados a este gigantesco processo de normalização estão o IETF (*Internet Engineering Task Force*), o Frame Relay Forum e o SIG (*SMDS Interest Group*) que procuram definir normas de interoperabilidade entre o ATM e os protocolos e tecnologias que estes grupos de normalização representam.

2.2.1 International Telecommunications Union (ITU)

O ITU foi fundado em 1947 com o objectivo de produzir recomendações técnicas, de operação e de tarifas para telefones e telégrafos. Um comité conhecido até há pouco tempo por CCITT (*International Telegraph and Telephone Consultative Committee*) foi renomeado de sector de normalização das telecomunicações e passou a ser conhecido por ITU-T. O ITU-T é patrocinado pelas Nações Unidas. Até 1988 o ITU-T publicava em conjuntos de livros as recomendações aprovadas de 4 em 4 anos. Essas recomendações ficavam conhecidas pela cor das capas desses livros. Por exemplo, as primeiras recomendações relativas ao ATM publicadas em 1988 ficaram conhecidas pelo “livro azul”. Após 1988 e dado o modo acelerado com que novas especificações foram sendo produzidas foi adoptado um processo em que as recomendações são publicadas logo que estejam prontas. Os livros produzidos desta forma têm o nome de “livros brancos”. Durante um período de estudo de, normalmente, dois anos, um determinado número de problemas são atribuídos a um grupo de estudo. Este grupo de estudo organiza-se em vários comités que produzem documentos de trabalho e propostas de recomendações.

2.2.2 European Telecommunications Standards Institute (ETSI)

O ETSI tem como função fundamental a normalização das telecomunicações na Europa. O ITU-T desenvolve normas para serem aplicadas em todo o mundo, enquanto que a função das organizações locais tais como o ETSI e o ANSI é adaptar essas normas às características particulares das regiões onde se encontram.

2.2.3 American National Standards Institute (ANSI)

O ANSI está dividido em diversos comités que cobrem um grande número de áreas. O comité T1 do ANSI está envolvido na normalização da RDIS-BL e do ATM nos Estados Unidos. As normas são desenvolvidas em coordenação estreita com o ITU-T, mas tendo em conta as particularidades dos sistemas e tecnologia nos Estados Unidos. Várias subcomissões do comité ANSI T1 estão envolvidas em diferentes aspectos da normalização.

2.2.4 O ATM Forum

O ATM Forum foi criado em Outubro de 1991 por um consórcio de quatro empresas de computadores e telecomunicações. Desde então, assistiu-se a um crescimento sem precedentes e hoje conta com mais de 800 membros. É composto por membros de vários sectores, tais como, fabricantes de equipamento, fabricantes de semicondutores, provedores de serviços, provedores de infraestruturas de transporte e utilizadores. O ATM Forum está dividido em três comités distintos: Técnico, de Mercado e Utilizadores Finais. O Comité Técnico produz especificações de implementações e está organizado em várias subcomissões especializadas em determinados assuntos. O Comité de Mercado e Educação produz tutoriais, apresentações, artigos e outro tipo de material informativo. O *End User Roundtable* (ENR) foi criado com o objectivo de angariar mais opiniões e requisitos por parte dos utilizadores para que sejam transmitidos ao Comité Técnico e de Mercado para posterior utilização em trabalhos futuros. O Forum não é uma entidade de normalização. É um consórcio de companhias que escreve especificações para acelerar o processo de definição da tecnologia ATM. Estas especificações são então transmitidas ao ITU-T para aprovação. O ITU-T reconhece formalmente o ATM Forum como um grupo de trabalho credível.

2.2.5 Internet Engineering Task Force (IETF)

O objectivo principal do IETF é definir normas para implementações que interoperem usando o protocolo Internet (IP). O interesse do IETF no processo de normalização do ATM é justificado por o ATM permitir o uso do protocolo IP. O IETF foi o responsável pela definição do modo como o IP deveria ser “emulado” em redes ATM. O RFC 1577 do IETF é o documento que define o IP Clássico sobre ATM.

2.2.6 Frame Relay Forum e o SMDS Interest Group (SIG)

O ATM Forum e o Frame Relay Forum cooperaram activamente nas especificações de interfuncionamento entre o ATM e o Frame Relay. Muitos dos aspectos protocolares do Frame Relay são idênticos aos do ATM. Ambos são protocolos orientados à ligação, envolvem sinalização baseada em RDIS e requerem funções de gestão de rede semelhantes e há grande interesse em dotá-los de capacidades de interfuncionamento. O SIG trabalha também de perto com o ATM Forum de modo a especificar o serviço SMDS sobre uma interface UNI (*User Network Interface*) ATM.

2.3 Fundamentos da Tecnologia ATM

2.3.1 Arquitectura ATM

O ATM é um modo de transferência orientado à ligação, que oferece uma capacidade de transferência flexível comum a todos os serviços, devido à sua independência relativamente ao tipo de tráfego transportado.

Cada célula, de 53 octetos, é composta por um cabeçalho de 5 octetos e por 48 octetos de informação. O cabeçalho de uma célula ATM transporta a informação que será usada pela rede para o correcto encaminhamento da célula. A razão de ser das células serem pequenas é para minimizar o tempo de empacotamento das mesmas e a variação do atraso de transmissão ao longo da rede, de modo a permitir o suporte de tráfego de voz e outros com características semelhantes, isto é, tráfego muito sensível a atrasos e variações de atraso.

A transferência de informação entre dois utilizadores é assíncrona no sentido em que a “recorrência” das células de um para o outro não é necessariamente periódica. No emissor a informação é armazenada em *buffers* até existir quantidade suficiente para preencher uma célula. Esta informação é depois introduzida numa célula e enviada pela rede. Como só são enviadas células se existir informação para transmitir, a largura de banda usada é minimizada. A capacidade não utilizada numa ligação pode então ser utilizada por outras fontes, havendo, deste modo, multiplexagem estatística.

O ATM permite:

- grande flexibilidade no acesso à rede em termos de classes de serviços;
- independência dos serviços;
- possibilidade de alocação dinâmica de largura de banda;
- possibilidade de fornecer ligações comutadas semi-permanentes e permanentes.

A tecnologia ATM apesar de ser orientada à ligação, permite serviços não orientados à ligação, através do uso de servidores deste tipo de serviço (*connectioless server*).

O ATM utiliza ligações virtuais para o transporte da informação, isto é, não existem canais dedicados a cada ligação. Múltiplos canais virtuais partilham a mesma linha, permitindo assim que vários serviços possam ser fornecidos utilizando canais virtuais diferentes, partilhando a mesma ligação.

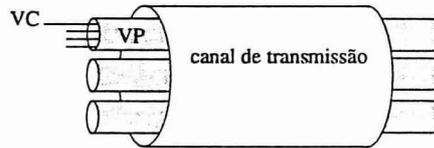


Figura 1: Representação dos VPs e VCs numa ligação ATM

Estas ligações virtuais que o ATM utiliza podem ser de dois tipos, Canais Virtuais (VC – *Virtual Channel*) ou Caminhos Virtuais (VP – *Virtual Path*) (Figura 1).

Os VCs e os VPs são identificados pelo VCI (Identificador de VC) e pelo VPI (Identificador de VP) respectivamente, que pertencem ao cabeçalho da célula. A utilização destes dois identificadores permite a uma célula ser encaminhada pela rede desde a origem até ao destino (Figura 2).

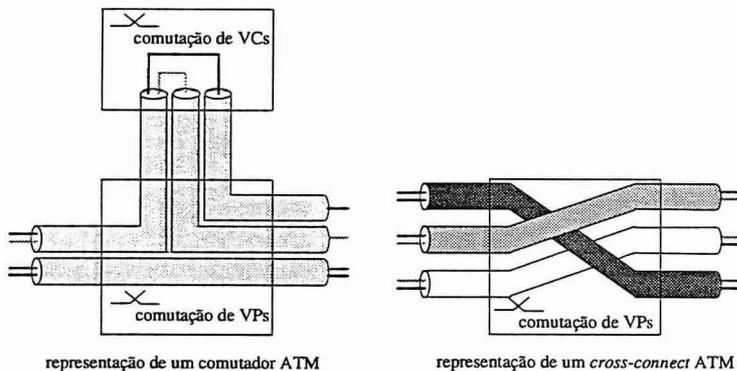


Figura 2: Comutação de VCs e VPs

Num nó de comutação o par VPI;VCI de cada célula será comparado com uma tabela de comutação (existente no comutador) e, de acordo com a informação dessa tabela, a célula é encaminhada para uma determinada porta desse comutador, num determinado VP;VC, podendo portanto haver lugar a uma translação de VPs e VCs no processo.

Durante períodos de inactividade serão enviadas células vazias. O ATM garante integridade da sequência das células, isto é, as células chegam ao destino pela ordem segundo a qual foram enviadas (*Cell Sequence Integrity*).

O tamanho da célula é constante ao longo de toda a rede, sendo no entanto o conteúdo do seu cabeçalho diferente dependendo do ponto da rede em que a célula se encontra (ver Figura 5 mais à frente).

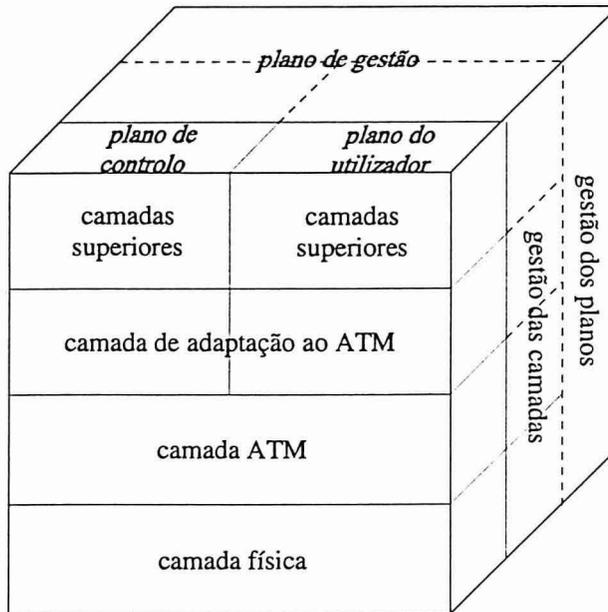


Figura 3: Modelo de Referência Protocolar do ATM/RDIS-BL

Como se pode ver na Figura 3, o ATM é uma tecnologia dividida em camadas e planos que permite vários tipos de serviços e conteúdos (voz, dados e imagem) sobre uma só rede. Foram definidas três camadas inferiores para implementar as características do ATM: Adaptação, ATM e Física. Estas três camadas correspondem às duas camadas inferiores do modelo OSI das sete camadas. No entanto não foi definido um mapeamento preciso e são então necessárias mais duas camadas adicionais para a sinalização até ao nível 3 da camada OSI.

No equipamento terminal, a informação do plano do utilizador é passada camadas protocolares superiores para o nível AAL (*ATM Adaptation Layer* – Camada de Adaptação ATM).

A camada de Adaptação assegura as características apropriadas para cada tipo de serviço e faz o empacotamento de todo o tipo de informação nos 48 octetos do campo de informação da célula ATM. Na camada AAL são executadas as funções específicas ao tipo de serviço em causa e a informação é segmentada, sendo depois passada à

camada ATM. No nível AAL também é introduzida informação relativa ao início, meio e fim da mensagem, *Checksums* e outras, formando os 48 octetos do campo de informação. A quantidade e tipo de informação adicional incluída nos 48 octetos do campo de informação depende do tipo de AAL usado. Diferentes tipos de AAL foram definidos para diferentes tipos de serviços, de modo a fornecerem diferentes tipos de funções para interagir com a camada ATM.

A camada AAL realiza o mapeamento necessário entre a camada ATM e a camada imediatamente superior. Esta função é realizada no equipamento terminal ou num adaptador terminal, isto é, é apenas realizada nas extremidades da rede ATM.

A AAL executa funções específicas ao serviço e a informação correspondente é transportada nos 48 octetos do campo de informação. A camada AAL está dividida em duas subcamadas, a de Convergência (CS – *Convergence Sublayer*) e a de Segmentação e Reagrupamento (SAR – *Segmentation And Reassembly*).

A camada ATM recebe da AAL a informação a ser enviada e acrescenta-lhe os 5 octetos que compõem o cabeçalho e que transportam a informação relativa ao encaminhamento das células (VPI e VCI). Após isto, a célula é enviada para a rede através da camada física.

A camada ATM é comum a todos os serviços, incluindo os de sinalização e OAM (*Operation And Maintenance*), excepto OAM dedicado à camada física. A comutação é feita nesta camada (ATM).

A camada física define as características eléctricas e as interfaces da rede. Esta camada é responsável pela transmissão dos bits pela rede. O ATM não está dependente do tipo de transporte físico.

A camada física é dividida em duas subcamadas, a de Convergência de Transmissão (TC – *Transmission Convergence*) e o Meio Físico (PM – *Physical Medium*). O ATM é independente do sistema de transmissão. As células podem ser transmitidas usando SDH, PDH ou outro sistema de transmissão.

Adicionalmente, o ATM inclui também 3 planos: Utilizador (informação relativa ao utilizador), Controlo (funções de sinalização) e Gestão.

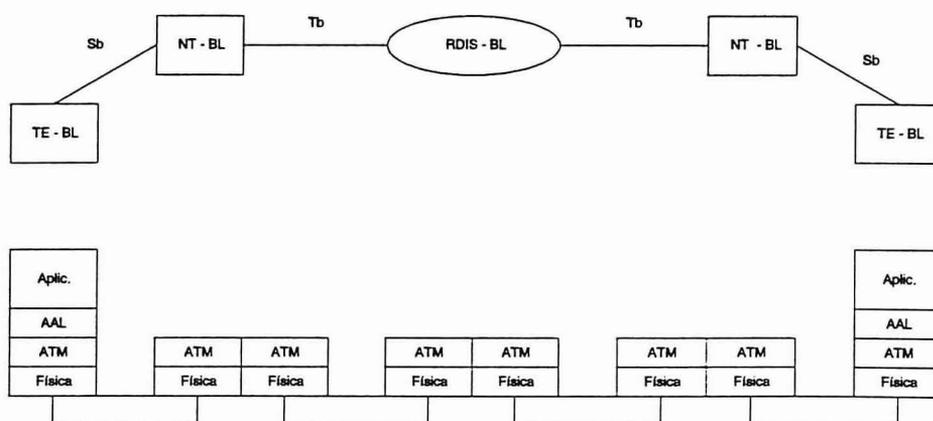


Figura 4: Camadas Processadas ao Longo de uma Rede de Banda Larga

A Figura 4 mostra a independência da rede em relação ao serviço transportado. Apenas a camada ATM é processada na rede. A camada AAL só é processada no equipamento terminal. Para funções de sinalização que usam o plano de controlo mais camadas têm de ser processadas na rede.

2.3.2 Camada Física

Tal como foi atrás referido, a camada física divide-se em duas subcamadas, a de Convergência de Transmissão e o Meio Físico. O Meio físico é responsável pela transmissão dos bits, incluindo a transferência, alinhamento, codificação de linha e, eventualmente, conversão electro-óptica. Na subcamada TC residem as funções necessárias à adaptação do fluxo de células vindas da camada ATM ao fluxo que pode realmente ser transmitido pelo meio físico. As funções da subcamada TC incluem:

- adaptação de taxa de transmissão (*Cell Rate*);
- geração e verificação do HEC (*Header Error Correction*);
- adaptação ao protocolo de transmissão (SDH, PDH, etc);
- geração e recuperação das tramas.

Para cada protocolo de transmissão utilizado existe uma capacidade de transferência máxima para a camada ATM. Se a camada ATM produzir uma taxa inferior à capacidade máxima, terão de ser introduzidas células do tipo *Idle* (vazias) para

preencher toda a largura de banda disponível. A isto chama-se adaptação de taxa de transmissão. A diferença entre a capacidade máxima de transmissão do protocolo (SDH, PDH, etc) e a transferência máxima para células ATM é usada para a transmissão de células OAM e para a estrutura das tramas que o sistema de transmissão usa.

Para permitir que erros no cabeçalho sejam detectados, este inclui um *Checksum*, chamado HEC, de um octeto. Isto permite a detecção e correcção de um erro no cabeçalho e a detecção de erros múltiplos. Se um erro múltiplo é detectado ou se vários cabeçalhos consecutivos apresentam um erro, as células em causa são descartadas para evitar erros de encaminhamento. Outra função da camada física é adaptar o fluxo de células à estrutura das tramas usada e, no lado do receptor, recuperar de novo o fluxo de células. Ao nível da UNI foram definidas duas camadas físicas diferentes pelo ITU-T: SDH e *Cell Based*.

2.3.3 Camada ATM

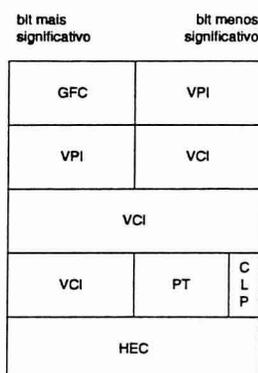
As ligações virtuais que o ATM usa podem ser de dois níveis: VP e VC.

Um VP é um caminho virtual formado por um conjunto de VCs. Cada célula, pertencente a uma ligação virtual, é identificada por dois valores, o VPI (indica qual o VP) e o VCI (indica qual o VC dentro desse VP).

Os nós de comutação, com base nestes valores, procedem ao encaminhamento das células. A comutação pode ser efectuada quer ao nível do Caminho (VP) quer ao nível do Canal (VC).

A camada ATM gera o cabeçalho todo, excepto o HEC. O ITU define duas estruturas diferentes para o cabeçalho, dependendo do ponto da rede onde a célula se encontre. Assim, temos a estrutura UNI que é usada quer ao nível dos pontos de referência T (utilizador-rede) quer ao nível dos pontos de referência S (nas instalações do utilizador), e a estrutura NNI (*Network to Network Interface*), usada entre os nós da rede (Figura 5).

Cabeçalho de uma célula UNI



Cabeçalho de uma célula NNI

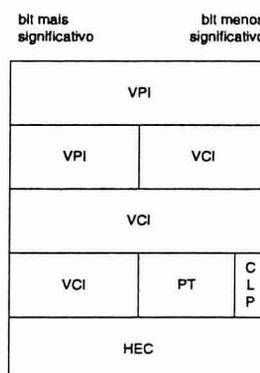


Figura 5: Estrutura do Cabeçalho numa Célula ATM numa UNI e numa NNI

Os campos do cabeçalho são:

- GFC – *Generic Flow Control* – é composto por 4 bits no primeiro octeto do cabeçalho da estrutura na UNI. É usado para controlar o fluxo de informação do terminal para a rede e é independente do meio físico.
- VPI/VCI – *Virtual Path/Virtual Channel Identifiers* – representam a informação de encaminhamento. O campo VCI tem 16 bits quer na UNI quer na NNI, enquanto que o VPI tem 8 bits na UNI e 12 na NNI. Alguns valores de VPI/VCI estão reservados para funções especiais.
- PT – *Payload Type* – tem 3 bits para indicar se a célula transporta dados do utilizador ou se é usada para gestão. A rede pode alterar este campo para indicar que esta célula sofreu congestionamento. Este campo pode também ser alterado pela AAL5 para indicar o fim de uma trama, retirando-lhe a independência das outras camadas.
- CLP – *Cell Loss Priority* – é composto por 1 bit. As células com este bit a “1”, estão sujeitas a serem descartadas antes das células cujo CLP é “0”. Este valor pode ser alterado pela rede, indicando que o utilizador não está a cumprir o seu contrato de parâmetros de tráfego negociado no estabelecimento da chamada.
- HEC – *Header Error Control* – este campo tem 8 bits. Permite a detecção de vários erros no cabeçalho e a detecção e correcção de um erro. Células com erros múltiplos no cabeçalho são descartadas, enquanto que as que têm apenas um erro, podem ser corrigidas ou descartadas.

Certos valores de VCI foram definidos para várias funções tais como OAM ou para VCIs de sinalização. Alguns valores do cabeçalho estão alocados à camada física, tais como as células “idle” e células para outras funções de OAM.

2.3.4 Camada de Adaptação ATM (AAL)

Esta camada é responsável pela adaptação da camada ATM aos vários níveis seguintes. Para que exista flexibilidade suficiente, foram definidas quatro AALs diferentes, cada qual destinada ao suporte de tipos de serviço diferentes. Dada a grande variedade de possíveis níveis superiores, há ainda a possibilidade de definir a parte superior da AAL para suportar um serviço específico.

Existem três parâmetros importantes no uso de cada protocolo AAL:

- relação temporal entre emissor e receptor;
- taxa de transmissão constante ou variável;
- orientado à ligação ou não orientado à ligação.

Baseado nestes três parâmetros foram definidos quatro tipos de classes de serviço AAL [Ref. 1].

	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
Relação Temporal entre origem e destino	Requerida		Não Requerida	
Taxa de Transmissão	Constante	Variável		
Tipo de ligação	Orientado à Ligação (CO)			Não Orientado à Ligação (CL)
Exemplo de serviços	Video CBR	Video e Audio VBR	Informação CO, Sinalização	Datagrama CL
Tipo de AAL usado	AAL 1	AAL 2	AAL 3 e AAL5	

Figura 6: Tabela das diferentes classes de serviços e tipos de AAL

A AAL suporta funções requeridas pelo utilizador, funções de controlo e de gestão e faz a adaptação entre a camada ATM e as superiores.

Os quatro tipos de AAL definidos são:

AAL 1

Suporta os serviços da classe A (emulação de circuitos - taxa de transmissão constante - tais como audio e vídeo). Esta AAL trata do tráfego em que existe uma forte relação

temporal entre a origem e o destino. Alguns exemplos são a codificação de voz por PCM, vídeo CBR (*Constant Bit Rate*) e a emulação de circuitos da rede pública.

AAL 2

Suporta serviços da classe B (taxa de transmissão variável). Esta AAL trata de tráfego com forte dependência temporal entre origem e destino, mas em que a taxa de transmissão não seja constante. A voz VBR (*Variable Bit Rate*) e o vídeo comprimido (p.ex. codificado com MPEG) são exemplos de serviços desta classe.

AAL 3/4

Suporta serviços da classe C, tais como serviços de sinalização e de dados orientados à ligação. Pode também suportar serviços não orientados à ligação. Esta é uma camada complexa que se destina a transportar tráfego com taxas de transmissão variável, em que possam existir picos e transferência seguidos de períodos de pausa, com ou sem pré-estabelecimento de ligação ATM. Dentro deste tipo de transferência encontramos as transferências de ficheiros de grandes dimensões (CO - *Connection Oriented*) ou tráfego inter-LAN (CL - *Connectionless*).

AAL 5

Suporta serviços da classe C e da classe D. Pode dizer-se que a AAL 5 é uma versão simplificada da AAL 3/4, especialmente vocacionada para as redes locais de alto débito. É destinada a serviços CO ou CL VBR.

A AAL mapeia as unidades de informação dos protocolos superiores (PDUs – *Packet Data Units*) no campo de informação das células ATM. A AAL é dividida em subcamadas distintas conforme ilustrado na Figura 7. Isto permite que diferentes serviços sejam eficientemente suportados apenas modificando a subcamada superior (SSCS), mantendo uma base comum [Ref. 1].

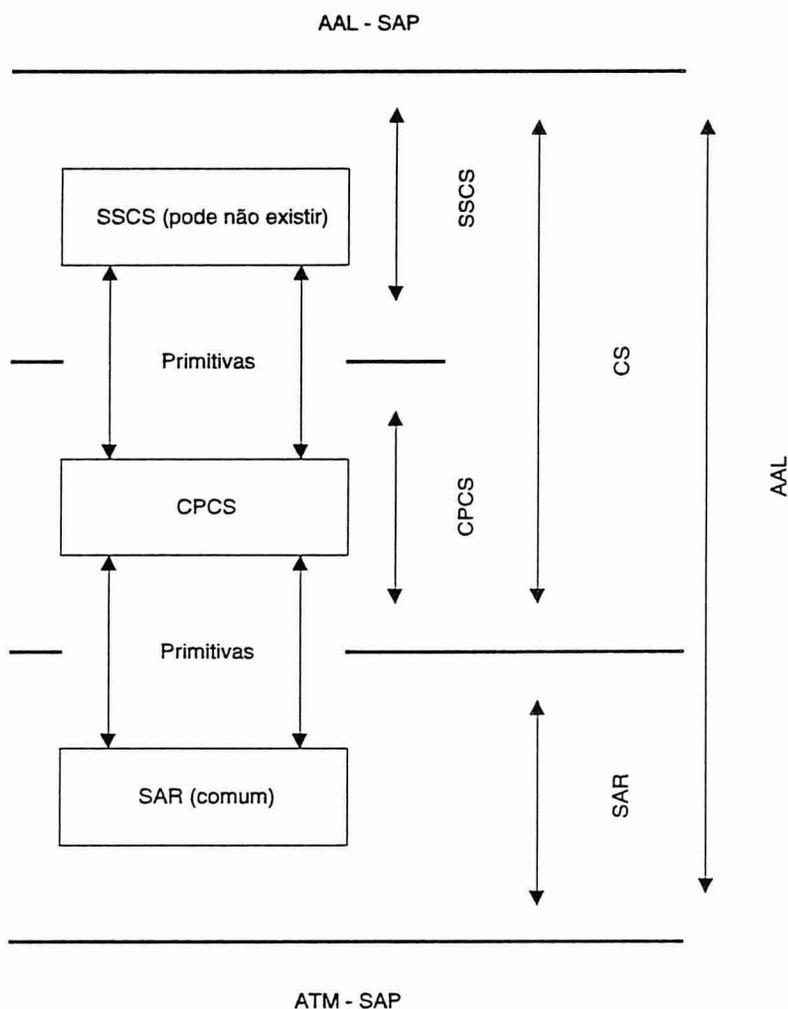


Figura 7: Subcamadas da AAL

A AAL está dividida em duas subcamadas lógicas: Convergência (CS) e Segmentação e Reagrupamento (SAR). A SAR segmenta a informação da subcamada imediatamente superior num tamanho apropriado para a sua introdução no campo de informação da célula, e no lado do receptor executa a função inversa, ou seja, retira a informação do campo de informação da célula ATM e reagrupa-a. A CS fornece o serviço AAL à camada superior no Ponto de Acesso ao Serviço AAL (AAL-SAP – *AAL Service Access Point*). A CS é responsável pelo processamento da Variação do Atraso da Célula (CDV - *Cell Delay Variation*), sincronização ponta-a-ponta e tratamento de células perdidas e mal colocadas.

A CS também está dividida em duas partes: a Subcamada de Convergência Específica ao Serviço (SSACS – *Service Specific Convergence Sublayer*) e a Parte Comum da

Subcamada de Convergência (CPCS – *Common Part Convergence Sublayer*). Tal como o nome sugere, a CPCS é comum a todos os serviços que usem a mesma AAL. A SSCS realiza o mapeamento da camada superior na CPCS e pode ser nula.

2.3.5 Gestão de Recursos

A RDIS-BL suporta uma grande variedade de serviços baseados em comutação de pacotes. Devido à natureza não previsível das flutuações de tráfego (ou possíveis condições de erro) pode ocorrer congestão. Define-se congestão como sendo a situação em que a rede não pode cumprir com os requisitos de desempenho da rede previamente negociados para as ligações em curso, ou quando a rede não pode satisfazer novos pedidos [Ref. 2]. Para proteger a rede e os seus utilizadores (em termos de QoS), com o objectivo de poder cumprir os objectivos de desempenho da rede, deve existir controlo de tráfego e congestão. Este controlo deve suportar um conjunto definido de classes de Qualidade de Serviço (QoS) para RDIS-BL. O controlo de tráfego é o conjunto de acções tomadas para evitar que ocorra congestionamento. O controlo de congestão é, por seu lado, o conjunto de acções a serem tomadas depois de detectada uma situação de congestionamento.

As funções genéricas que podem ser usadas são as seguintes:

Controlo de tráfego:

- Controlo de Admissão de Chamadas (CAC – *Connection Admission Control*)
- Gestão de Recursos de Rede (NRM – *Network Resource Management*)
- Controlo de Parâmetros do Utilizador (UPC – *Usage Parameter Control*)
- Controlo de Parâmetros da Rede (NPC – *Network Parameter Control*)
- Controlo de Prioridade
- *Traffic Shaping*
- Gestão Rápida de Recursos

Controlo de Congestão:

- Descarte Selectivo de Células
- Indicação Explícita de Congestão

A localização de algumas dessas funcionalidades na rede é mostrada na figura seguinte.

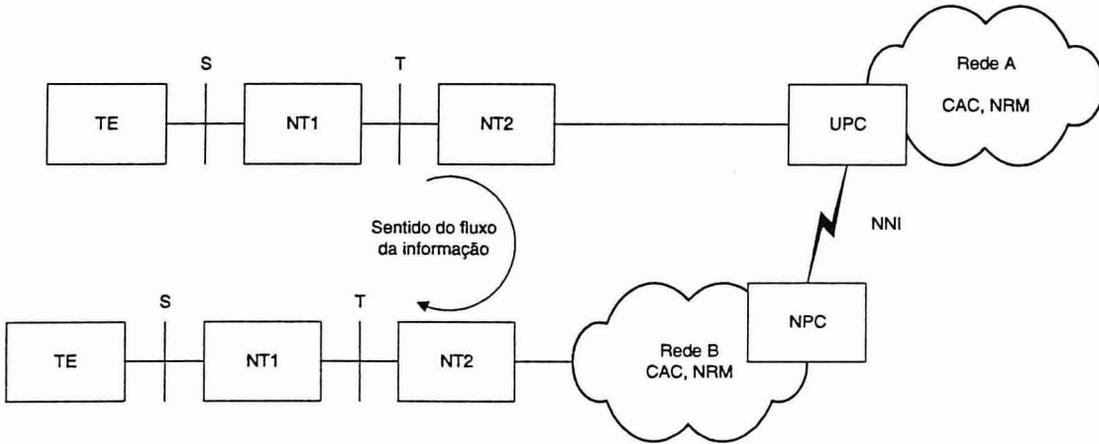


Figura 8: Localização das Funções de Controlo de Tráfego

Dois parâmetros importantes na definição da Qualidade de Serviço são a variação do atraso das células (CDV) e a percentagem de células perdidas. O atraso é mais nefasto para serviços em tempo real, enquanto que as células perdidas são mais nefastas em serviços de dados. Estes dois parâmetros estão relacionados com a dimensão dos *buffers* dos comutadores e com o tempo de serviço. O controlo de tráfego deverá atingir uma QoS aceitável e em simultâneo tirar o maior proveito dos recursos de rede disponíveis.

Antes de um equipamento terminal poder enviar informação, terá de negociar com a rede um contrato descrevendo as características do tráfego que poderá enviar. Este contrato deverá ter em conta as capacidades da rede de fornecer a largura de banda necessária e de suportar o serviço pretendido pelo utilizador. O utilizador declara as características do tráfego que pretende enviar e a classe de QoS que pretende, e a função CAC decide se estas condições são aceitáveis ou não, isto é, se a rede pode ou não satisfazer o pedido mantendo a QoS das chamadas existentes. Só em caso afirmativo, isto é, apenas quando a rede pode efectivamente cumprir o contrato é que a ligação é estabelecida, caso contrário o pedido é rejeitado. Em alguns tipos de serviços (ABR - *Available Bit Rate*, p. ex.) este processo pode ser mais complexo: quando a

rede não pode oferecer a QoS pedida propõe novos parâmetros que o utilizador decide se são ou não aceitáveis.

Uma vez aceite o pedido e a ligação estabelecida de acordo com o contrato previamente negociado, a rede tem de monitorar e controlar a ligação para prevenir eventuais violações dos parâmetros do contrato, bem como para proteger a rede de actos maliciosos ou comportamento imprevisível do tráfego da origem que poderão influenciar a QoS de outras ligações activas. Esta função é chamada Controlo de Parâmetros do Utilizador (UPC), também designada por Policiamento de Tráfego (*Traffic Policing*) e está localizada no ponto de acesso onde o tráfego entra na rede.

A versão 3.0 da especificação UNI do ATM Forum define parâmetros tais como a Taxa de Transmissão de Pico (PCR - *Peak Cell Rate*), a Taxa de Transmissão Sustentável (SCR - *Sustainable Cell Rate*) e a Tolerância a Picos da Taxa de Transmissão (*Burstiness*). Estes parâmetros são usados para descrever as características do tráfego de origem no Descritor do Tráfego de Origem (*Source Traffic Descriptor*). Um outro descritor, o Descritor do Tráfego da Ligação (*Connection Traffic Descriptor*) é usado para descrever as características da ligação ATM. Este último inclui o descritor do tráfego de origem, a tolerância à variação dos atrasos das células (CDV) e a definição de conformidade. Os procedimentos do CAC utilizam este último descritor para alocar recursos e calcular os parâmetros para o UPC. O Algoritmo Genérico de Taxa de Transmissão (*Generic Cell Rate Algorithm – Leaky Bucket Algorithm*) é especificado como sendo o método de verificação de conformidade com o CDV e a Tolerância de *Burst* no Descritor do Tráfego de Origem.

2.4 Endereçamento

A capacidade de integração de serviços de dados, voz e vídeo na mesma rede, trás consigo problemas de interfuncionamento com as redes tradicionais. O ITU definiu um esquema de numeração hierárquico para a RDIS. Com a integração de serviços a que estamos a assistir, este esquema de endereçamento tem de interfuncionar com os esquemas de endereçamento já existentes no mundo das comunicações de dados, tais como IP e os endereços MAC (*Medium Access Control*) usados nas LANs IEEE 802.

A recomendação E.164 do ITU é o esquema de numeração hierárquica para a rede RDIS. Cada número deste esquema identifica uma e uma só interface para a rede pública, podendo no entanto, uma interface ser identificada por vários números distintos. Estes números podem atingir comprimentos até 15 dígitos. Nas redes de dados, por outro lado, o esquema de endereçamento (MAC) usado não é hierárquico, mas sim horizontal. Estes endereços MAC não possuem qualquer tipo de informação relativa à localização de determinada interface.

O ATM Forum diferencia o endereçamento entre redes privadas e públicas. O endereço da rede privada ATM identifica um terminador ATM. O formato deste endereço segue o formato do Ponto de Acesso ao Serviço (NSAP – *Network Service Access Point*) do modelo OSI. Estes endereços podem ser E.164 ou IEEE MAC.

O protocolo de sinalização permite definir endereços e subendereços. O ATM Forum recomenda que os endereços sejam utilizados para descrever os pontos de ligação à rede, e que os subendereços sejam utilizados para identificar uma determinada estação final numa rede privada. Para permitir que nas redes tradicionais se utilize tecnologia ATM, existe um mapeamento entre endereços IP e endereços MAC para o formato de endereçamento utilizado pela rede.

Um endereço ATM privado define um único equipamento terminal ATM. As redes públicas utilizam a estrutura de endereços especificadas na recomendação E.164 do ITU-T ou a estrutura de endereços da rede privada ATM. Um endereço E.164 identifica uma única interface de uma rede pública.

Um terminador ATM, segundo o ATM Forum, é definido por um endereço NSAP ou por um endereço público UNI E.164 [Ref. 6].

Um endereço NSAP é composto por 20 octetos cujas funções se apresentam de seguida:

- 13 octetos de prefixo da rede – o prefixo corresponde ao prefixo do SCP (*Switch Control Processor*) ao qual o terminal estará ligado;
- 7 octetos identificadores do utilizador:
 - 6 octetos correspondentes ao ESI (*End System Identifier*) – O ESI é um endereço IEEE MAC único da interface;
 - 1 octeto selector – este octeto indica a interface lógica em questão, uma vez que na mesma interface física (ESI) podem coexistir diversas interfaces lógicas.

2.5 RFC 1483 - MPOA – Multiprotocol Over ATM (AAL5)

O RFC 1483 do IETF define como transportar sobre ATM (AAL5) alguns dos protocolos mais utilizados hoje em dia nas redes tradicionais. Este RFC foi o primeiro esforço para possibilitar o uso dos protocolos e aplicações existentes sobre as novas (na altura) redes ATM. Neste RFC são definidos dois métodos para realizar essas funções:

- Encapsulamento de protocolo;
- Multiplexagem de VC.

No primeiro destes métodos podem multiplexar-se vários protocolos dentro de um mesmo VCC. No caso de multiplexagem de VC é usado um VCC distinto para cada protocolo que se pretenda transportar. Em ambos os métodos é definido o formato do CPCS e do PDU da AAL5. Por ter sido a primeira tentativa de mapeamento de outros protocolos sobre o ATM e por ter sido desenvolvido numa fase em que a tecnologia ATM dava os seus primeiros passos, este RFC especifica apenas o uso de PVCs, não permitindo portanto o uso de SVCs, de uso muito mais prático.

Esta norma permite que se liguem duas estações ponto-a-ponto e que, sobre um PVC, se transportem os protocolos das redes tradicionais. Em casos mais complexos, pode pensar-se em ligações envolvendo um maior número de estações, em que todas estão ligadas a todas, em malha completa.

2.6 IP Clássico sobre ATM

2.6.1 Introdução

Durante os últimos anos, as discussões do Grupo IP do IETF sobre ATM produziram um conjunto de propostas. O objectivo da especificação IP sobre ATM é permitir a transmissão de datagramas IP e o processamento das chamadas e respostas do protocolo de resolução de endereços ATM (ATM ARP - *Address Resolution Protocol*) sobre a camada AAL5 [Ref. 4, Ref. 5].

O termo “clássico” indica que a rede tem as mesmas características que as actuais redes (redes tradicionais). Apesar de permitir a interligação de grandes redes, em redes locais o ATM é utilizado apenas como substituto da tecnologia LAN actual. O modelo clássico de redes através de *routers* IP é mantido nas redes ATM. A norma do IP clássico sobre ATM é definida no RFC-1577 do IETF.

O IP clássico sobre ATM é diferente do IP nas redes tradicionais pois usa ligações virtuais permanentes (PVC) ou comutadas (SVC) entre os diversos equipamentos. A especificação UNI do ATM Forum, através do protocolo Q.2931 define a gestão dos SVCs. Trata-se de um protocolo (Q.2931) de sinalização de banda larga destinado a estabelecer ligações dinâmicas na interface UNI. A sinalização é processada no VPI:0, VCI:5. As ligações Q.2931 são bidireccionais e usam o mesmo par VPI/VCI para transmitir e receber.

Após uma ligação em IP clássico ser estabelecida, os datagramas IP são encapsulados e segmentados em células ATM, usando a AAL5. Presentemente o *broadcast* e o *multicast* de pacotes IP ainda não é suportado em ATM.

2.6.2 Logical IP Subnets

O conceito de *Logical IP Subnets* (LIS) é muito importante em redes ATM com IP Clássico. Uma LIS é composta por um grupo de terminais configurados como membros da mesma subrede IP. Neste sentido, uma LIS pode ser equiparada a uma rede tradicional. Sobre a mesma rede física ATM é possível manter diversas LIS. Deste modo, numa rede ATM, colocar um terminal numa determinada subrede é uma

opção lógica e não física. Neste tipo de configuração a comunicação entre membros de diferentes LIS só é permitida através de *routers* IP que sejam membros de ambas as LIS (RFC-1577). O número de LIS e a divisão dos terminais por cada LIS é um aspecto determinado por razões puramente administrativas.

2.6.3 Servidor ARP

Antes de um terminal poder estabelecer uma ligação IP Clássico com outro, necessita saber o endereço NSAP do outro. O procedimento de resolução de endereços IP em endereços NSAP chama-se ATM ARP. Ao contrário das redes tradicionais, em que é possível fazer o *broadcast* de pedidos ARP, nas redes ATM torna-se necessário haver uma comunicação prévia entre o terminal e um servidor ARP. Cada LIS tem que ter definido um servidor ARP podendo este ser utilizado por diversas LIS. Cada terminal deve incluir na sua configuração o endereço NSAP do servidor ARP da LIS a que pertence. Não é possível usar vários servidores ARP para melhorar a robustez, uma vez que é permitido apenas um servidor ARP em cada LIS e que o endereço desse servidor é configurado manualmente no cliente. Se por qualquer motivo um servidor ARP deixar de funcionar, é necessário configurar manualmente em cada cliente da LIS o endereço de outro servidor ARP.

2.6.4 Funcionamento do IP Clássico

Depois de um cliente saber o seu próprio endereço NSAP e o endereço do servidor ARP, estabelecerá uma ligação com este enviando pedidos e recebendo as respectivas respostas ARP. Depois da ligação com o servidor ARP estar estabelecida, de modo a descobrir o endereço IP do cliente, o servidor envia um pedido de ARP inverso (InARP – *Inverse ARP*) no recém criado VC. Depois do cliente responder ao pedido InARP, indicando o seu endereço IP, o servidor adiciona os dados (endereço ATM e IP associado) desse cliente ao mapa residente na sua *cache*. Assim, com o decorrer do tempo, o servidor regista todos os endereços ATM e IP dos clientes de uma determinada LIS.

Quando um terminal pretende comunicar pela primeira vez com outro dentro da mesma LIS, envia um pedido ARP ao respectivo servidor indicando o endereço IP que pretende resolver. Depois de receber a resposta ARP do servidor, o terminal cria uma nova linha na sua tabela de conversão (entre endereços IP e endereços NSAP) local

com os dados respectivos ao terminal que pretende contactar. Para garantir que os dados estão sempre actualizados, cada terminal deve validar os seus dados locais após um determinado período de tempo (15 minutos para os terminais e 20 minutos para o servidor).

Um terminal valida os seus SVCs através do envio de pedidos ARP ao respectivo servidor. Os PVCs dos terminais e os SVCs do servidor ARP são validados através do envio de pedidos InARP nos respectivos VCs. Se uma resposta a um pedido ARP não for recebida, a respectiva linha (entrada) do mapa de conversões IP – ATM é marcada como inválida. Após uma entrada ser marcada como inválida, é feita uma tentativa para a revalidar antes da transmissão. A transmissão só é efectuada após uma correcta validação. Se um VC associado a uma entrada inválida é fechado, então a entrada é eliminada.

2.7 Emulação de LAN sobre ATM

2.7.1 Introdução

Os sistemas ATM começam a estar cada vez mais acessíveis e as companhias e engenheiros de sistemas procuram melhorar as suas redes de comunicação com vista a atingir uma solução final usando apenas tecnologia ATM. Procuram, no entanto, não enveredar por soluções muito dispendiosas, isto é, procuram fazer uma migração progressiva das actuais redes para as futuras redes de banda larga [Ref. 3].

Os fabricantes podem desenvolver soluções particulares para estes problemas de comunicação, no entanto, os utilizadores preferem adquirir uma solução que lhes garanta flexibilidade, compatibilidade e estabilidade a longo prazo. O *LAN Emulation User Network Interface* (LUNI) é uma interface de interfuncionamento entre redes ATM e as redes existentes muito importante. Os protocolos LUNI permitem que sistemas ATM e sistemas de conversão de LAN/ATM controlem as ligações virtuais de transmissão e permitem ainda a emulação da natureza das LANs (não orientadas à ligação). A este processo deu-se o nome de *LAN Emulation* ou LANE.

Para além de muitos outros aspectos, o ATM Forum definiu o *LAN Emulation* que especifica mecanismos para permitir uma coexistência entre as novas redes ATM e as redes já existentes. Deste modo consegue-se uma migração sustentada para o ATM. Permite ainda ao ATM utilizar qualquer outro protocolo normalizado de transferência de informação.

De seguida definir-se-á a *LAN Emulation* e os seus principais componentes. Será descrita a primeira versão da *LAN Emulation* e o comportamento do cliente.

Serão descritas as sequências que permitem a um cliente LANE (*LAN Emulation*) registar-se numa LANE, estabelecer ligações com servidores e outros clientes e resolver endereços de outras redes para endereços ATM de modo a se procederem transferências de informação nas redes ATM.

Os benefícios de usar LANs virtuais sobre LANE serão mencionados, bem como as suas implicações em termos de desempenho da LANE.

2.7.2 Motivações para o uso de LAN Emulation nas redes ATM

As características do ATM (grandes velocidades, multi-serviços, suporte de redes virtuais e escalabilidade) fazem dele uma alternativa apetecida para quem procura hoje em dia melhorar a sua rede de dados. No entanto, o uso disseminado de redes Ethernet e Token Ring e respectivo equipamento, dos protocolos actuais e respectivas aplicações (*software*), obrigam a um cuidado redobrado nesta migração. O capital investido nas actuais redes não pode ser desprezado e portanto qualquer solução de futura terá de passar, em primeiro lugar, pela integração das actuais tecnologias e protocolos de transporte.

Uma vez que o ATM é uma tecnologia orientada para a ligação (uso de VCCs entre estações) e os protocolos das redes actuais (IP, IPX, NetBEUI, etc.) não o são, uma vez que se baseiam em endereçamento global, torna-se necessário adaptar os protocolos de rede existentes ao ATM.

2.7.3 Visão Conceptual do LAN Emulation

O LAN Emulation (ou LANE) faz a adaptação entre as camadas protocolares mais elevadas, não orientadas à ligação, e as camadas ATM, inferiores, orientadas à ligação. A Figura 9 mostra uma visão conceptual do LANE entre um hospedeiro Ethernet (ou Token Ring) e um hospedeiro ATM.

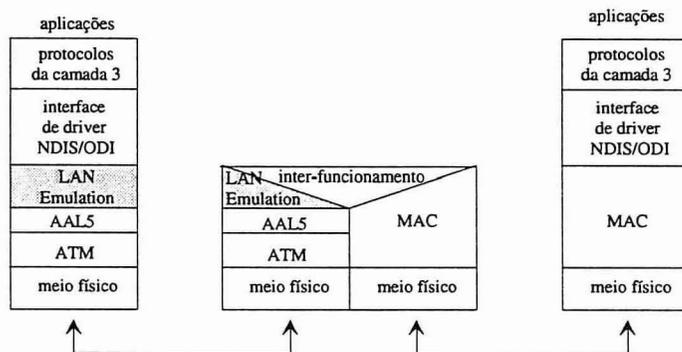


Figura 9: Visão Conceptual da Emulação de LAN

Como foi dito anteriormente, a camada ATM gere o cabeçalho das células ATM. Esta camada recebe a informação das camadas superiores, adiciona-lhes o cabeçalho e

passa a célula à camada física para subsequente transmissão. Em sentido inverso, a camada física envia as células que recebe à camada ATM, que por sua vez retira o cabeçalho e entrega a informação às camadas superiores. Deste modo, a camada ATM não tem qualquer conhecimento da informação que transporta, sabendo apenas a Qualidade de Serviço (QoS) que foi negociada no processo de estabelecimento de chamada.

A camada de Adaptação ATM (AAL) que está posicionada imediatamente acima da camada ATM na pilha protocolar, formata a informação e compõe os 48 octetos do campo de informação da célula. Este processo é chamado de segmentação. No destino, a informação é reconstituída e enviada às camadas superiores, chamando-se este processo Reagrupamento. Como o ATM pode transmitir diferentes tipos de tráfego, existem diferentes tipos de AALs com diferentes QoS. O LANE usa a AAL5.

O LANE situa-se imediatamente acima da camada AAL na pilha protocolar. O LANE isola as funções de configuração da ligação requeridas pela rede ATM das camadas protocolares superiores, tornando-as completamente independentes dos protocolos superiores, serviços e aplicações. Reciprocamente o LANE faz o mapeamento dos protocolos superiores, baseados em endereçamentos MAC, em ligações virtuais ATM, de modo a que os protocolos superiores operem como se estivessem a comunicar com uma LAN não orientada à ligação.

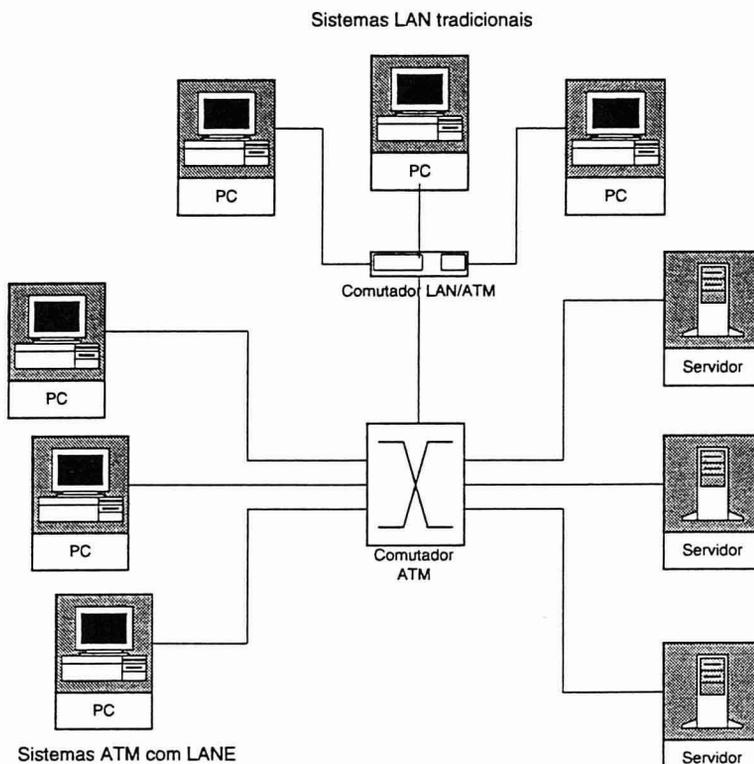


Figura 10: Exemplo ilustrativo da migração das LANs Tradicionais para Emulação de LAN

A Figura 10 ilustra um exemplo de uma rede ATM baseada num comutador central, à qual pertencem diversos equipamento terminais e servidores. Pode observar-se a coexistência de terminais (equipados com interfaces ATM) ligados directamente ao comutador ATM e outros (tradicionais) ligados a este através de um comutador LAN/ATM. Todos estes terminais podem fazer parte duma mesma LANE ou podem ser agrupados de diversas formas de modo a pertencerem a LANEs distintas. Não existem diferenças em termos de acesso e utilização de aplicações e recursos de rede entre os diversos terminais, excepto a largura de banda acessível na ligação à rede.

2.7.4 Implementação do LANE

A especificação LANE é baseada num modelo cliente/servidor. Uma LAN emulada consiste num Serviço de LANE e múltiplos LECs (*LAN Emulation Clients*) a comunicar através da LUNI (Figura 11). Um LEC é uma combinação de *software* e *hardware* embebidos em dispositivos de rede que fazem tratamento de dados, resolução de endereços e outras funções de controlo. Um componente de rede pode suportar várias LANEs simultaneamente na mesma rede física. Por exemplo, um

router com capacidades ATM que gere o tráfego entre duas LANs emuladas ou virtuais, deve suportar duas instâncias de LEC, um pertencente a cada LAN.

O Serviço de LANE consiste num Servidor de LANE (LES – *LAN Emulation Server*), um *Broadcast and Unknown Server* (BUS) e um *LAN Emulation Configuration Server* (LECS). A norma LANE não especifica onde devem ser implementadas as componentes do serviço nos dispositivos de rede. Por exemplo, estas podem ser implementadas em dispositivos isolados dedicados, em terminais de *software* ou em módulos de comutadores ATM. A Figura 11 usa uma nuvem para representar o Serviço de LANE, significando a existência de várias possíveis opções de implementação das componentes do serviço LANE.

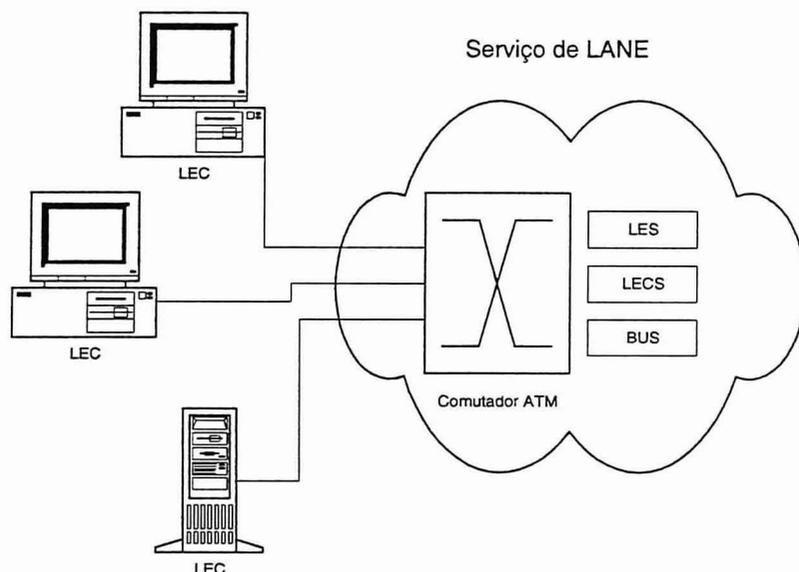


Figura 11: Componentes do LANE e sua relação

Enquanto que as LANs tradicionais fazem uso de *broadcast* multiponto-multiponto, o ATM suporta apenas ligações ponto-a-ponto (*unicast*) ou ponto-multiponto (*broadcast* ou *multicast*). O LES e o BUS cooperam de modo a transmitir o tráfego *unicast* e *multicast* a todos os equipamentos terminais pertencentes à LANE, do seguinte modo:

- O LES faz a resolução de endereços e trata a informação de controlo. A sua função principal é registrar e converter os endereços MAC para endereços ATM.

- O BUS tem como função transportar e enviar os dados *broadcast*, tais como resolução de endereços *broadcast* TCP/IP (*Transmission Control Protocol/IP*) ou mensagens NOVELL do tipo *Service Advertising Protocol* (SAP). O BUS tem ainda que fazer o *broadcast* das mensagens *unicast* enviadas pelos LECs, enquanto, paralelamente, o LES fornece os endereços ATM para estabelecimento de VCCs directos.

Tipicamente, o LES e o BUS estão localizados no mesmo dispositivo, embora esta situação não seja imposta pela especificação do LANE versão 1.0.

O LECS é responsável pela alocação dinâmica dos diferentes LECs a LANEs distintas. Fornece o endereço do LES a cada cliente e gere uma base de dados das associações resultantes. Pode atribuir um LEC a uma LANE baseando-se na sua localização física, conforme o especificado pelo endereço ATM do LEC, ou por associação lógica. Um único LECS pode gerir a informação de configuração de uma grande rede ATM, uma vez que as suas responsabilidades se limitam à configuração inicial.

Um LEC comunica com o Serviço de LANE através de dois tipos de VCC distintos:

- um tipo que transporta as mensagens de administração e controlo, tais como o pedido inicial de configuração e pedido de endereços de outros LECs
- outro tipo de VCC transporta os dados propriamente ditos, ou seja, todas as outras comunicações do LEC. Em particular, este tipo de VCC liga os clientes entre si para transmissão directa de dados e liga ainda os clientes ao BUS para a transmissão de dados do tipo *multicast* ou *broadcast*.

Estes VCCs podem operar dinamicamente sobre Circuitos Virtuais Comutados (SVC – *Switched Virtual Channels*), Circuitos Virtuais Permanentes (PVC – *Permanent Virtual Channels*) ou um misto dos dois.

2.7.5 Entrada de um LEC na LANE

Para ilustrar como os diferentes componentes da LUNI cooperam para implementar o LANE, esta secção destina-se a descrever o processo desde que um LEC é criado até trocar informação com outros LECs.

O primeiro passo a dar pelo LEC é comunicar com o LECS de modo a se poder registar e indicar que pretende entrar numa LANE.

2.7.5.1 Comunicação com o LECS

Quando um LEC é criado, precisa obter informação de configuração do LECS de modo a entrar numa LANE. A norma LANE 1.0 indica várias opções para que o LECS seja localizado:

- Usar um *well-known address*, ou seja, um endereço pré-definido que todos os dispositivos conhecem. Teoricamente esta é uma solução elegante e fácil de implementar mas, o *well-known address* e suas características foram definidas em antecipação ao futuro das especificações da sinalização ATM e portanto não é uma solução inter-operativa, pelo menos por enquanto. Este assunto será alvo de referência na próxima versão do LANE.
- O LEC pode enviar mensagens do tipo *Interim Local Management Interface* (ILMI) para o comutador ATM a que está ligado. Esta alternativa requer que o gestor da rede configure o endereço do LECS em todos os comutadores da rede ATM. Neste caso, quando o LEC é iniciado, envia mensagens ILMI através da UNI, requerendo informação do endereço do LECS; o comutador ATM ao qual se encontra ligado, responde-lhe enviando a informação pedida. Neste momento o LEC está em condições de entrar em contacto com o LECS. Actualmente este é o método mais conveniente para um LEC descobrir o LECS, pois é necessária apenas a configuração dos comutadores ATM.
- O LEC teria a possibilidade de usar um VCC directo até ao LECS. Esta alternativa requer pré-configuração de VCCs desde o LEC até ao LECS

para cada LEC. Como se pode concluir, trata-se de uma solução que usa muitos VCCs, a maioria dos quais com muito pouco uso durante o tempo todo.

- O LECS pode não ser usado, configurando o endereço ATM do LES no próprio LEC.

Uma vez conhecido e localizado o LECS, o LEC estabelece uma ligação com o LECS e envia-lhe informação útil, tal como o seu endereço ATM, o seu endereço MAC, o tipo de LAN e o comprimento máximo de trama. O LECS responde-lhe com informação relativa ao tipo efectivo de LAN de que irá fazer parte, o comprimento máximo de trama efectivo e com o endereço do LES. A Figura 12 mostra essa interacção. Ao indicar explicitamente qual o LES a que o LEC de deve ligar, está a associá-lo a uma determinada LANE.

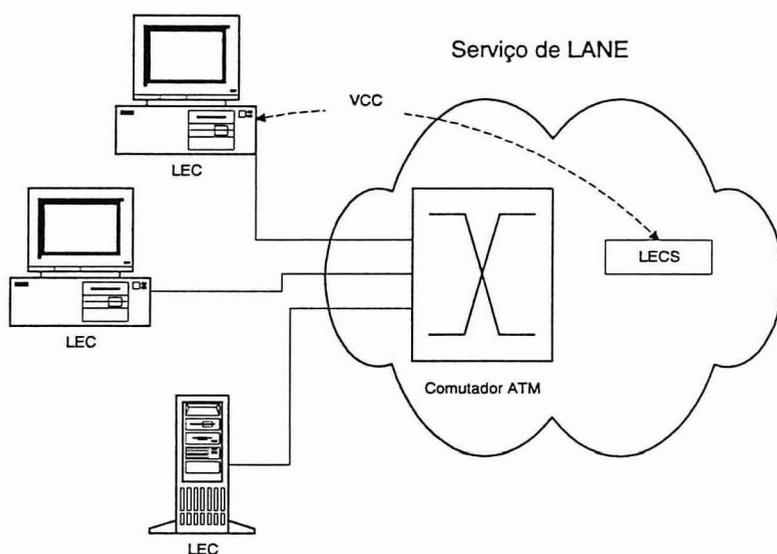


Figura 12: Configuração de um LEC através do LECS

A especificação LANE actual não define como é que os dispositivos com múltiplos endereços ATM, tais como comutadores LAN organizam os seus endereços. De modo análogo, também, não é especificado o modo como o LECS gere a sua base de dados. Estas especificações foram deixadas em aberto para o gestor de rede e para a implementação particular do LANE de cada fabricante.

2.7.5.2 Integração numa LANE

Depois do LEC saber o endereço ATM do LES, estabelece uma ligação com este. Ao receber a mensagem de estabelecimento de ligação, o LES toma conhecimento do endereço do LEC. Após isto, o LES responde, adicionando um LEC (Figura 13) como sendo um ramo num nó numa ligação árvore ponto-multiponto (o LES poderia adicionar VCCs directos com todos os clientes, mas neste caso teria de duplicar e transmitir a mesma informação para N pontos, sendo N o número de LECs).

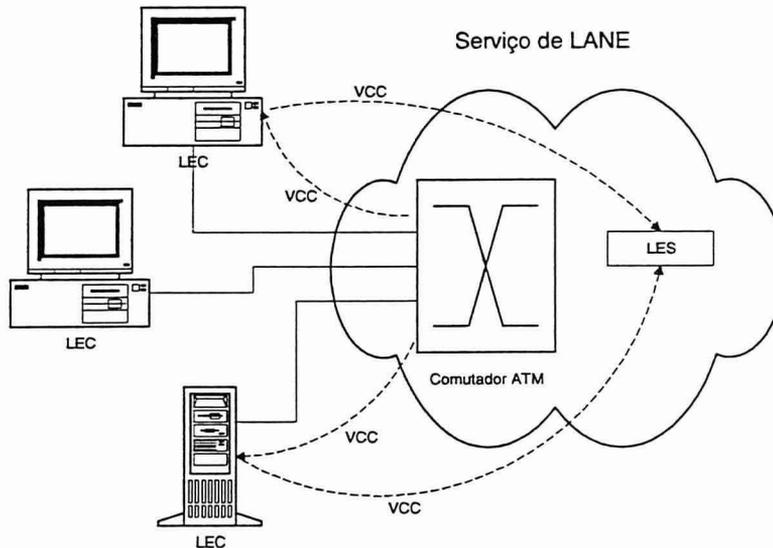


Figura 13: Entrada numa LAN Emulada

O LEC regista o seu endereço MAC e o endereço ATM associado no LES e este atribui-lhe um identificador (LEC ID). A esta altura o LEC já é capaz de converter endereços MAC para endereços ATM, bastando consultar o LES. O primeiro endereço ATM que o LEC precisa conhecer é o endereço do BUS. Para isso o LEC envia ao LES uma mensagem requerendo o endereço ATM correspondente ao endereço MAC de *broadcast* (tudo "1s"). O formato deste pedido é semelhante ao formato de qualquer mensagem de *LAN Emulation Resolution Address Protocol* (LE ARP). O LES responde com o endereço ATM do BUS. A forma como o LES toma conhecimento do endereço do BUS não é especificado na norma, mas quando estão (LES e BUS) coexistentes no mesmo dispositivo, isso deixa de ser um problema. Depois do LEC saber o endereço ATM do BUS, estabelece um VCC directo com este.

Por seu lado, o BUS regista o endereço ATM do LEC. Tal como o LES, o BUS adiciona o LEC como um ramo num nó de uma árvore ponto-multiponto.

As responsabilidades do BUS, tal como o nome indica, são fazer o encaminhamento das mensagens *broadcast/multicast* e *unicast*. O LEC usa o BUS para enviar mensagens *unicast* para outro cliente, enquanto o LES dá indicações para que se estabeleça um VCC directo entre os dois clientes.

2.7.6 Gestão dos Broadcasts ATM

Quando um LEC recebe uma trama MAC para transmitir, o primeiro bit dessa trama indica se o pacote é *unicast* ou *broadcast/multicast*:

- se for “1”, indica que se trata de *broadcast/multicast*
- se for “0”, indica tratar-se de uma mensagem *unicast*

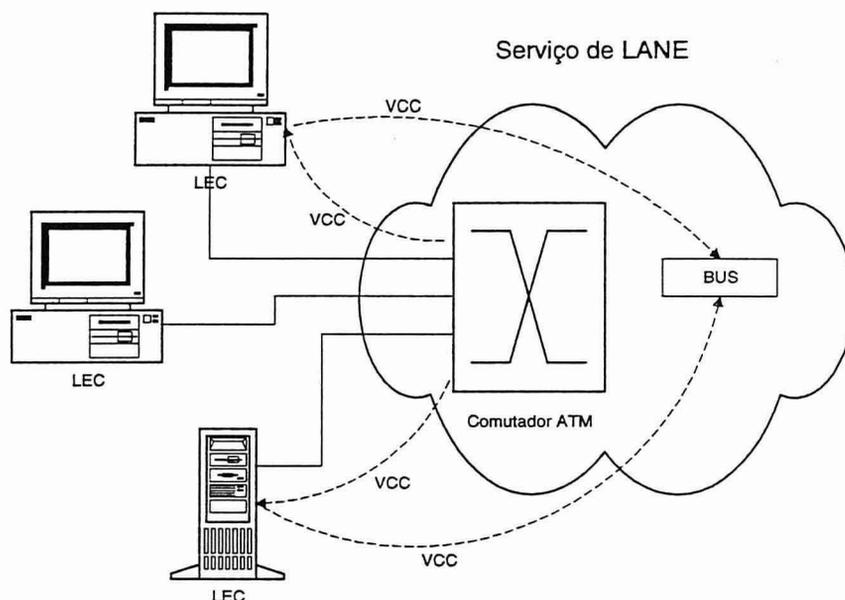


Figura 14: Gestão de Mensagens de Broadcast e Multicast pelo BUS

A Figura 14 ilustra a interação de um *Broadcast* ATM. O LEC passa as mensagens *broadcast/multicast* ao BUS através do VCC directo estabelecido previamente. O BUS, de imediato, envia a mensagem a todos os pontos da sua árvore ponto-multiponto, ou seja, a todos os LECs da LANE. Se, por acaso, o BUS receber simultaneamente duas mensagens de *broadcast/multicast*, guarda uma delas na sua

memória enquanto envia a outra; enviando a segunda logo de seguida. Deste modo previne-se entrelaçamento de células de duas fontes (LECs) distintas.

A informação protocolar no cabeçalho de cada trama, identifica o LEC que originou o *broadcast/multicast* para o BUS. A informação contida nesse cabeçalho não é mais do que o Identificador de LEC (LEC ID) que foi referido anteriormente. O mecanismo do BUS foi elaborado para tratar pouca quantidade de tráfego *broadcast/multicast*, tal como resolução de endereços de *broadcast* IP e mensagens SAP (da Novell p. ex.). Portanto, quando submetido a grandes cargas é um tanto ineficiente. Se apenas um subconjunto de LECs deve receber determinada mensagem via *broadcast/multicast*, o BUS envia-a para todos, devendo os LECs (mediante comparação com o LEC ID) verificar se é para si ou não. Ora, mesmo as redes ATM, de grande capacidade, ficam congestionadas quando se desperdiça largura de banda desta forma. A versão 2.0 do LANE providenciará formas de tratamento de grandes quantidades de tráfego *broadcast/multicast*, tal como *video-on-demand*, por exemplo.

2.7.7 VCCs Directos entre LECs e Tramas *Unicast*

Quando um LEC tem de enviar uma trama *unicast*, primeiro verifica se nas suas tabelas tem o endereço ATM associado ao endereço MAC para onde deve transmitir a trama. Se não o tem, não pode estabelecer um VCC directo logo de imediato e tem então três alternativas:

- ignorar a trama, mas iniciar o processo de conversão do endereço MAC para endereço ATM
- guardar a trama até descobrir o endereço ATM do destino, criar um VCC directo e só depois transmitir a trama
- enviar a trama para o BUS, enquanto descobre o endereço ATM do destino e cria um VCC directo. Depois disto feito, qualquer trama posterior será enviada por este VCC (Figura 15)

Para descobrir o endereço MAC do destino, o LEC envia o respectivo pedido ao LES (LE ARP) (Figura 16). A mensagem LE ARP inclui informação relativa ao endereço ATM do LEC que faz o pedido e o endereço MAC do destino. Na maioria das implementações actuais do LANE, o LES limita-se a reenviar este pedido a todos os

LECs (Figura 17). O cliente a quem se destina a mensagem, reconhecendo o seu endereço MAC, responde ao LES com outra mensagem LE ARP contendo o seu endereço ATM e o endereço ATM do LEC que fez o pedido inicial (Figura 18). O LES reenvia também estas mensagem a todos os LECs, por *Broadcast* (Figura 19), quando esta chega ao primeiro LEC, o circulo fecha-se. Nesta altura, o LEC que tem a informação para enviar, pode estabelecer um VCC directo com o LEC de destino e iniciar a transferência de informação (Figura 20).

Cada LEC cria e gere a sua própria tabela de endereços MAC, endereços ATM e VCCs. Quando algum endereço MAC está inactivo por muito tempo, o LEC retira-o da sua tabela. Por outro lado, se tiver na sua tabela um VCC directo que não esteja associado a nenhum MAC, pode também desactivar esse VCC.

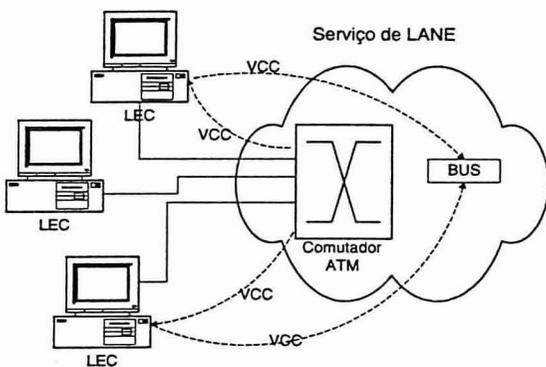


Figura 15: Broadcast de tramas Unicast

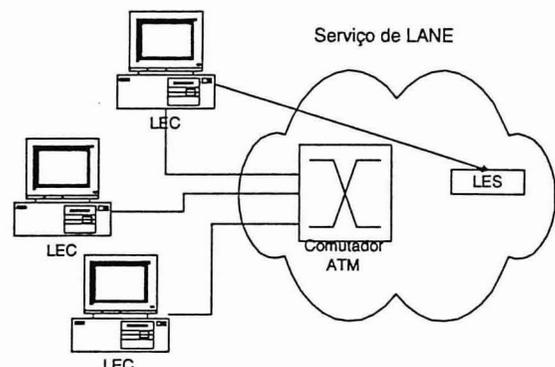


Figura 16: Pedidos simultâneos LE ARP ao LES

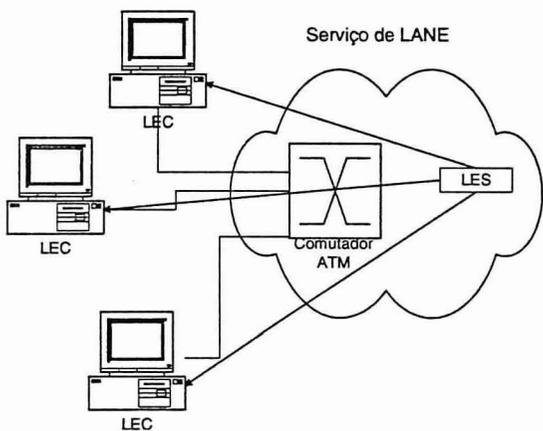


Figura 17: Broadcast LE ARP do LES a todos os LECs

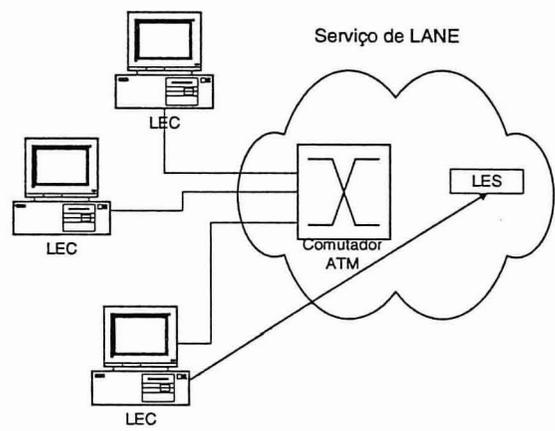


Figura 18: Resposta LE ARP com endereço Origem e Destino

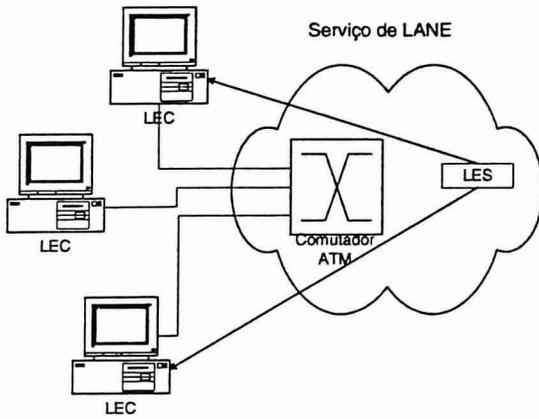


Figura 19: Broadcast da resposta LE ARP pelo LES

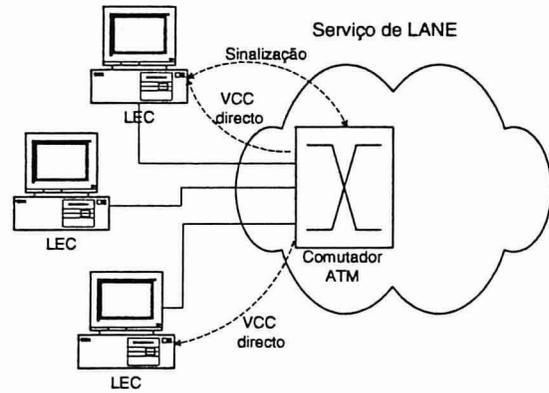


Figura 20: VCC directo entre origem e destino

2.7.8 Múltiplas LANs Emuladas

A norma LANE especifica uma separação lógica entre várias LANs emuladas. Um LEC associado a um LES não pode descobrir os endereços de LECs associados a LES diferentes, uma vez que todos os pedidos LE ARP são locais à árvore ponto-multiponto (árvore LES – LECs) gerida para cada LES. Uma LAN virtual resulta quando vários domínios LANE existem em um ou mais comutadores numa rede.

Uma LAN virtual cria grupos de trabalho seguros e faz melhor uso da largura de banda. Um *broadcast* ao nível MAC de um LEC chega a todos os LECs da mesma LAN Virtual, mas não a outros LECs de outras LANs Virtuais. Deste modo, os terminais não desperdiçam recursos no tratamento de informação de outros grupos. As LANs Virtuais simplificam ainda a gestão da rede, permitindo que os administradores agrupem os utilizadores segundo grupos de interesse. Os administradores podem então adicionar, remover, mover e fazer outras alterações sem terem de alterar cablagem ou equipamento.

No entanto, existem limitações em relação à coabitação de múltiplas LANs Emuladas numa rede ATM. É necessário um determinado número de VCCs para estabelecer e manter uma LAN Emulada. Cada LEC requer VCCs para o LES e BUS. Como os servidores não são capazes de suportar um número infinito de VCCs, existe um limite para o número de LECs que cada LAN pode ter. Um processo de aumentar estas capacidades, é adicionar comutadores ATM, o que, economicamente não é uma solução atractiva.

Embora as comunicações entre cliente e servidor pareçam complicadas na teoria, na prática, as implicações em termos de desempenho são mínimas por vários motivos:

- o tráfego entre os clientes e servidores LANE circula em ligações de banda larga e a comutação ATM implica tempos de latência muito baixos;
- devido à grande capacidade dos comutadores ATM, é possível ter redes ATM de grandes dimensões com recurso a poucos *hops* (i.e., sem *bridges*, *gateways*, *hubs*, *routers* e todo o tipo de equipamento necessário quando se pretendem aumentar as dimensões das LANs tradicionais);
- mesmo em redes com vários *hops* o tempo de estabelecimento de chamada é mínimo. Após isto, a maior parte da informação é enviada imediatamente através de um VCC directo;
- independentemente do *overhead*, a largura de banda dedicada a cada estação de trabalho ultrapassa, em termos de desempenho, qualquer outra alternativa com meio partilhado.

2.7.9 LANE Versão 2.0

O Comité Técnico do ATM Forum está actualmente a explorar melhorias que devem ser introduzidas na próxima versão do LANE. Dois pontos importantes que estão a ser estudados são os protocolos entre os servidores e a QoS.

O LANE versão 2.0 permite distinguir os vários elementos dentro da nuvem do Serviço LANE mantendo a compatibilidade com o LANE 1.0. Será então possível a existência de vários pares LES/BUS, definindo protocolos de interoperabilidade entre eles.

A versão 1.0 do LANE contempla apenas a utilização de VCs UBR (*Unspecified Bit Rate*) o que não permite oferecer QoS às ligações. O LANE 2.0 estará preparado para gerir tráfego de áudio e vídeo e dados de uma forma eficaz. Para tal serão usadas ligações virtuais distintas com QoS variável que poderá ir do CBR ao UBR, passando por VBR e ABR. A QoS é especialmente importante quando se usam aplicações de tempo real porque garantirá que a largura de banda estará disponível quando for necessária.

2.8 Conclusões

Os custos e a interoperabilidade são fundamentais para garantir o sucesso do ATM. Nunca se deve esperar uma revolução tecnológica. A introdução de uma nova tecnologia (e o ATM não foge à regra) deverá ter um carácter de evolução natural (suave e sem desperdiçar os meios existentes). O facto do ATM permitir e garantir QoS às comunicações que suporta implica uma gestão de recursos que não existe em qualquer outra tecnologia. É preciso ter em conta, em especial, os atrasos de transmissão e a variação do atraso pois estes podem acarretar graves consequências quando se trata de tráfego com características síncronas como o áudio e o vídeo. Por outro lado, o facto de o ATM permitir o transporte de vários tipos de serviços sobre a mesma infraestrutura e tecnologia, faz com que seja ideal para o aparecimento de novas aplicações no campo da multimédia. Os operadores de telecomunicações têm de se manter na linha da frente do desenvolvimento e implementação destes serviços a preços competitivos relativamente aos serviços actuais de banda estreita. Com a liberalização do mercado das telecomunicações na Europa, este esforço terá de ser ainda maior, uma vez que existirá sempre outro operador preparado para captar essa fatia do mercado e, um pequeno descuido agora poderá representar grandes prejuízos no futuro.

É importante garantir, para o sucesso do ATM, o interfuncionamento com a tecnologia e serviços existentes. Tanto o ITU-T como o ATM Forum estão conscientes disto e fazem um esforço constante para garantir estas premissas. O ATM está preparado para interfuncionar com o Frame Relay e com SMDS. Além disso, o ATM permite que protocolos como o IP, IPX, NetBios, NetBEUI e outros operem em camadas superiores. Para tal, foram definidas regras de interfuncionamento, tal como o IP Clássico sobre ATM, o LAN *Emulation*, o MPOA e outros já em fase adiantada de normalização que permitem a emulação de redes tradicionais sobre tecnologia ATM de uma forma ainda mais eficaz.

Resumindo, pode dizer-se que o ATM é uma tecnologia com algumas virtudes, nomeadamente:

- Uma rede ATM permite a transmissão de vários tipos de tráfego (dados, voz e vídeo) sobre a mesma infraestrutura. Permite ainda a integração de redes, aumentando a eficiência e as capacidades de gestão;
- A largura de banda é atribuída a pedido e a taxaçoão poderá ser dependente da utilização;
- Permite o uso de multiplexagem estatística, uma vez que, mediante certas condições, permite que a soma da largura de banda de pico total às suas fontes seja superior à largura de banda disponível no canal;
- A alocação de largura de banda pode ser feita dinamicamente e sem restrições muito rígidas;
- O serviço e o transporte foram separados - a infraestrutura de comutação e transporte não é específica do serviço, o que permite que muitas redes virtuais sejam suportadas na mesma rede física;
- Permite o desenvolvimento de uma nova geração de aplicações multimédia devido às suas capacidades de largura de banda e integração de vários tipos de tráfego;
- Como a tecnologia ATM não está dependente do meio (pode usar par entrançado, coaxial ou fibra óptica), tem um grande grau de compatibilidade com as actuais redes de transporte;
- Migração Compassada – as entidades de normalização estão a fazer um esforço para que as redes tradicionais possam beneficiar das qualidades do ATM, através duma introdução natural e incrementada sucessivamente até toda a rede ser de tecnologia ATM;
- Gestão de Rede Simplificada – o facto do ATM estar a evoluir para se tornar na tecnologia normalizada quer para redes locais, campus e grandes redes públicas e privadas permite uma gestão mais simples, uma vez que se usa a mesma tecnologia em todos os níveis da rede;
- Longevidade – O ATM está a ser definido de raiz de modo a ser escalável e flexível em termos de: distância geográfica, número de utilizadores, largura de banda (quer no acesso como entre nós)

Esta flexibilidade e capacidade de evolução faz do ATM uma tecnologia com um futuro promissor. O ATM permite, portanto, que seja utilizada uma tecnologia única ao longo de todo o espectro das redes, ou seja, desde as LANs até às WANs.

Por outro lado, existem também alguns pontos fracos nesta tecnologia que têm de ser tratados com o devido cuidado para que o ATM responda às necessidades reais dos actuais e futuros serviços:

- Uma vez que o ATM permite ser utilizado para qualquer tipo de serviço (audio, vídeo, dados), faz com que não seja “perfeito” para nenhum. Contudo, as vantagens de ter uma solução universal, ultrapassam esta desvantagem;
- Ainda é uma tecnologia relativamente dispendiosa, e a “concorrência” (Ethernet, Fast Ethernet, FDDI para redes locais e Frame Relay e SMDS/CBDS para redes públicas) oferece custos muito acessíveis. No entanto, os preços do ATM continuam a descer, e o forte empenhamento de tantas companhias acabará por garantir o seu sucesso;
- Existem ainda alguns problemas de compatibilidade entre diferentes fabricantes e o risco de adquirir soluções não compatíveis e não fiáveis afasta possíveis compradores, ou faz com que, no mínimo, procurem alternativas paralelas para evitar situações de limitação de alternativas para futuras evoluções das soluções adquiridas.

Capítulo III

Experiências em Redes ATM Internacionais

3 Redes ATM Internacionais

3.1 Introdução

Neste capítulo serão analisados casos de interligação de vários locais em diversos países, utilizando a tecnologia ATM. Particular ênfase será dado às Escolas de Verão em Comunicações Avançadas de Banda Larga, por serem eventos de realização bastante complexa e com maior projecção. Uma outra experiência com características particulares, descrita no final deste capítulo, foi a realização dum evento em que se fez transferência de informação via Satélite, usando tecnologia ATM. São ainda descritos outros eventos que foram importantes na aquisição de *know-how* para a realização de eventos deste tipo. De seguida é descrita a aplicação ISABEL que foi usada como plataforma de suporte às interacções remotas do tipo colaborativo.

3.2 Plataforma de Comunicações para o Serviço de Conferência – A Aplicação ISABEL

Todas as experiências descritas neste capítulo, podem ser genericamente denominadas por teleeventos. Um teleevento consiste numa interacção colaborativa que, normalmente, requer a presença física das pessoas numa mesma sala ou auditório, mas onde as tecnologias de comunicação superam esta limitação de modo a permitir uma colaboração/interacção remota efectiva entre locais geograficamente distantes.

Um teleevento pode ser de tipos diferentes:

- Televisita – um dos pólos oferece uma visita guiada às suas instalações;
- Teleapresentação – apresentação de determinado projecto aos outros pólos;
- Telereunião – várias pessoas separadas fisicamente têm uma reunião usando a rede como meio de comunicação;
- Teleconferência – conferência com auditório virtual.



UNIVERSIDADE DE AVEIRO
SERVIÇOS DE DOCUMENTAÇÃO

As tecnologias actuais, quer ao nível do *hardware* (comunicações de banda larga) como do *software* (aplicações multimédia CSCW – *Computer Supported Colaborative Work*), permitem a realização de tais eventos de uma forma distribuída. A este novo serviço designamos por “Serviço de Conferência”. A aplicação utilizada nos eventos descritos neste capítulo para suporte do Serviço de Conferência foi a aplicação ISABEL [Ref. 25] , desenvolvida pela Universidade Politécnica de Madrid.

Um Serviço de Conferência permite então a realização de conferências, *workshops* e seminários distribuídos. Este serviço interliga auditórios separados fisicamente, permitindo às pessoas em cada um deles interagirem com as de qualquer outro.

Atendendo a que as conferências, *workshops* ou seminários são compostos por tipos de interacção distintos, tais como palestras, conversas, demonstrações, painéis de debate, sessões de questões, etc., o Serviço de Conferência deverá suportar todas estas funções.

A plataforma de comunicações utilizada e o *software* de Serviço de Conferência utilizado foram iguais nos eventos aqui relatados. No entanto, pode ser observada a evolução da aplicação de Serviço de Conferência que, sempre em constante desenvolvimento teve melhorias consideráveis quer ao nível do seu desempenho (qualidade de vídeo, audio, etc.), quer das funcionalidades e *interface* visual (tanto para o utilizador, como para o próprio operador).

Algumas características importantes do sistema de transmissão para eventos deste tipo são:

- atraso no sinal audio;
- sincronização entre os sinais de audio e vídeo;
- largura de banda nunca inferior a 3 Mbps (requisito da aplicação)
- taxa de células perdidas
- taxa de atraso das células
- variação do atraso das células

A aplicação que serve de base ao Serviço de conferência é composta por módulos de banda larga chamadas ASFs (*Application Support Functions*). O conjunto de ASFs são o coração do *software* do Serviço de Conferência. Temos de pensar nelas como ferramentas que um utilizador pode querer ou precisar de usar e deve controlar durante uma apresentação.

As funções identificadas nos eventos descritos neste capítulo como necessárias a uma aplicação de Serviço de Conferência foram:

- Gestão da Aplicação
- Vídeo-Conferência Multiponto
- Audio-Conferência Multiponto
- Gestor de Apresentações
- Teleponteiro/Telelápiz
- Partilha de Aplicações
- “Quadro Negro” Partilhado
- Editor Partilhado
- WWW de alta velocidade

Estes requisitos formam o conjunto de ASFs identificadas em determinado momento no tempo mas não são de todo definitivas. A evolução natural e a busca incessante de cada vez mais funcionalidades fazem com que os requisitos fundamentais se vão alterando com o decurso do tempo.

A aplicação ISABEL, utilizada nos teleeventos descritos mais à frente, apresenta as seguintes características:

- Vídeo-Conferência Multiponto – esta componente apresenta vídeo em todos os terminais. O vídeo pode ser apresentado entre 6 e 21 imagens por segundo. O número de vídeos apresentados pode variar entre 1 e 17. Esta componente usa compressão MJPEG (*Motion JPEG*).
- Audio-Conferência Multiponto – esta componente fornece o audio a todos os participantes na conferência. Tem dois níveis de qualidade que podem ser escolhidos pelo gestor.
- Gestor de Apresentações (“slides”) – permite ao apresentador controlar a apresentação dos diversos “slides”, podendo “saltar” para qualquer um deles.
- Teleponteiro/Telelápiz – esta aplicação permite ao apresentador controlar o movimento de um ponteiro/lápiz sobre os “slides”.
- Partilha de Ecrã – permite que uma qualquer aplicação possa ser posta a funcionar numa janela que será visualizada por todos os participantes, podendo estes visualizar os resultados.
- “Quadro Negro” Partilhado – esta componente não é mais do que um editor gráfico partilhado. Permite que vários utilizadores editem uma imagem em simultâneo.
- Editor Partilhado – esta componente permite a edição conjunta de um documento. Existem dois papéis distintos: o autor e os colaboradores. O originador decide a todo o instante quem pode e quem não pode editar, uma vez que apenas um utilizador pode estar a editar num determinado instante.
- WWW de alta velocidade – esta componente permite aos pólos remotos acederem de forma rápida a um servidor WWW remoto de modo a poderem ter acesso às apresentações (convertidas para formato HTML).

- FAX – permite a captura do conteúdo de qualquer janela e o seu envio para os outros participantes.
- Gestor da Aplicação – a gestão da aplicação, ou controlo de interacção, designa a ordem pela qual é conseguida a colaboração entre os participantes. Para as ABCs (*Summer Schools on Advanced Broadband Communications*) é utilizado o modo de teleconferência no qual existe um polo central de gestão, chamado Centro de Controlo do Evento que é responsável pela criação e gestão de todo o evento.

Neste sentido, o ISABEL é uma aplicação de Serviço de Conferência que integra e tem disponíveis um conjunto de ASFs que o utilizador pode utilizar e que é o resultado de um desenvolvimento contínuo.

Entre cada um dos eventos descritos neste capítulo a aplicação ISABEL sofreu algumas alterações de modo a torná-la mais completa e com melhor qualidade. Seguidamente são apresentadas resumidamente algumas dessas evoluções.

A qualidade do audio foi substancialmente melhorada e o número de imagens por segundo no vídeo sofreu também um acréscimo (até 21 imagens/segundo). O limite de vídeos simultâneos aumentou consideravelmente de 10 para 17. O factor de compressão MJPEG do vídeo foi alterado de modo a poder ser ajustável.

Quanto aos “slides”, foi feita uma melhoria no tempo de mudança, sendo a última versão quatro vezes mais rápida que a primeira versão utilizada. Por tempo de mudança de “slide” entende-se o tempo que demora a substituir um “slide” pelo seguinte em todos os pólos participantes no evento.

A criação do WWW de banda larga foi apresentada como componente completamente nova na última versão da aplicação.

A partilha de ecrã e o fax também não existiam na versão anterior da aplicação. Quanto à gestão da aplicação, esta sofreu alterações quer ao nível do aspecto quer com a adição de dois novos componentes. Um dos componentes destinou-se a gerir as

sessões de questões, permitindo que cada pólo indique se tem ou não questões a colocar, sem que para tal tenha de ser interpelado. O outro novo componente destina-se a tornar a aplicação imune a falhas momentâneas na rede, permitindo-lhe recuperar logo que a falha desapareça.

Todas estas alterações foram sendo feitas entre os diversos eventos descritos e são o produto do “*feedback*” dado pelos operadores e participantes em cada um desses eventos.

Na última versão, o ISABEL opera segundo um modelo de referência contendo pólos com funcionalidades distintas:

- IS – Pólo Interactivo (*Interactive Site*) – São os pólos com capacidades de interactividade total. Têm acesso e podem interagir com todos os tipos de informação e componentes (audio, vídeo, dados, gráficos, etc.) que fazem parte do auditório virtual.
- WP – Pólo Observador (*Watch Point*) – São pólos que apenas recebem a informação dos nós centrais, formado pelos ISs. A sua capacidade de interacção está limitada a um canal opcional de retorno de audio.
- CC – Pólo de Controlo (*Event Control Centre*) – A organização de um evento distribuído necessita de um ponto de decisão central que coordene todo o evento.
- NN – Nó de Rede (*Network Node*) – A realização de grandes eventos distribuídos necessita usar facilidades de comunicação de *multicast*. Deste modo, a rede necessita de pontos escolhidos estrategicamente para desempenhar estas funções de *multicast*. Esta é a função atribuída aos Nós de Rede. Logo que seja possível o ATM suportar ligações *multicast*, esta funcionalidade deixa de ser necessária.

A plataforma de *hardware* básica para suportar um evento deste tipo é constituída por uma *workstation* SUN Sparc 10 ou 20, com 32 Mbytes de RAM (mínimo), com 300 Mbytes de disco livre, com *kernel multicast* IP, com o *software* de Serviço de Conferência instalado (ISABEL), com placa de vídeo Parallax (com compressão por *hardware* de M-JPEG) Power vídeo ou XV-24SVC, *drivers* para a placa de vídeo e

Servidor X OpenWindows 3.0. É necessário ainda munir a estação com uma placa de rede ATM para interligação aos computadores ATM.

Para interligação das estações à rede ATM Europeia, deve ser utilizado um comutador capaz de fazer a comutação de e para o VPI zero uma vez que os adaptadores de rede utilizados nestes eventos apenas fazem uso do VP:0.

Para uma melhor qualidade da apresentação deve ser utilizado variado equipamento audiovisual. Entre este equipamento, estão as indispensáveis câmara, microfone e sistema de som. Para eventos realizados em grandes auditórios é necessária a utilização de projectores de vídeo e o recurso a sistemas de vídeo e som mais complexos.

Para fazer uso das capacidades de *multicast* da aplicação, uma outra estação SUN com suporte de *multicast* IP é necessária no polo coordenador. Esta opção só deve ser utilizada quando mais de três pólos estão envolvidos. Nesta situação o comutador ATM do polo coordenador deve ter capacidades de replicação de VPs para permitir enviar a mesma informação a todos os pólos que lhe estão directamente ligados.

3.3 TeleEventos Ponto-a-Ponto

Esta secção relata uma série de eventos que foram realizados no âmbito de vários projectos financiados pela Comunidade Europeia. Estes eventos foram sempre utilizados como meio de teste de novas soluções em termos de topologias de rede, e ainda como forma de testar a aplicação ISABEL. Todas as conclusões retiradas foram transmitidas às entidades responsáveis quer pela aplicação ISABEL (para que algumas correcções e melhoramentos fossem realizados) quer pela rede ATM Europeia Experimental (PEAN – *Pan European ATM Network*) de modo a permitir simplificar e melhorar as realizações futuras. Estes pequenos eventos foram ainda úteis como actividades de aquisição de experiência para realizar eventos de dimensões substancialmente superiores (Escolas de Verão e Comunicações Avançadas de Banda Larga).

3.3.1 WorkShop do Projecto COMBINE

Este evento teve lugar em Abril de 1995 entre Copenhaga (Dinamarca) e Basileia (Suíça) e consistiu num conjunto de conferências e demonstrações:

- uma apresentação do projecto COMBINE desde Copenhaga na Dinamarca para Basileia na Suíça, através da Rede ATM Europeia, utilizando AAL5.
- uma demonstração duma ligação ATM, via AAL3/4, utilizando um AAU (*ATM Access Unit* – equipamento desenvolvido pela empresa ASCOM no âmbito do projecto COMBINE equivalente a um DSU - *Distributive Switching Unit*), entre Basileia e Berna na Suíça.

Em ambos os casos foi utilizado o *software* de telepresença ISABEL.

A Figura 21 ilustra a topologia de rede utilizada.

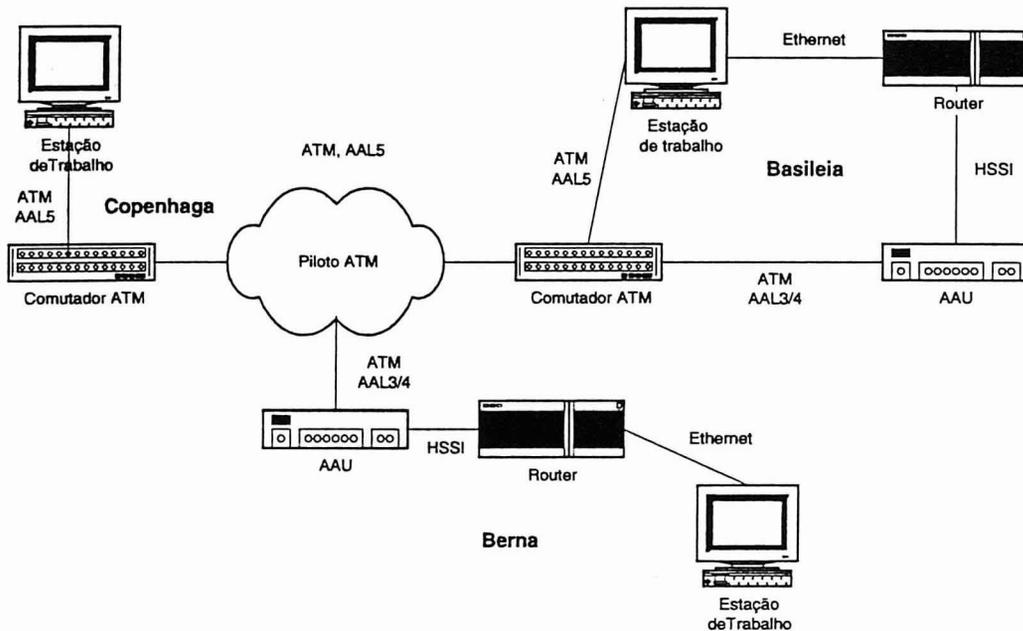


Figura 21: Configuração de Rede da Workshop do Projecto COMBINE

Neste teleevento foi provada a realizabilidade deste tipo de conferência, utilizando a camada AAL3/4 para o transporte da informação entre os pólos. Foram retirados alguns ensinamentos que vieram a ser utilizados na Escola de Verão ABC'95, descrita mais adiante neste capítulo. É importante realçar o facto de se terem utilizado troços Ethernet logo à saída das estações responsáveis pela conferência. Na realidade, a aplicação ISABEL não está dependente do uso de ATM. Como se trata de uma aplicação que tem por base o TCP/IP, é possível o seu uso em todo o tipo de tecnologia, desde que suporte o TCP/IP e haja largura de banda suficiente para garantir a qualidade de serviço (no caso desta aplicação, são necessários entre 3 a 6 Mbps).

3.3.2 Televisita no âmbito do projecto STEN

Em Maio de 1995, no âmbito do projecto STEN, foi organizada uma teleapresentação e uma televisita desde Basileia (onde se situava o campo de ensaios do projecto EXPLOIT) para Aveiro, nomeadamente para o CET (Centro de Estudos de Telecomunicações), utilizando o *software* de Serviço de Conferência ISABEL.

A configuração de rede utilizada está esquematizada na figura seguinte.

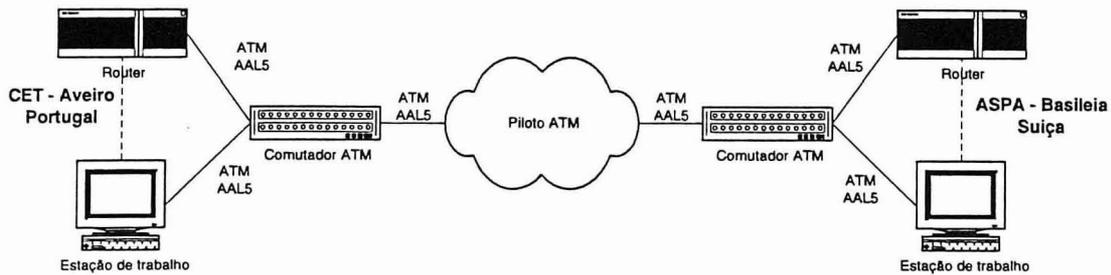


Figura 22: Configuração de Rede do Teleevento do Projecto STEN

Neste evento foi testado o uso de *routers* CISCO 7000 como meio de fazer o encaminhamento automático entre duas estações de trabalho, sem que se tivesse de configurar (manualmente) um VP/VC entre ambas. Como se vai ver mais à frente (Escolas de Verão) esta solução foi testada de modo a permitir configurar a rede de um modo mais simples, especialmente quando são adicionados mais pólos a um determinado evento. Com esta configuração, os *routers* passam a ter um papel fundamental na interligação entre os vários pólos, não sendo necessário alterar as configurações das estações de trabalho nem dos comutadores ATM.

3.3.3 Teleevento entre os projectos TRIBUNE (RACE - R2081) e EXPLOIT (RACE - R2061)

Este teleevento consistiu numa apresentação do projecto TRIBUNE desde Leidschendam (Holanda) para Basileia (Suíça), em Outubro de 1995.

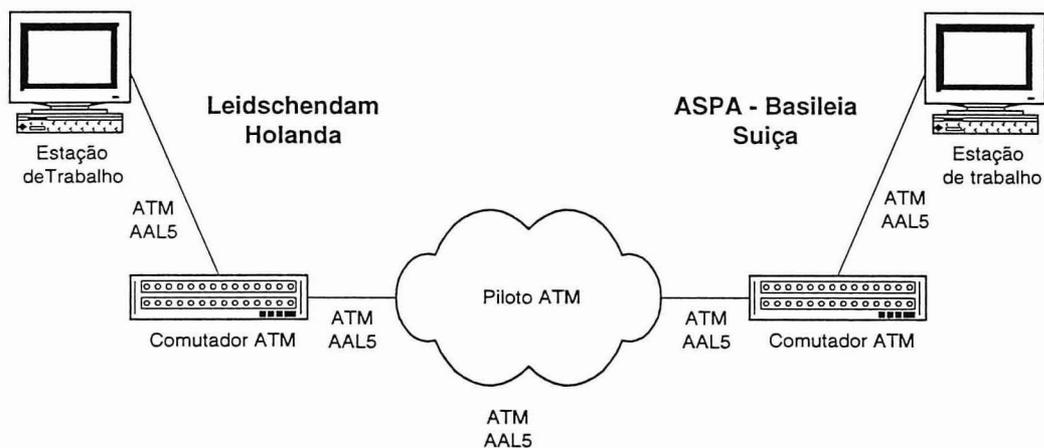


Figura 23: Configuração de Rede do Teleevento do Projecto STEN

Neste evento foi dado destaque ao teste da aplicação de Serviço de Conferência, ISABEL. Foram testadas algumas das novas funcionalidades da aplicação, nomeadamente a parte de configuração de vídeo. Esta passou a integrar um conjunto de “cenários” pré-definidos que permitem escolher diversos tamanhos e posições das janelas de vídeo, de modo a permitir uma apresentação mais objectiva e clara, especialmente quando se pretende utilizar esse meio (o vídeo) para mostrar salas, equipamentos, ou qualquer outro pormenor, remotamente.

3.3.4 Dias Abertos do Projecto EXPLOIT (RACE R2081)

(Novembro de 1995)

Os Dias Abertos de um projecto são os dias de apresentação do projecto “ao mundo”. Foi com esta ideia que durante estes dias abertos do projecto EXPLOIT, vários eventos foram organizados, sendo de especial importância um teleevento entre o *Communications Research Center* (CRC) em Ottawa (Ontário, Canadá), e o demonstrador de campo do projecto EXPLOIT em Basileia, na Suíça.

Este teleevento foi constituído por uma televisita e uma teleapresentação do projecto EXPLOIT ao CRC. Algumas personalidades pertencentes à rede ATM canadiana estiveram presentes, mostrando-se assim a viabilidade das comunicações por ATM intercontinentais.

Em Basileia estiveram presentes representantes dos 30 parceiros do projecto EXPLOIT, incluindo a maioria dos operadores europeus. Foi feita uma televisita das instalações do CRC e do campo de teste do EXPLOIT.

A aplicação de Serviço de Conferência utilizada foi o ISABEL (do projecto europeu IBER - M1011). A configuração de rede utilizada foi a seguinte.

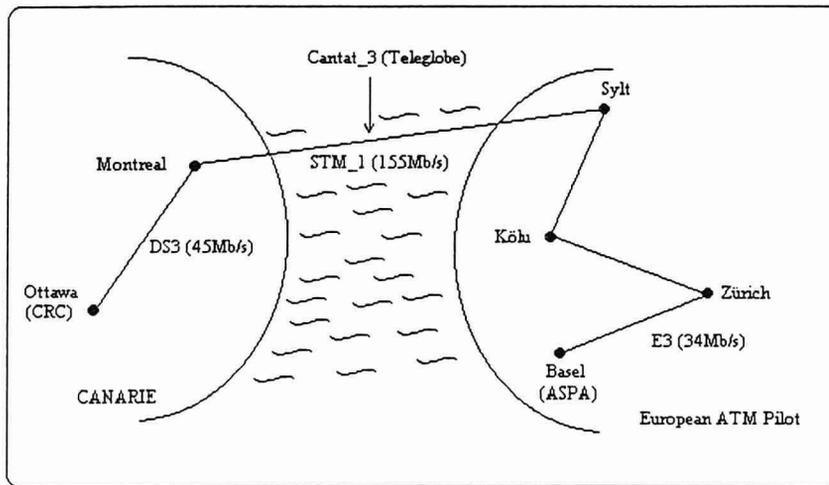


Figura 24: Mapa da Ligação Transatlântica entre Basileia (Suíça) e Ottawa (Canadá)

Um cabo óptico submarino entre a Europa e o Canadá, chamado Cantat 3 (da Teleglobe). A rede ATM canadiana é chamada CANARIE. Na Europa, a rede ATM ainda era experimental e chamava-se PEAN.

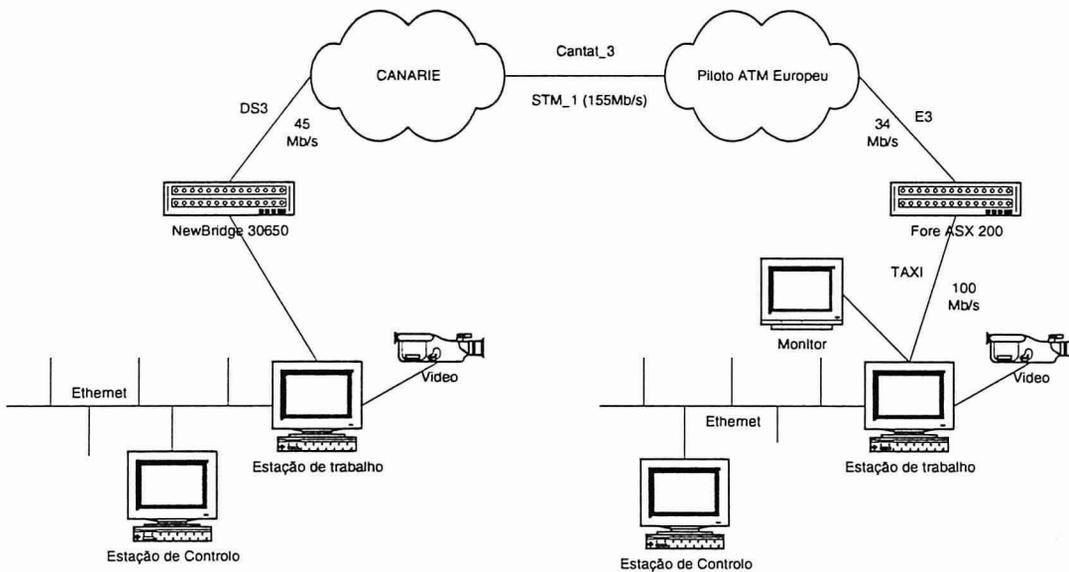


Figura 25: Configuração do Teleevento entre Basileia e Ottawa

Tal como em todos os outros eventos deste tipo, foi usado IP sobre ATM com linhas dedicadas a 6 Mbps. As plataformas terminais usadas foram *workstations* SUN SPARC, uma vez que o software utilizado existe apenas para estas plataformas.

Um dos grandes objectivos deste evento foi provar a realizabilidade de eventos deste género, envolvendo participantes transatlânticos. Como se sabe, o formato de vídeo utilizado no Canadá (NTSC) não é o mesmo da Europa (PAL) o que implicou uma maior complexidade neste evento. Foi portanto necessário fazer uma conversão de NTSC para PAL de modo a garantir compatibilidade com a aplicação ISABEL. Um outro possível obstáculo à realização deste evento seria o atraso de transmissão entre os pólos. No entanto, o ATM provou estar à altura do desafio e não houve qualquer tipo de problema a este respeito.

De um modo geral, este evento permitiu que se pudesse contar com a participação da cidade de Ottawa nos trabalhos da Escola de Verão de 1996, como se verá mais adiante.

3.4 Escolas de Verão ABC'95 e ABC'96

(Summer School on Advanced Broadband Communications - 1995 e 1996)

As Escolas de Verão em Comunicações Avançadas de Banda Larga nasceram de um esforço técnico e humano enorme. Desde logo se pretendeu demonstrar uma infraestruturas complexa e apresentar uma aplicação versátil e “simpática” para os participantes. Nesta secção será dada uma visão geral da complexidade de procedimentos e recursos necessários para realizar as ABCs, assim como alguns dos problemas que surgiram no processo.

As Escolas de Verão ABC'95 e ABC'96 foram realizadas sob a alçada da Comissão Europeia, nomeadamente do DGXIII, no âmbito do projectos BRAIN (Bring Researches on Advanced communications to Industry and Network operators R2095) e NICE (National hosts InterConnection Experiments AC110).

Na altura da Rede Piloto Europeia, as ligações tinham de ser pedidas e controladas pela organização das escolas de verão e as garantias de funcionamento das linhas não eram muito grandes. Esta foi a situação vivida na ABC'95. Com o início do Programa ACTS, surgiram dois projectos, o NICE e o JAMES com funções muito específicas de gestão da Rede ATM Europeia (JAMES) e eventos distribuídos (NICE). A ABC'96 foi realizada sob estas condições.

O número de pólos participantes nestes eventos sofreu uma evolução gradual ao longo dos anos, passando de dois no primeiro ano (ABC'93) para mais de 20 no caso da ABC'96. O aumento do número de pólos acarreta naturais consequências de aumento de complexidade em termos de configuração, controlo e gestão de recursos (técnicos e humanos). O maior salto quantitativo em termo de número de participantes deu-se da Segunda Escola de Verão (ABC'94), onde se contavam apenas 3 pólos, para a Terceira (ABC'95) onde mais de uma dezena de pólos estiveram interligados.

Uma ABC consiste num evento internacional distribuído, onde auditórios distanciados fisicamente por centenas ou milhares de quilómetros, estão interligados entre si. Estes auditórios formam um único auditório virtual, utilizando uma aplicação multimédia

CSCW de teleensino; conferencistas e participantes, interagem entre si sem o sentido da separação geográfica, numa poderosa demonstração das capacidades do uso de banda larga, nomeadamente do ATM. Neste sentido, as ABCs são constituídas por uma série de aulas que pretendem discutir e demonstrar o estado da arte da tecnologia e a validade da aplicação multimédia utilizada. A aplicação multimédia escolhida para levar a cabo estas Escolas de Verão, o ISABEL, foi desenvolvida especialmente para suportar interligação de auditórios, fazendo uso dos nós da rede, de modo a fornecer comunicação bidireccional multiponto-multiponto. O ISABEL tem actualmente incorporada uma função de gestão de eventos distribuídos que simplifica a interligação de um elevado número de pólos.

Por tudo o que foi dito é fácil constatar que as ABCs são um grande desafio do ponto de vista técnico, de controlo e de gestão.

3.4.1 Descrição Conceptual da Infraestrutura

Antes de entrar no estudo de toda a infraestrutura para suportar um evento tão importante como uma ABC, é importante considerar quais são os passos a executar para garantir o sucesso. Com efeito, esta consideração prévia deve ser feita de modo a dar uma perspectiva total do evento, do modo como é gerido e como é implementado. A Figura 26 mostra os passos gerais a serem dados para realizar um evento deste género. Em termos de plataforma de comunicações, torna-se necessário desenvolver uma aplicação (ou melhorar uma existente), preparar *Workstation* incluindo a instalação da aplicação ISABEL, neste caso. Em termos de rede, é necessário definir as infraestruturas e configuração que serão utilizadas. Após esta fase de especificação, passa-se à sua implementação prática e teste da rede *unicast*. A fase seguinte é o teste da rede *multicast* com todos os pólos participantes envolvidos, e utilizando a aplicação de vídeo-conferência. Uma vez são envolvidos vários pólos nestes eventos, é imperativa uma correcta afinação do sistema de audio para evitar os efeitos prejudiciais e desagradáveis do *feedback*. É ainda necessário garantir uma solução de reserva para prevenir eventuais falhas da rede principal. Todo o tipo de material para as apresentações destas escolas deve ser processado de modo a ser compatibilizado com a aplicação usada.

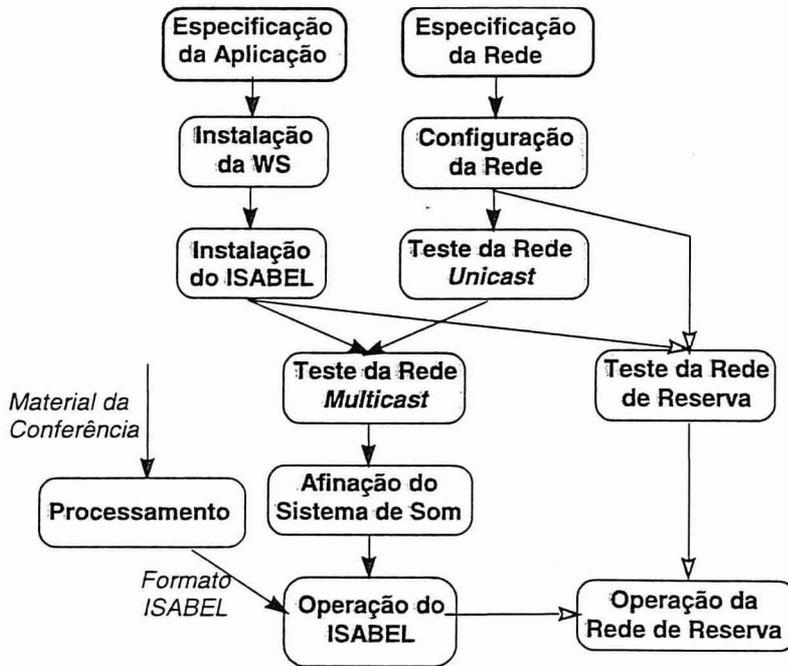


Figura 26: Fluxograma da Instalação da Infraestrutura de uma Escola de Verão

Neste capítulo o foco será na rede principal (*unicast* e *multicast*). A solução de reserva (*backup*) não será portanto alvo de análise uma vez que não recorre ao uso de ATM.

A infraestrutura de rede consiste num *backbone* ATM ligando os diversos *National Hosts* (Hospedeiros Nacionais). O *backbone* ATM oferece um serviço orientado à ligação que é usado para fornecer uma completa interligação entre todos os pólos envolvidos.

Existem três tipos de configuração teoricamente possíveis para interligar os diferentes pólos:

- Malha Completa (“*Full Mesh Configuration*”) – Existência de ligações ponto-a-ponto entre todos os pólos envolvidos (Figura 27). Com esta configuração, cada terminal deve gerar e enviar a mesma informação (audio, vídeo, dados, etc.) para todos os outros pólos. Deve ainda tratar a informação que recebe de cada um dos outros pólos. Como facilmente se depreende, esta configuração não é aconselhável quando o número de pólos aumenta.

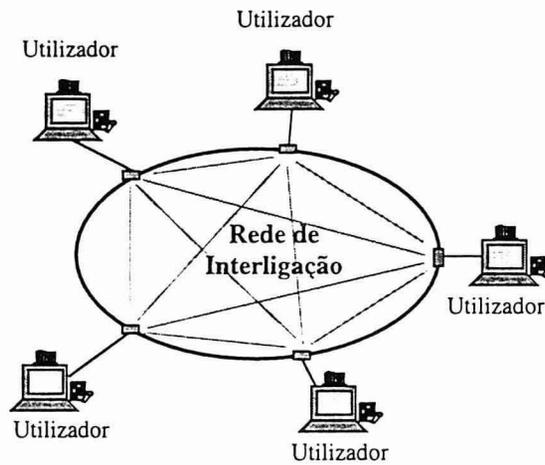


Figura 27: Malha Completa com Ligações Ponto-a-Ponto

- Configuração Estrela – Neste caso, um elemento central é responsável por receber os fluxos de informação de todos os outros pólos e, depois de realizar as operações de tratamento (agregar audio, vídeo, dados e outros de cada um dos pólos) necessárias, distribuir um bloco único de informação para todos os pólos (Figura 28). Esta solução simplifica os requisitos ao nível dos terminais, mas requer um polo central que suporte as elevadas exigências de capacidade de tratamento da informação que surge com o aumento do número de pólos.

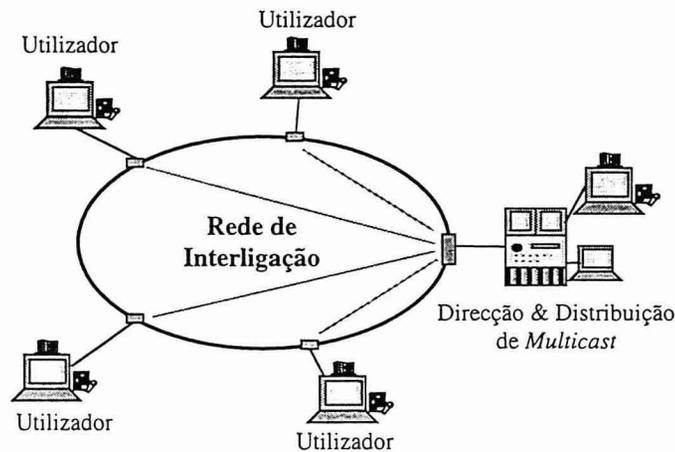


Figura 28: Configuração Estrela com Ligações Ponto-a-Ponto entre o Centro de Distribuição e Restantes Pólos

- Configuração *Multicast* – Esta configuração faz uso de funções de *Multicast* (*Broadcast* para terminais pré-definidos) (Figura 29). Neste caso, existem Servidores de *Multicast* na rede de interligação. Cada terminal está

ligado a um desses servidores e estes estão ligados entre si. As funções de *Multicast* podem ser realizadas em camadas protocolares distintas, como por exemplo ao nível da camada ATM, ou ao nível do IP. Para que se faça *multicast* ao nível da camada ATM, os pólos devem estar ligados entre si numa configuração *Full Mesh* com ligações ATM ponto-multiponto.

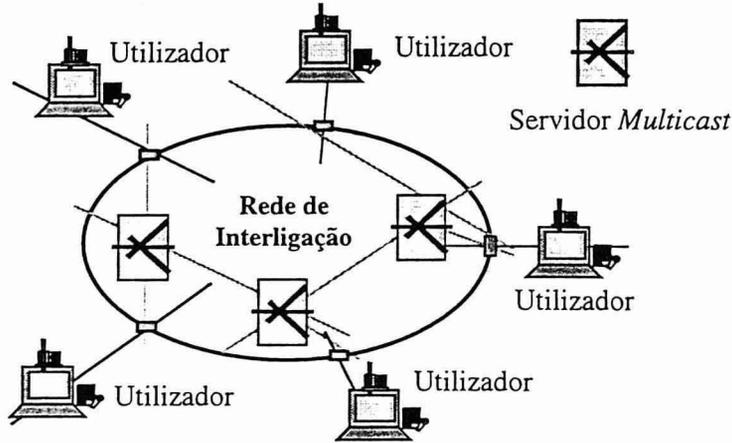


Figura 29: Rede com Capacidades de Multicast

As escolas de verão ABC'95 e ABC'96 funcionaram com uma configuração do tipo *Multicast*. No entanto, os conceitos atrás referidos são conceitos puros, e a realidade da sua implementação é um pouco mais complexa, como veremos adiante.

3.4.2 Infraestrutura da Rede ATM

O ISABEL é uma aplicação multimédia de banda larga que, tal como o nome indica, necessita de ligações de grande largura de banda para oferecer a qualidade de serviço desejada. Para corresponder a estas exigências podem usar-se redes ATM. Graças à Rede ATM Europeia a maioria dos pólos envolvidos nas ABCs puderam ser interligados por ATM. Com mais de 12 cidades da Europa e Canadá (ABC'96) ligadas por ATM durante vários dias e a partilhar audio, vídeo e dados em tempo real, as ABCs provaram que a tecnologia ATM está pronta para aplicações de comunicações avançadas de banda larga. Durante todos os dias dos eventos e fase de testes, a Rede Europeia ATM forneceu ligações de vários Megabits entre cidades separadas por centenas ou mesmo milhares de quilómetros.

Descrevem-se de seguida as topologias de rede *unicast* e *multicast* utilizadas nas ABC'95 e ABC'96.

3.4.2.1 Pontos comuns às ABC'95 e ABC'96 em termos de Rede

Rede Multicast

O tráfego gerado por cada polo no sentido ascendente viajará de nó em nó, até atingir o ponto central (neste caso na UPM –Universidad Politécnica de Madrid). Cada nó ao longo da rede deverá fazer a agregação num só VC, do tráfego que recebe dos ramos inferiores através dos seus VCs (que transportam datagramas Classe D). Após esta agregação ser feita, esta informação é enviada ao nó situado imediatamente acima para que este por sua vez faça o mesmo, até se atingir o ponto principal. A agregação deste tráfego é feita por uma *workstation* directamente ligada ao comutador ATM local. No ponto central (polo principal de *multicast*), existe também uma *workstation* com capacidades *multicast* que faz a agregação do tráfego que recebe de todos os ramos; seguidamente envia essa informação para o seu comutador local que por sua vez o envia no sentido descendente para todos os ramos. Este envio no sentido descendente faz-se recorrendo às capacidades de replicação de VCs dos comutadores ATM. O VC *multicast* recebido dessa *workstation de multicast*, ou dum nó superior, é replicado em vários, ou seja, o comutador faz uma ligação ponto-multiponto desse VC para todos os outros que entregam a informação no sentido descendente até finalmente chegar às estações terminais. Este princípio está ilustrado na Figura 32 (ABC'95).

Rede Unicast

A topologia da rede *unicast*, ao nível IP, é igual à da rede *multicast*. A diferença existente é o facto de todos os VCs ponto-a-ponto estarem ligados a um *router* ATM (CISCO 7000) em vez de estarem ligados a uma *WS-Multicast*. O tráfego IP *unicast* que chega ao *router*, é encaminhado para os VCIs apropriados.

Reserva de Largura de Banda

Para estes eventos foram reservados VPs com 6 Mbps. Destes 6 Mbps, 5Mbps são dedicados ao tráfego *multicast* (basicamente audio e vídeo), sendo 100 Kbps deixados para o tráfego *unicast*. Os restantes 900 Kbps são deixados como margem de segurança (este valor foi obtido mediante experimentação prática). Uma vez que os comutadores não fazem *traffic shapping* (modelação do tráfego à largura de banda disponível) ao nível dos VPs, poderiam acontecer situações em que os valores de pico

dos diferentes VCs ultrapassassem o limite do VP (os 6 Mbps reservados), obrigando a rede a “livrar-se” de algumas células (policiamento), degradando a Qualidade de Serviço.

3.4.2.2 ABC'95

A **Terceira Escola de Verão em Comunicações Avançadas de Banda Larga, ABC'95** [Ref. 23] teve lugar simultaneamente em Aveiro, Madrid e Nápoles (pólos principais) e mais 9 pólos secundários espalhados um pouco por toda a Europa, tal como a figura seguinte mostra. Madrid e Basileia foram os pólos principais de “distribuição” de informação.

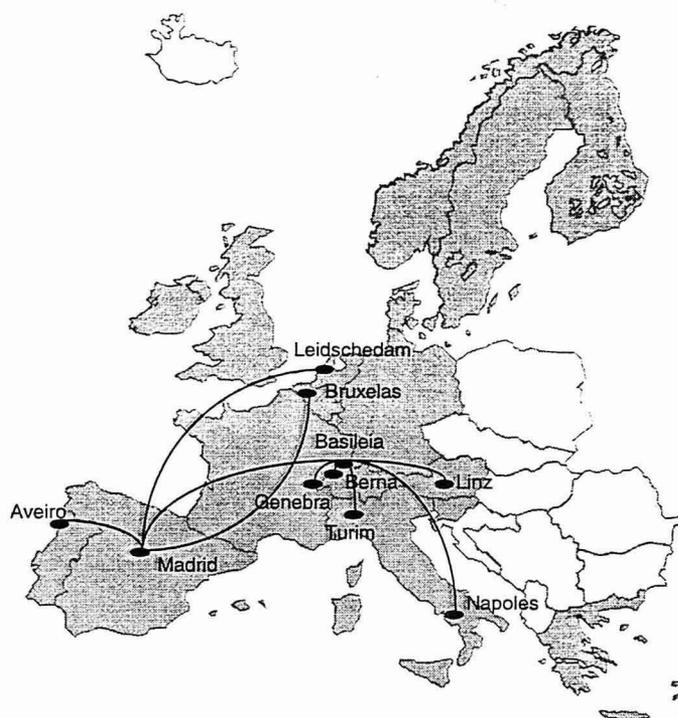


Figura 30: Mapa Indicando os Pólos Envolvidos na ABC'95

Durante este período, o trabalho realizado no âmbito desta dissertação decorreu em Basileia na Suíça. Este pólo tinha a responsabilidade de receber o tráfego do pólo principal (em termos de gestão e conferência) e encaminhá-lo para cinco outros pólos, incluindo Nápoles (um dos pólos principais em termos de conferência). Outros pólos servidos pelo nó de Basileia foram a Universidade de Berna (Suíça), o CERN em Genebra (Suíça), a Universidade de Linz (Áustria), e durante a fase de testes, Turim (Itália).

Para se atingir uma boa Qualidade de Serviço, é necessário cumprir alguns requisitos. Dado que estamos na presença de um número elevado de pólos, torna-se necessário fazer uso de *multicast* para evitar congestionamento de linhas e terminais. Uma configuração *full mesh* com tantos pólos envolvidos seria um desastre ao nível de desempenho da rede, do serviço e da largura de banda requerida para interligar todos os pólos.

Então, foi necessário estabelecer duas configurações de rede paralelas:

- uma rede *unicast* para tráfego de controlo e alguma informação
- uma rede *multicast* para o tráfego multimédia (áudio e vídeo)

A rede *unicast* foi uma rede IP hierárquica que interligou as LANs de cada polo e serviu para o transporte de informação de controlo e alguns dados com requisitos de largura de banda muito reduzidos.

A rede *multicast* foi dedicada à distribuição do tráfego de multimédia, encapsulado em endereços IP de Classe D. Duas soluções técnicas foram então propostas e experimentadas:

- fazer o *multicast* ao nível do IP, usando um *router* CISCO 7000 como nó *multicast*
- fazer *multicast* baseado em *broadcast* ATM

As duas figuras seguintes exemplificam estas duas soluções.

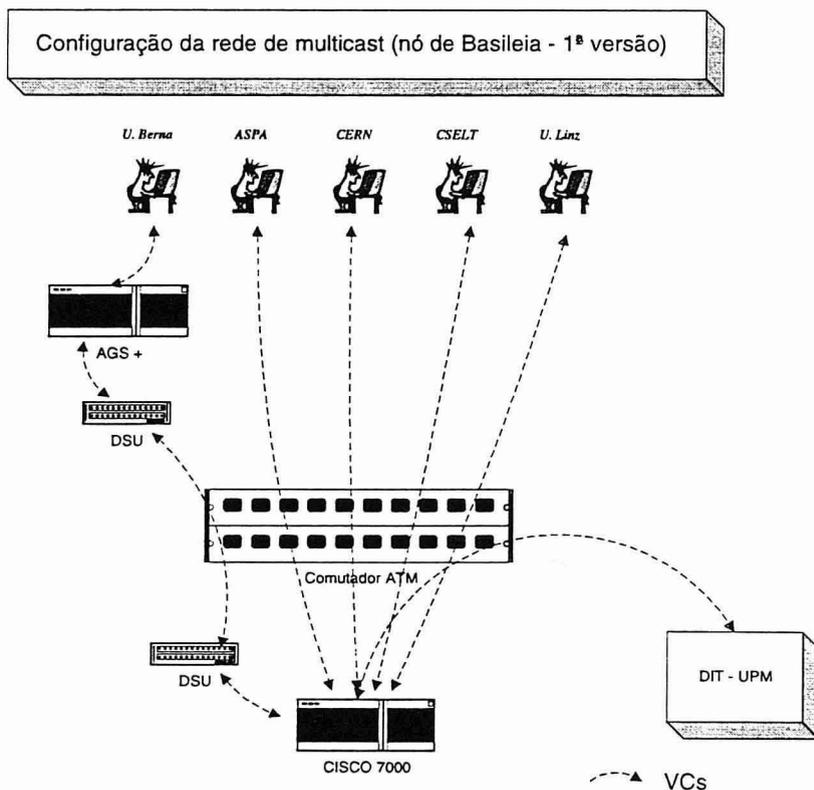


Figura 31: Multicast ao Nível IP, Utilizando Routers

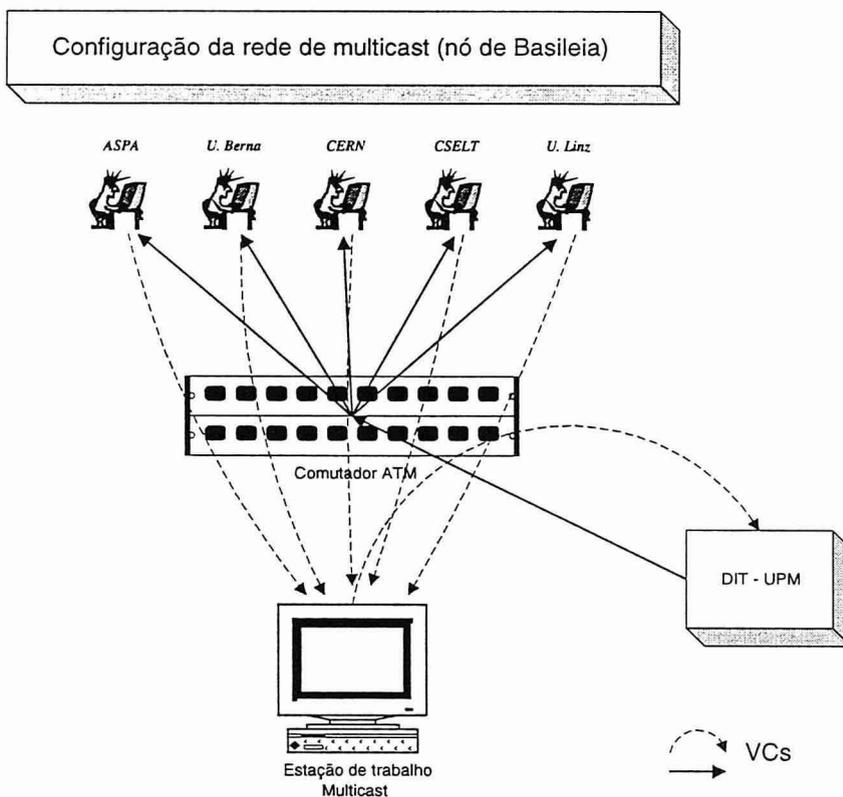


Figura 32: Multicast Baseado em Broadcast ATM

Se o teste à infraestrutura *unicast* não mostrou qualquer problema de funcionamento, o mesmo já não se pode dizer quando se tentou utilizar a primeira versão do *multicast*. A ligação à Universidade de Berna foi feita utilizando ATM AAL 3/4 (Figura 31), conforme foi testado no evento descrito em 3.3.1. No entanto, este facto aumentou a complexidade de toda a rede, especialmente no nó de Basileia. Após algumas tentativas de utilizar a primeira configuração de *multicast*, depressa se concluiu que o *router* ainda não estava à altura de desempenhar estas funções (depressa atingia cargas de 100%) quando muitos pólos estão envolvidos. Este facto é compreensível pois tratou-se de uma das primeiras experiências mundiais (como qualquer ABC) que fez uso de *multicast* sobre redes ATM em tão larga escala, e o equipamento e configurações envolvidos nunca antes tinham sido testados nestas condições.

Foi então que se optou pela segunda implementação do *multicast* (Figura 32). Optou-se também pelo uso de AAL5 na ligação à Universidade de Berna o que simplificou o tratamento desse polo (ficou em igualdade com todos os outros) pois permitiu adoptar a mesma solução para a implementação da rede de *multicast*.

3.4.2.3 ABC'96

A **Quarta Escola de Verão em Comunicações Avançadas de Banda Larga, ABC'96** [Ref. 24] foi, em termos de infraestrutura utilizada, o maior evento de videoconferência multimédia jamais realizado até à data. Estiveram ligados, durante quatro dias (além da longa fase de testes) um número superior a 20 pólos, cobrindo a Europa toda e ainda o Canadá. Foram utilizadas diversas tecnologias, tais como o recurso a ligações via satélite e a ligação de alguns pólos ao MBONE. Como curiosidade pode referir-se o facto de se ter feito a maior (em termos de distâncias) e mais distribuída “hola mexicana” de sempre, uma vez que estiveram envolvidos nove pólos entre Europa e Canadá. Sem dúvida, um registo digno do *Guinness Book of Records...*

O trabalho realizado no âmbito desta dissertação, nesta Escola de Verão, decorreu em Portugal.

A figura seguinte mostra a quantidade de pólos e entidades envolvidas neste grande evento.

Summer School 9-12.7.96

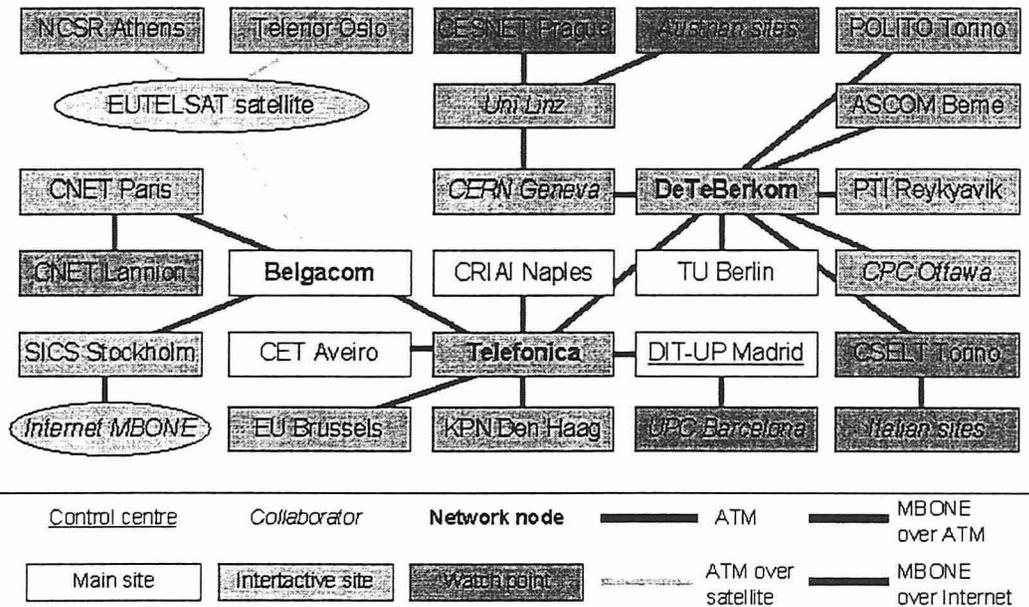


Figura 33: Pólos Participantes na ABC'96 e Respectivas Funções

A Figura 34 mostra a Rede ATM Europeia, gerida pelo projecto JAMES (que conta com 18 operadores de telecomunicações da Europa).



Figura 34: Mapa Indicando os Pólos Europeus Envolvidos na ABC'96

Para o estabelecimento de toda a infraestrutura, foi necessário requisitar ao projecto JAMES um conjunto de VPs que interligasse os pólos todos, excepto os que foram ligados por satélite, cujas ligações foram requisitadas à EUTELSAT, e o Canadá, em que a ligação foi pedida à TELEGLOBE, proprietária do cabo óptico submarino que liga a Europa e o Canadá (conforme testado no evento descrito em 3.3.4).

JAMES: Map of PVPs required

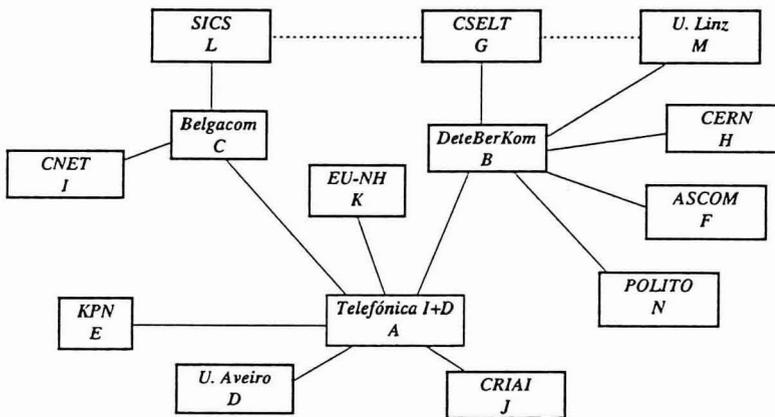


Figura 35: Mapa dos PVPs Requeridos ao Projecto JAMES para a ABC'96

Convém referir que na ABC'96 não estava em causa testar as topologias da rede ATM, nem tão pouco a tecnologia, uma vez que isso tinha sido feito com sucesso no ano anterior, embora a maior dimensão da ABC'96 obrigasse a esforços redobrados. Na ABC'96, o foco era o desafio humano de coordenação de todo o evento com tantos pólos envolvidos. Logo em seguida, procurou-se saber também até que ponto a aplicação de Serviço de Conferência conseguiria suportar tantos pólos ligados. A busca de soluções de alternativas em caso de falha também foram importantes e um desafio, mas saem do âmbito desta dissertação uma vez que passavam pelo uso de RDIS e não ATM.

Multicast Network Configuration at BELGACOM

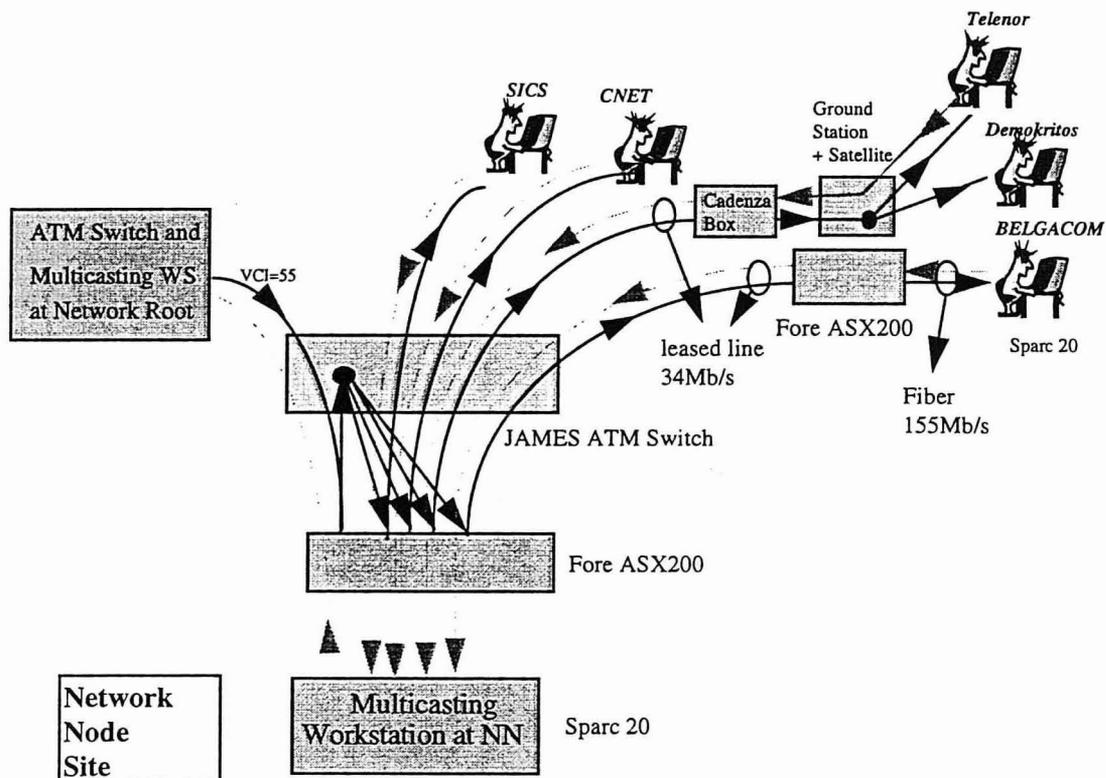


Figura 36: Multicast Baseado em Broadcast ATM

A Figura 36 mostra a implementação do *multicast*, em tudo semelhante à implementação utilizada na ABC'95. No sentido descendente um comutador ATM é o responsável pela replicação (para todos os pólos a si ligados) do VC com o tráfego *multicast* (audio e vídeo) vindo do pólo coordenador. No sentido ascendente, cada pólo envia a sua informação *multicast* para uma *workstation multicast* que é a responsável pela agregação do tráfego de todas as fontes a si ligadas e é ainda responsável pelo seu envio no sentido ascendente até ao pólo coordenador.

Também a implementação do *unicast* (Figura 37) seguiu a mesma topologia do ano anterior. Um router com *interface* ATM gere todo o tráfego unicast entre os pólos situados no sentido descendente e o pólo coordenador (a montante).

Unicast Network Configuration at BELGACOM

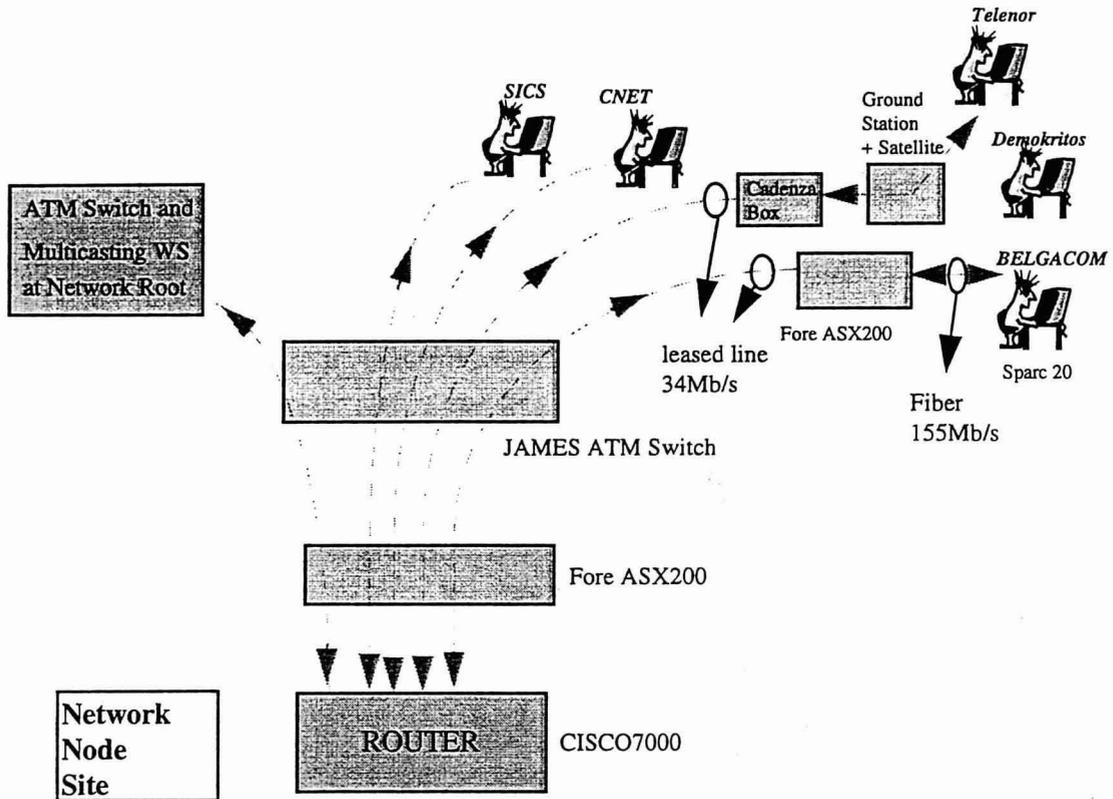


Figura 37: Rede Unicast

3.4.2.3.1 Configuração em Aveiro

A configuração utilizada em Portugal, nomeadamente para a ligação a Aveiro, e em particular à Universidade de Aveiro, é mostrada de seguida. A ligação do JAMES à rede ATM nacional é feita em Lisboa. Até atingirem o computador ATM instalado no auditório da Universidade de Aveiro (onde decorreu o evento) as ligações passam por Lisboa, Porto e Aveiro (através de um *cross-connect* e um computador instalados no CET).

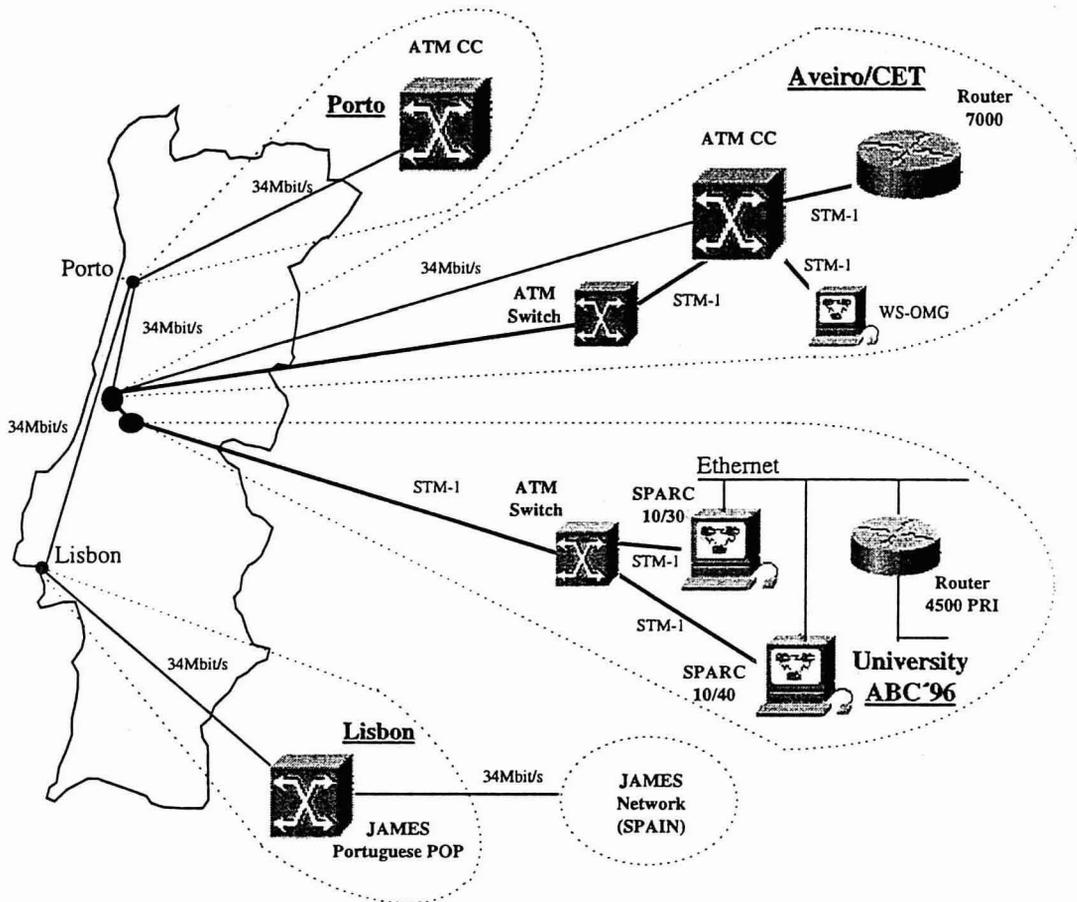


Figura 38: Rede ATM Portuguesa envolvida na ABC'96

As duas figuras seguintes mostram a configuração do auditório para acolher uma Escola de Verão. Muitos são os problemas que surgem quando se prepara um auditório para um evento destes, desde as condições de iluminação (que levam muitas vezes à instalação de projectores adicionais direccionados), de som (para eliminar *feedback*), de visibilidade dos conteúdos projectados e dos apresentadores, quando estes são locais. Muitos destes problemas implicam soluções de compromisso, pois a tentativa de resolução de um pode agravar outro.

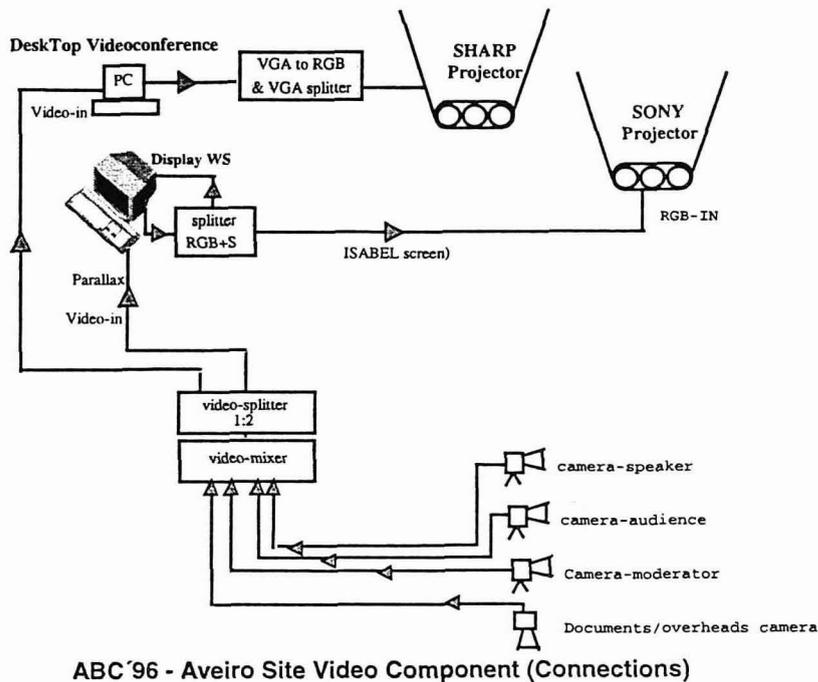


Figura 39: Configuração do Video em Aveiro

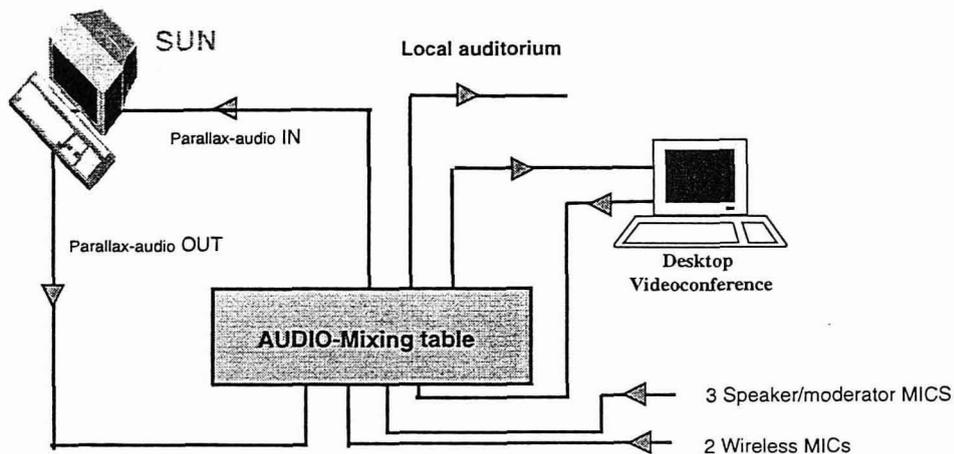


Figura 40: Configuração do Audio em Aveiro

A Figura 39 e a Figura 40 mostram as configurações de audio e vídeo utilizadas no auditório de Aveiro. Conforme se pode verificar, existe um determinado grau de complexidade, que implica um elevado grau de profissionalismo por parte de quem está responsável pela sua gestão e operação.

3.5 ATM por Satélite

(Basileia/Suíça - Ispra/Itália, Dezembro de 1995)

3.5.1 Introdução

Há um interesse crescente nos benefícios e vantagens que o uso de sistemas de transmissão por satélite trazem. Os satélites podem vir a ser a componente chave nas infraestruturas de comunicações dos países em desenvolvimento, ou como veículo de transmissão de tráfego multimédia e INTERNET nos países mais desenvolvidos [Ref. 19].

O interesse crescente pelas comunicações por satélite usando ATM é baseado nos motivos seguintes [Ref. 20]:

- A área geográfica coberta pelos satélites é imensa, incluído zonas urbanas, zonas rurais e áreas inacessíveis;
- Os sistemas de comunicação por satélite são muito flexíveis em termos de capacidades de fornecer largura de banda, o que se ajusta às características do ATM;
- Os satélites oferecem flexibilidade de configuração de rede e permitem a interligação de redes ATM remotas;
- Os satélites permitem *broadcast* e ligações multiponto-multiponto e rápida reconfiguração da rede;
- Há a possibilidade de prover mais canais para ligações em que a largura de banda requerida e as características do tráfego são imprevisíveis e podem resultar numa utilização máxima dos recursos;
- Novos utilizadores podem ser facilmente adicionados ao sistema, bastando instalar nas suas instalações o equipamento terminal;
- Estes sistemas podem ser utilizados como alternativa em caso de falha aos sistemas ATM por fibra óptica, encaminhando de imediato todo o tráfego da rede fixa.

Existem no entanto alguns factores que dificultam o uso da tecnologia ATM em comunicações por satélite. Hoje em dia, a grande panóplia das aplicações existentes

no mercado fazem uso do protocolo TCP/IP. Este protocolo foi desenvolvido para comunicações em que o produto entre o débito e o atraso do canal (entre os dois extremos da linha e comunicação) é baixo. Ora, em comunicações por satélite por ATM, tanto a largura de banda disponível como o atraso existente (tipicamente temos de contar com *round trip delay* de 500 ms) são elevados. Nestas condições o TCP/IP não tem desempenho aceitável. De modo a reduzir eficazmente o efeito dos atrasos nas aplicações, torna-se necessário desenvolver novos protocolos, ou alterar os existentes [Ref. 21].

Apesar de tudo, o protocolo TCP/IP pode ser alterado, modificando o *time-out* ou tamanho das janelas de emissão e recepção de modo a acomodarem-se a atrasos elevados.

Basicamente, o TCP é o responsável pelo controlo de erros de modo a permitir uma transmissão livre de erros entre origem e destino. Para atingir este propósito, o TCP usa um mecanismo de repetição dos pacotes danificados na transmissão. Neste caso, um grande número de pacotes é retransmitido mesmo que se tenha perdido apenas um devido a um erro.

Se um pacote não chega ao destino é utilizado um mecanismo de *time-out* para se recuperar esse pacote. A cada pacote enviado é associado um relógio (*timer*). Esta abordagem é ineficiente porque permite um grande período de retransmissão para impedir que a rede seja inundada com retransmissões desnecessárias.

Um outro factor que torna o TCP inadequado a este tipo de transmissão é o tamanho das janelas (*window size*). O tamanho das janelas é igual à quantidade de pacotes de informação pendentes, isto é, a quantidade de pacotes que pode circular sem que haja um *acknowledge* da sua chegada. No caso do TCP este número é de apenas 16 kB o que torna o TCP desajustado a comunicações por satélite [Ref. 22].

As desvantagens do protocolo TCP descritas acima tornam-no inaceitável para transmissões por ATM via satélite, a menos que sejam alterados os tamanhos das janelas e de *time-out*.

Este é um tema que está presentemente a ser alvo de estudo por parte de muitos grupos de trabalho, nomeadamente pelo IETF.

3.5.2 Descrição

O principal objectivo deste evento foi transmitir ficheiros de grandes dimensões, com uma grande rapidez de uma estação terrestre para “qualquer” ponto da Europa, de um modo simples e barato. O uso de comunicações por satélite permite uma cobertura geográfica impensável de outro modo. O uso do ATM garante a largura de banda indispensável à transferência rápida de grandes quantidades de informação. Permite ainda a entrega de dados a grande velocidade por *broadcast* directo.

Um dos principais problemas que surgem do uso de comunicações por satélite é o seu custo, especialmente quando se pretende comunicação bidireccional, tal como era o caso. No entanto, a informação de retorno que seria transmitida neste caso era mínima (tal como na maioria das aplicações deste género) e optou-se por um canal de retorno terrestre, de modo a evitar os altos custos de ter em cada pólo receptor, além do equipamento para recepção, também equipamento de emissão. A opção pelo canal de retorno terrestre é então a escolha mais sensata. Este canal pode ser uma ligação por *modem* ou o recurso à vulgarizada INTERNET. No evento em causa o canal de retorno utilizado foi a INTERNET.

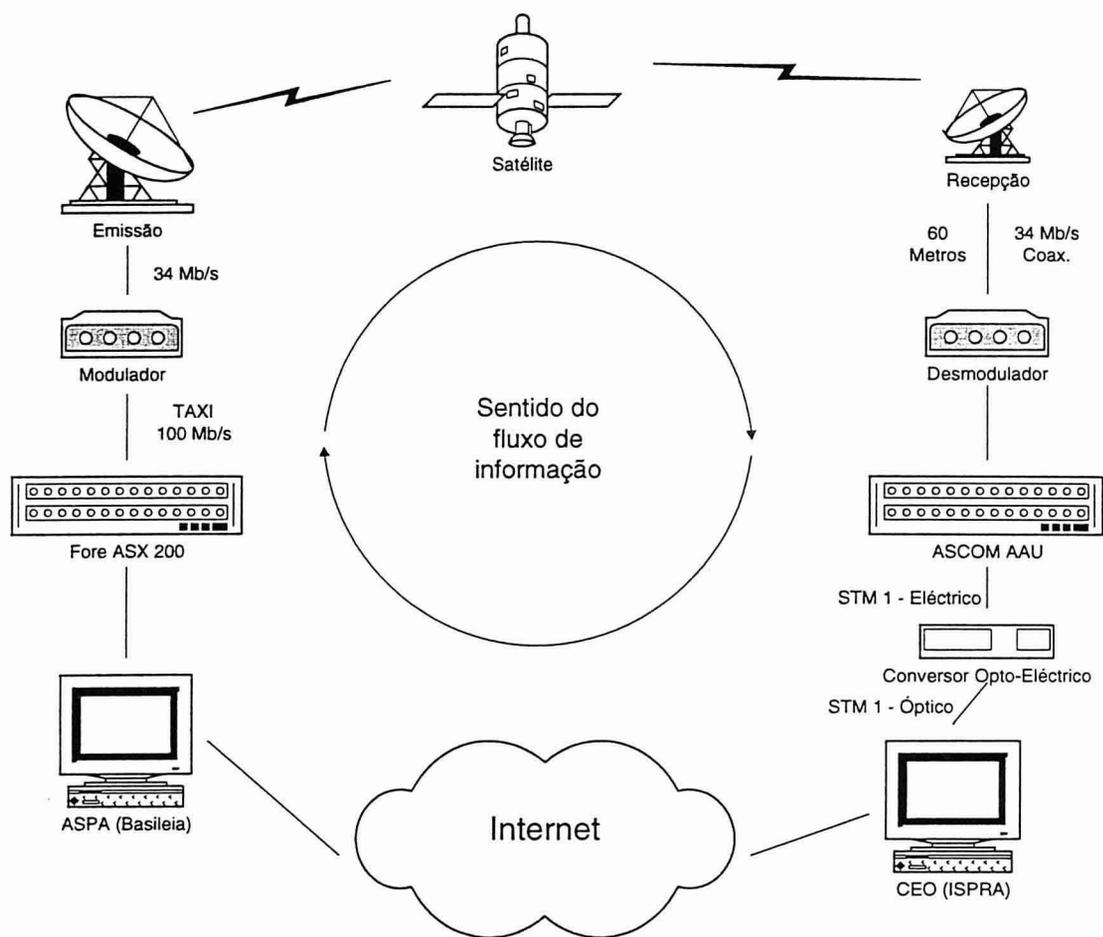


Figura 41: Diagrama da Experiência de ATM por Satélite

O servidor utilizado foi um servidor WWW, enquanto que o cliente (*browser*) escolhido foi o vulgar NETSCAPE.

As *workstations* foram configuradas de modo a que a informação do servidor para o cliente fosse sempre transmitida utilizando o canal por satélite, e as respostas do cliente para o servidor, fossem via INTERNET. Cada *workstation* estava munida de uma placa ATM e uma placa Ethernet (meio de ligação à INTERNET) e definindo as tabelas de encaminhamento de cada uma das *workstations*, foi possível programá-las de modo a efectuarem as operações desejadas.

O uso de TCP/IP numa ligação por satélite faz com que o desempenho do sistema baixe (como vimos antes), uma vez que este protocolo não está adaptado a linhas com atrasos tão grandes como são as ligações por satélite (tipicamente 250 ms desde a estação emissora até à receptora). As medidas de atraso feitas no canal de retorno

(INTERNET) que, é preciso lembrar, são variáveis consoante a hora do dia e o local de onde nos encontramos, indicaram um valor também nunca inferior a 250 ms. Assim, o *round trip delay* nunca é inferior a 500 ms. Nestas condições, por muita largura de banda que se tenha disponível, devido às características do protocolo TCP (necessidade de recepção de *acknowledges* a cada pacote) nunca se consegue tirar partido de toda a largura de banda disponível. Com efeito, nesta situação particular, embora a largura de banda disponível fosse de 34 Mbps, apenas se conseguiu tirar partido de pouco mais de 500 Kbps.

Assim, de modo a melhorar o desempenho do sistema, outras soluções foram procuradas. Uma das soluções pensadas foi a utilização de UDP em vez de TCP. No entanto, como se pretendia transferência de dados (muito sensíveis a erros) e o UDP não garante transmissão sem erros, esta não era a solução ideal para este caso. Caso se pretendesse transmitir tráfego com outras características (audio ou vídeo), a opção por UDP seria então a mais aconselhável.

A solução que foi adoptada foi a busca de uma versão modificada do TCP/IP e FTP em que os tamanhos de janelas de transmissão e recepção e dos *time-out* pudessem ser alterados, de modo a tirar partido da largura de banda disponível e tendo em atenção os atrasos dos canais de transmissão.

Esta versão alterada do *software* foi obtida do projecto RACE, UNOM, que anteriormente havia estudado o comportamento do TCP/IP em ligações ATM por satélite com elevada largura de banda. Os dados que tínhamos disponíveis desse projecto apontavam para o uso com sucesso de mais de 6 Mbps (com transmissão bidireccional via satélite) que, sendo um valor elevado, fica ainda assim abaixo da largura de banda disponível (34 Mbps).

A alteração do TCP/IP obrigou a uma recompilação do *kernel* das *workstations* e a algum trabalho na procura dos valores óptimos dos tamanhos das janelas de transmissão e recepção.

Como resultado das experiências realizadas, foi conseguida uma utilização de cerca de 3 Mbps de velocidade efectiva. As características do canal de retorno (pelos atrasos

que introduz) são muito importantes neste caso. Um outro factor importante na diminuição do desempenho prende-se com facto de ser um evento que envolve leitura e escrita de informação em disco rígido, que por si só é um factor bastante limitativo em termos de velocidade.

3.6 Conclusões

A flexibilidade e o desempenho são as grandes vantagens das aplicações ATM. É verdade que as redes ATM e os equipamentos terminais disponíveis hoje em dia fornecem grandes larguras de banda a custos relativamente reduzidos. No entanto, comparando com o potencial da tecnologia ATM ainda existem muitas limitações que se espera serem ultrapassadas no futuro, mas que hoje ainda são uma realidade.

Na maioria das situações, o serviço ATM disponível hoje em dia não passa de um serviço CBR, ponto-a-ponto com o recurso a VPs (semi)permanentes. Para a maioria das aplicações, este serviço é perfeitamente adequado, no entanto, para aplicações avançadas de trabalho cooperativo, tal como a usada nas ABCs, é um pouco limitativo. Dada a inexistência de ligações ATM ponto-multiponto, as implementações de *multicast* tem de ser realizadas nas camadas protocolares superiores, introduzindo complexidade desnecessária e reduzindo o desempenho do sistema.

A actual ausência de estabelecimento de chamada a pedido (recorrendo a sinalização) complica a gestão e operação da rede. Quanto ao equipamento terminal, tem de se apontar a falha de algumas *interfaces* para *workstations* que não permitem o uso de VPs diferentes do zero, limitando assim os pares VP/VC que podem ser utilizados e obrigando muitas vezes ao uso de comutadores ATM (muito dispendiosos) com a função única de fazer a translação dos VPs fornecidos pelos operadores para o VP zero que realmente pode ser utilizado pelo equipamento terminal.

Duma maneira geral, os problemas que surgiram na realização de todos estes eventos foram sempre semelhantes:

- dificuldades em obter a ligação
- dificuldades na configuração das estações, comutadores e *routers*
- problemas com o *traffic shapping*

Os problemas em obter as ligações, em princípio, pertencem ao passado, uma vez que estes eventos foram realizados na “era” da Rede ATM Piloto, em que os deveres e competências de quem mandava na rede não eram muito explícitos.

Notou-se uma evolução constante da aplicação de vídeo-conferência (ISABEL) que passou a integrar cada vez mais funcionalidades e a apresentar um aspecto e qualidade mais “profissional”.

Durante eventos deste género surgem sempre os mais diversificados problemas, que vão desde a falha das estações de trabalho, problemas com o estabelecimento e manutenção de VPs com os outros pólos, problemas de coordenação e necessidade de pedir ajuda remota.

Por vezes, as soluções passam pela reinstalação de todo o *software* nas estações, pela redefinição dos parâmetros de *traffic shapping* nas estações de trabalho, por um telefonema para o operador de rede ou para alguém que esteja noutra polo e que já tenha enfrentado uma solução semelhante e possa servir de auxílio. Em todo o caso, em todos estes eventos existe uma grande dose de pioneirismo e todas as pessoas envolvidas estão dispostas a encontrar as melhores soluções.

No cômputo geral, as escolas de verão foram um grande sucesso e são um boa “montra” do que de melhor o ATM nos pode oferecer.

Como desafio futuro pode pensar-se em adaptar a aplicação de serviço de conferência (ISABEL) de modo a utilizar o ATM nativo (em vez de IP Clássico sobre ATM). No entanto, esta aspiração só pode ser conseguida quando for permitido o *multicast* sobre o ATM.

No capítulo das ligações via satélite, existe uma série de protocolos a serem estudados de modo a ultrapassar as limitações inerentes às características do TCP/IP.

Capítulo IV

Redes ATM em Aveiro

4 Redes ATM em Aveiro

4.1 Rede ATM do Campus Universitário de Aveiro

4.1.1 Introdução

A Universidade de Aveiro desde sempre tem acompanhado todos os avanços tecnológicos em termos de telecomunicações e tem sido pioneira na sua introdução e utilização. Esta evolução contínua que se tem verificado nas infraestruturas de comunicações da Universidade de Aveiro (UDA) dotou-a de vários tipos de redes, usadas consoante o tipo de informação que transportam. Assim, desde há algum tempo, a Universidade de Aveiro conta com as seguintes redes de comunicação:

- uma rede FDDI para tráfego de dados de alto débito e espinha dorsal para tráfego de dados entre redes;
- uma rede RDIS para teleserviços;
- uma rede CATV para transmissão de televisão e rádio.

O passo seguinte na escala evolutiva desta infraestrutura, e acompanhando a evolução constante neste domínio, foi dotar a Universidade de Aveiro com equipamentos de rede para a introdução de uma rede local de tecnologia ATM. Esta rede acenta sobre a infraestrutura óptica existente no campus universitário. Esse passo foi dado e a rede ATM é já uma realidade. À data da escrita desta dissertação esta rede está ainda em fase de instalação e configuração.

Esta secção debruça-se sobre a instalação e a configuração da rede ATM da Universidade de Aveiro.

A Figura 42 esquematiza as várias camadas de redes de comunicação, e serviços por estas fornecidos, existentes actualmente na Universidade de Aveiro.

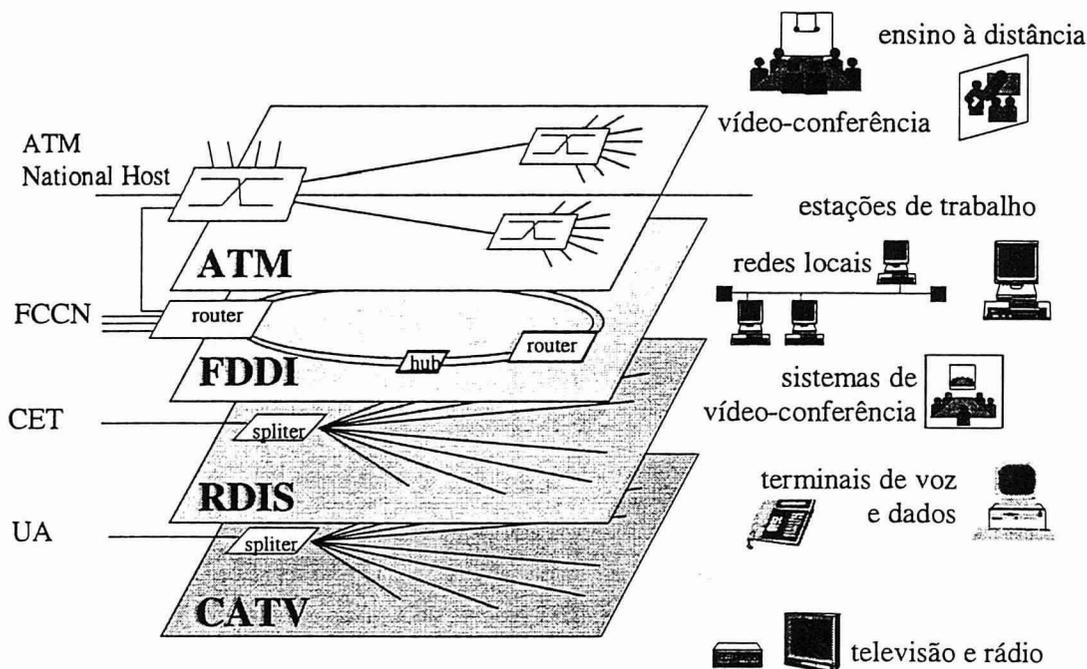


Figura 42: Camadas de redes de comunicação e serviços na Universidade de Aveiro

4.1.2 Infraestrutura Óptica de Suporte

Como foi atrás referido, a rede ATM é suportada por uma infraestrutura óptica que interliga os principais edifícios da Universidade. É também sobre esta infraestrutura óptica que estão implementadas as demais redes. A Figura 43 mostra o diagrama geral de toda a infraestrutura óptica da Universidade de Aveiro.

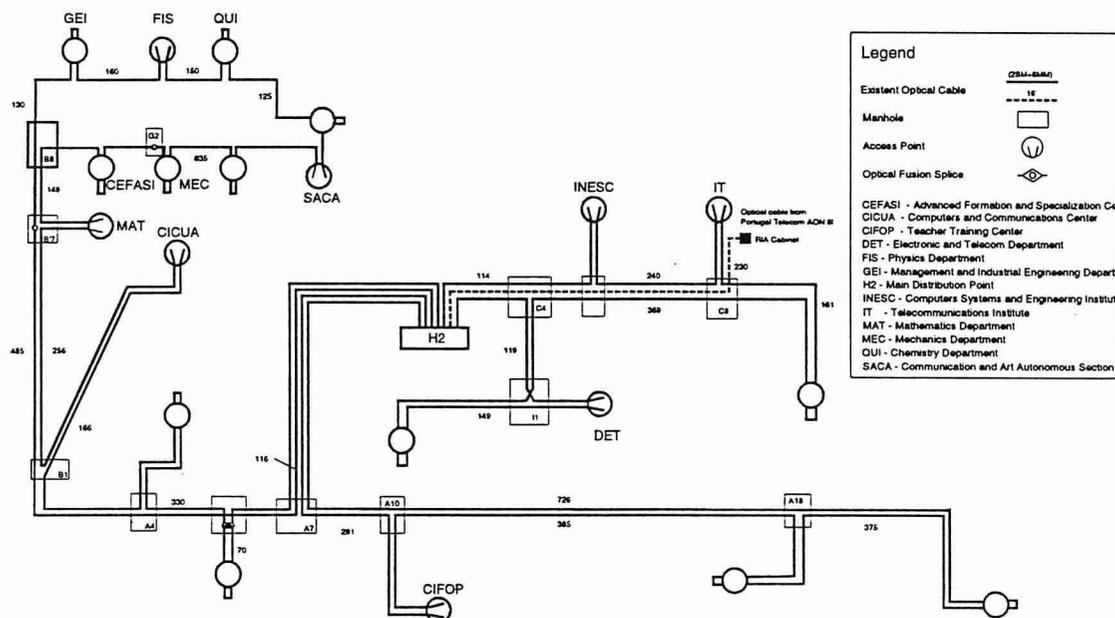


Figura 43: Diagrama geral da infraestrutura óptica da Universidade de Aveiro

4.1.3 Configuração da Rede ATM

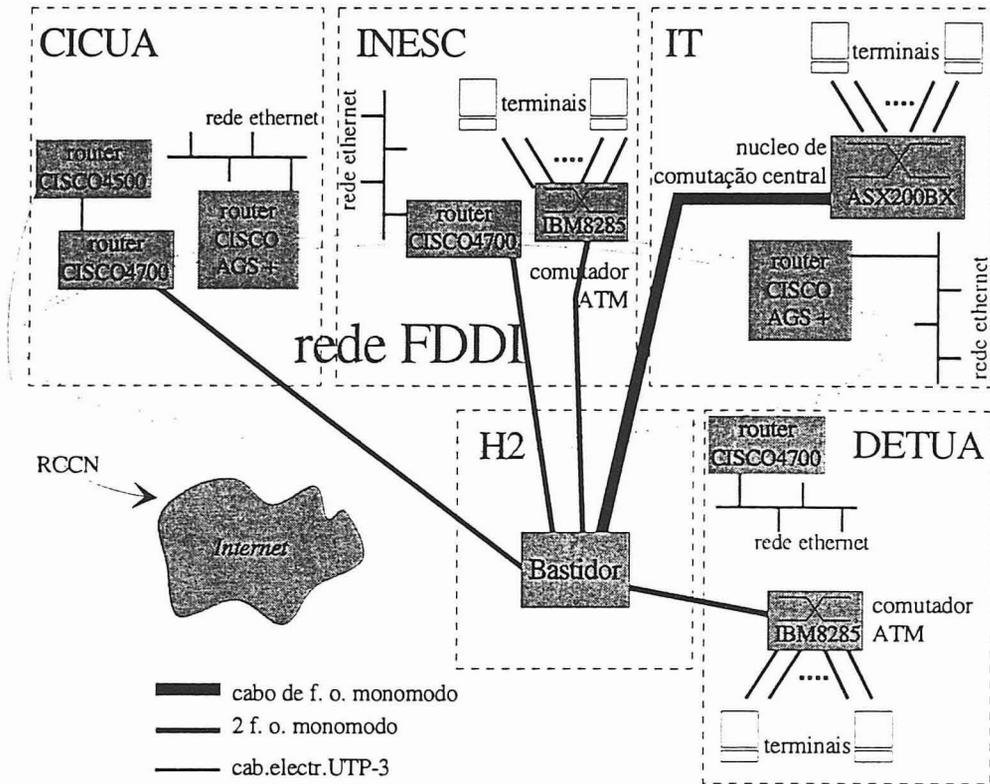


Figura 44: Configuração geral da rede ATM da Universidade de Aveiro

A Figura 44 apresenta um diagrama geral da rede ATM da universidade, indicando os edifícios onde ficarão os diferentes equipamentos e indicando ainda as suas ligações.

4.1.3.1 Descrição do equipamento ATM existente

À data da escrita da dissertação a rede ATM da Universidade de Aveiro conta com 3 comutadores ATM, dois roteadores com interfaces ATM, várias interfaces de rede para PC e uma interface de rede para *workstation*. Apresenta-se de seguida uma breve descrição deste equipamento.

4.1.3.1.1 Comutadores ATM

A Universidade de Aveiro está dotada com um comutador central ATM FORE ASX200 BX que dispõe de oito interfaces ATM 155 Mbps em fibra óptica, seis interfaces ATM 25.6 Mbps em UTP3 (*Unbalanced Twisted Pair*) e ainda um interface Ethernet utilizada fundamentalmente para efeitos de configuração e gestão do próprio comutador. Neste comutador existe ainda um *slot* de expansão vazio que pode ser utilizado posteriormente para adicionar um novo módulo. Além deste comutador ATM (FORE) de elevada capacidade de comutação, a rede ATM da Universidade de Aveiro

conta ainda com dois outros comutadores ATM de capacidade de comutação inferior. Trata-se de dois comutadores ATM *Workgroup* IBM Nways 8285. Tal como o nome deste tipo de comutador indica, trata-se de um comutador para servir pequenos grupos de utilizadores locais. Estes comutadores têm doze interfaces ATM 25.6 Mbps e uma interface ATM 155 Mbps.

4.1.3.1.2 Routers

Para completar a infraestruturas da rede ATM e possibilitar a sua interligação a outros tipos de redes (i.e. FDDI, Ethernet, ...) a Universidade de Aveiro possui ainda dois routers CISCO 4700. Um destes routers (CICUA) está equipado com uma interface ATM 155 Mbps, uma interface FDDI *Dual Attachment* e ainda duas interfaces Ethernet. Quanto ao outro (INESC) destes routers, está equipado com uma interface ATM 155 Mbps e duas interfaces Ethernet. Estes routers serão os responsáveis pelo interfuncionamento entre os diferentes serviços (LANE, IP Clássico e MPOA) presentes na rede ATM e ainda pela interligação da rede ATM a todas as outras redes e serviços já existentes na Universidade.

4.1.3.1.3 Adaptadores de Rede

Para fazer a ligação ao equipamento terminal, i.e., PCs, *Workstation*, existem os seguintes adaptadores de rede:

- *ForeRunner* SBA-200 - Adaptador ATM 155Mbps Sbus, óptico - Este é um adaptador para ligar a uma *workstation* SUN SPARC.
- *ForeRunner* LE - Adaptador ATM 25.6 Mbps PCI, UTP3 - Adaptador para PC
- IBM Turboways 25 - Adaptador ATM 25.6 Mbps PCI, UTP3 - Adaptador para PC
- Efficient Networks - Adaptador ATM 25.6 Mbps PCI, UTP3 - Adaptador para PC

4.1.3.1.4 Normas suportadas

- FORE ASX200BX

O comutador FORE suporta as seguintes normas:

- Circuitos virtuais permanentes e comutados;
- Sinalização UNI 3.0, UNI 3.1 e SVC SPANS;

- IP sobre ATM, utilizando IP clássico segundo a norma RFC 1577- Inclui um servidor ARP;
 - LAN Emulation 1.0 incluindo o suporte de todos os seus componentes: LECS, LES/BUS e LEC;
 - IISP e ForeThought PNNI para interligação de comutadores.
- IBM8285 Nways
 - Circuitos virtuais permanentes e comutados;
 - Sinalização UNI 3.0 e UNI 3.1 e respectiva conversão entre ambas;
 - IP sobre ATM, utilizando IP clássico segundo a norma RFC 1577;
 - LAN Emulation 1.0 com 2 LES/BUS e um 1 LEC por tipo de rede emulada (Ethernet ou Token Ring);
 - IISP e PNNI 1.0 para interligação de comutadores.
- Adaptadores de rede
 - UNI 3.0 e UNI 3.1;
 - ILMI para registo automático do NSAP;
 - LEC LANE 1.0;
 - RFC 1577 Classical IP-over-ATM;
 - RFC 1483 MultiProtocol over ATM (MPOA).

4.1.3.2 *Redes virtuais segundo vários protocolos*

4.1.3.2.1 IP Clássico

Os três comutadores da rede ATM estão ligados entre si, utilizando a norma IISP. O comutador FORE tem funcionalidade de servidor de ARP, mantendo deste modo uma tabela de todos os endereços NSAP e respectivos endereços IP das máquinas ligadas por IP clássico. À rede ATM foi atribuída uma classe C de endereços IP (193.137.172.0). Para que esta mesma classe possa ser utilizada para todos os diferentes serviços (IP clássico, LANE e MPOA), foi necessário proceder à sua fragmentação em subclasses. Assim, foi determinado atribuir à rede IP Clássica, a seguinte subclasse de endereços:

IP Clássico:

Endereço de Rede: 193.137.172.32 Máscara: 255.255.255.224

Os terminais podem portanto utilizar os endereços pertencentes ao intervalo:

[193.137.172.33 ; 193.137.172.62]

Além dos 3 comutadores ATM, faz também parte desta rede, uma Workstation Sun que tem funcionalidades de servidor WWW e de conteúdos multimédia. Nesta máquina existirá ainda um reflector de video-conferência. Também pertencem à rede IP Clássica vários PCs.

A configuração dos comutadores ATM é apresentada no Anexo II.

4.1.3.2.2 LANE

Em cada um dos comutadores está a funcionar um servidor de LANE (Anexo II). Desta forma, o comutador FORE, cuja localização é o edifício do IT, tem uma LAN Emulada chamada EthIT (Eth de Ethernet e IT representa o edifício). Os dois comutadores IBM servem as LANs Emuladas EthDET e EthINESC.

O comutador FORE oferece o serviço de LECS. Nesse comutador existe um ficheiro de configuração (Anexo II) onde se encontram definidas as diferentes LANEs (nome e NSAP do servidor). Também se podem definir os endereços NSAP que têm acesso a cada uma das LANEs.

Por simplicidade de configuração e gestão, o LECS está configurado para usar o endereço *Well-Known-LECS*, definido pelo ATM-FORUM. Deste modo, uma vez que todos os adaptadores de rede utilizados estão conforme as normas do ATM-FORUM é possível configurar todos os terminais de uma forma muito simples, bastando indicar o nome da LANE à qual se pretendem ligar, e indicar que se pretende utilizar ILMI e o *Well-Known-Lecs*.

As estações terminais estarão, em princípio ligadas à LANE do seu edifício, podendo no entanto, em casos que se justifique, pertencer a mais do que uma LANE. Este é o caso de utilizadores que simultaneamente tenham interacções de trabalho com grupos dos diferentes edifícios envolvidos. Dada a possibilidade de um só adaptador de rede

poder pertencer a diferentes LANEs em simultâneo esta é uma solução bastante prática. Em cada um dos comutadores existe um LEC registado na sua própria LANE. No caso do comutador FORE, além do LEC pertencente à sua própria LANE (EthIT), tem ainda um LEC para cada uma das duas outras LANEs (EthDET e EthINESC). Isto permite a administração remota dos IBM através do FORE, via LANE.

Cada LANE tem associada uma sub-rede IP. Para toda a rede ATM, como foi dito antes, está atribuída uma rede classe C (193.137.172.0). Para as diferentes LANEs foram definidas as seguintes sub-classes:

LANE	EthDET	EthIT	EthINESC
Endereço de Rede	193.137.172.64	193.137.172.192	193.137.172.128
Máscara	255.255.255.192	255.255.255.224	255.255.255.192
Intervalo de endereços possíveis para terminais	[193.137.172.65 ; 193.137.172.126]	[193.137.172.193; 193.137.172.222]	[193.137.172.129; 193.137.172.190]
Endereço de Broadcast	193.137.172.127	193.137.172.223	193.137.172.191

De entre as máquinas já ligadas às diversas LANEs, encontram-se uma *workstation* SUN (também ligada à rede IP clássica) que fornecerá diversos serviços (mais adiante), um servidor Novell, e ainda diversos PCs terminais.

4.1.3.2.3 RFC 1483 - MPOA

A utilização de MPOA neste momento está limitada a dois adaptadores de rede. Tal como foi visto no segundo capítulo desta dissertação, este protocolo não oferece uma solução de rede pois foi definido para ligações ponto-a-ponto entre duas estações de trabalho. No entanto, por permitir reserva de largura de banda por ligação (O LANE 1.0 não o permite), quando estão poucos terminais envolvidos pode ser uma solução interessante se entre as estações se utilizar uma configuração em malha completa (PVCs entre todas).

4.1.4 Serviços e Utilização

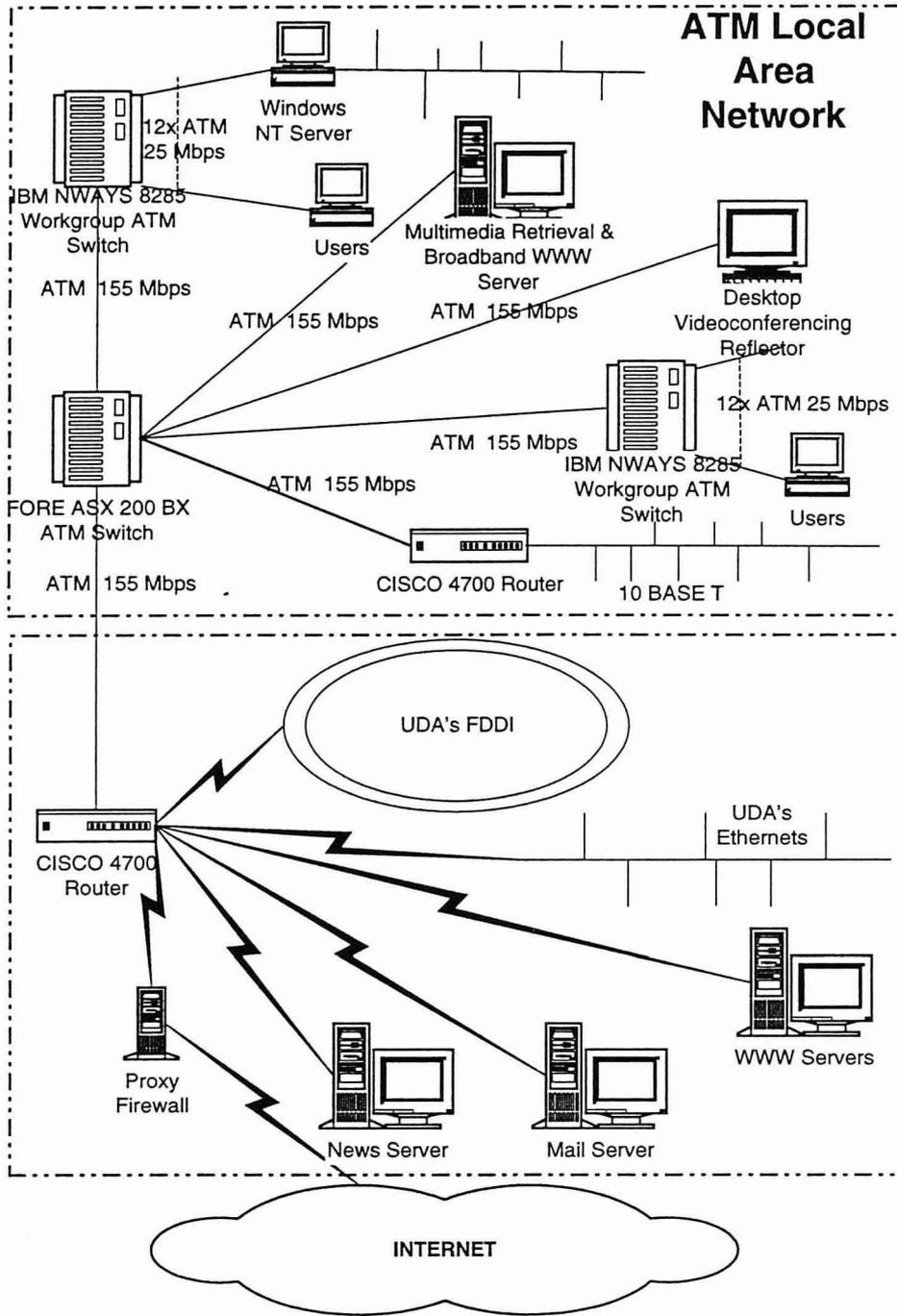


Figura 45: Rede Local ATM, interligação às outras redes da Universidade de Aveiro e serviços disponibilizados

Esta plataforma ATM tem como principais finalidades, simultaneamente, dotar a Universidade de uma infraestrutura de comunicações de banda larga, com acesso a novos serviços (multimédia, etc.), a integração dos diferentes tipos de redes presentes na universidade, e funcionar ainda como uma plataforma de investigação.

De entre os "novos" serviços que esta rede proporcionará e que serão implementados contam-se os seguintes:

- Vídeo-a-pedido
- Acesso rápido a Bases de dados
- Intranet de banda larga e Internet
- Vídeo-conferência
- Trabalho cooperativo
- Ensino à distância
- Interligação de LANs
- Distribuição de vídeo

Na Figura 45 é mostrada a forma como a rede ATM da universidade é interligada às redes já existentes, e é ainda mostrado a forma como alguns dos serviços atrás mencionados irão ser implementados em termos físicos e geográficos.

Segue-se uma breve descrição dos serviços utilizados (ou que poderão ser) sobre esta nova infraestrutura.

4.1.4.1 INTERNET & INTRANET

O acesso à INTERNET será providenciado através do router CISCO 4700, responsável pela interligação da rede Local ATM às restantes redes do campus universitário, a servidores WWW locais, servidores de FTP, servidores de correio electrónico e ainda à "nuvem" INTERNET fora do campus.

Será também possível definir redes virtuais em que os computadores ligados possam utilizar uma INTRANET tendo portanto um acesso rápido entre todos.

4.1.4.2 Video-a-Pedido e Consulta de Conteúdos Multimédia

Este serviço será implementado na rede ATM da Universidade de Aveiro, utilizando métodos distintos. Foi desenvolvida na Universidade de Aveiro uma aplicação específica para este tipo de serviço, chamada SERCOM. Além desta implementação, existe ainda um servidor experimental, em fase de desenvolvimento, baseado em ferramentas HTML que poderá ser acedido por um vulgar *browser*. A principal diferença entre estas duas implementações deste serviço consiste na qualidade do

serviço e custo. Enquanto no primeiro caso a descompressão (MPEG) dos conteúdos é feita por *hardware* específico, na segunda implementação, a descompressão é feita por *software*. Isto faz com que a primeira implementação tenha melhor qualidade de imagem mas seja mais dispendiosa. A segunda implementação permite vários formatos de imagem (MPEG, AVI, MOV, etc) com um custo substancialmente mais reduzido. Em ambos os casos, o servidor residirá numa *Workstation* de modo a garantir um acesso rápido à informação, uma vez que os tempos de acesso a discos rígidos passam a ser determinantes quando a largura de banda deixa de ser um problema.

4.1.4.3 Distribuição de Video

Este serviço poderá ser implementado utilizando aplicações comerciais existentes que comprimem video, em tempo real, e que fazem a distribuição num determinado circuito virtual. Do lado do cliente será necessário utilizar um descompressor compatível.

4.1.4.4 Interligação de LANs

Os *routers* existentes na rede ATM da universidade permitem que se faça interligação entre LANs pertencentes à rede ATM e redes "tradicionais" de uma forma transparente ao utilizador. Este serviço permite também configurar LANs virtuais com máquinas afastadas fisicamente.

4.1.4.5 Video-Conferência, Trabalho Cooperativo e Ensino à Distância

Existem diversas aplicações que permitem realizar este tipo de eventos. A tecnologia ATM permite o uso de aplicações "mais ousadas" em termos de largura de banda, e com uma qualidade de serviço melhor do que as aplicações utilizadas hoje em dia na INTERNET. Nesta fase estão a ser identificadas e a ser alvo de estudo mais aprofundado algumas aplicações nesta área. Pretende-se dotar os utilizadores desta infraestrutura com um conjunto de ferramentas que lhes permitam tirar o máximo partido das condições existentes. Como foi visto no capítulo anterior, existe já uma tradição nesta Universidade no uso de aplicações de video-conferência em eventos de grande dimensão. Pretende-se agora alargar o uso deste tipo de aplicações a

virtualmente todos os utilizadores da rede ATM da universidade, utilizando aplicações para PC, com baixos requisitos em termos de custo.

4.1.5 Conclusões

A implementação da rede ATM local da Universidade de Aveiro implicou um grande esforço económico. No entanto, as características da tecnologia ATM estão já a demonstrar que é possível implementar um conjunto de serviços que seria impossível utilizar nas redes tradicionais que existem na Universidade. A diversidade de equipamento e normas suportadas permitem alargar a rede e o nível de utilização.

4.2 O Projecto ACTS 0038 - BroadBandLoop

4.2.1 Introdução

As redes de acesso representam um grande investimento para os operadores e são geralmente implementadas para operarem durante muito tempo. Portanto, devem ser planeadas para suportar as exigências previstas para os anos seguintes. Os serviços a oferecer devem ser cuidadosamente escolhidos porque terão um papel decisivo no sucesso da utilização da infraestruturas em termos de procura e de resposta da rede. O estudo simultâneo dos requisitos de serviços distintos é muito importante e terá consequências em vários aspectos tais como a taxa de transmissão, as *interfaces*, os protocolos, etc. a serem suportados. Serviços distintos têm efeitos distintos na solução de rede escolhida.

Nesta secção será descrito o projecto BroadBandLoop (AC0038-BBL do programa comunitário, ACTS) em termos de infraestruturas e dos serviços que suportará. Haverá um conjunto de utilizadores residenciais e institucionais envolvidos no teste da rede de banda larga e dos serviços oferecidos pelo projecto. A grande aposta deste projecto é fornecer uma infraestruturas de banda larga acente em parte da rede de cobre existente. Para tal, são utilizadas novas tecnologias como o VDSL (*Very high bit rate Digital Subscriber Line*) que fazem uso do último troço em cobre até a casa dos assinante para prover os serviços de banda larga.

Os serviços seleccionados para este demonstrador de campo são representativos do conjunto de serviços que mais procura se espera que venham a ter por parte deste tipo de utilizadores (residenciais, pequeno comércio e institucionais). Adicionalmente, estes serviços apresentam características de rede que representam o espectro de características dos futuros serviços numa rede de banda larga: de distribuição *vs* interactivos, pouca largura de banda *vs* grande largura de banda, simétricos *vs* assimétricos, etc.

No demonstrador do projecto BroadBandLoop de Aveiro há dois fornecedores de serviços: um de âmbito público (CET) e um de âmbito privado (UDA). Os serviços de

âmbito público estarão disponíveis para todos os utilizadores, enquanto que os serviços fornecidos pela Universidade de Aveiro, estarão disponíveis apenas para os utilizadores dentro do Campus Universitário.

A solução de rede de acesso em implementação é um híbrido de uma rede óptica e uma rede de cobre. A parte óptica da rede terá tecnologia PON (*Passive Optical Network*). Esta topologia é indicada para a transmissão assimétrica de dados que se espera que seja característica do tráfego nas futuras redes de banda larga. O uso de serviços de suporte em ATM otimiza a gestão da largura de banda.

Os serviços que se esperam ter maior procura por parte dos utilizadores residenciais são os de video interactivo, *Internet Like Services* e serviço de telefonia. Para os utilizadores comerciais espera-se também uma procura de serviços de interligação de LANs e video conferência.

O âmbito desta dissertação de mestrado, e do trabalho realizado que lhe está por base, recai sobre a parte do projecto BBL que envolve a Universidade de Aveiro mais directamente. Deste modo, deste ponto em diante, será dado um ênfase maior à parte da infraestrutura e dos serviços dentro do Campus Universitário.

4.2.2 Demonstrador de campo de Aveiro

4.2.2.1 Objectivos de Rede

Como foi dito anteriormente, o principal objectivo do demonstrador de Aveiro é testar e avaliar uma solução de rede que fornecerá serviços de banda larga fazendo uso da rede de cobre existente. Numa segunda fase, será avaliada a funcionalidade da solução encontrada. Será avaliado o equipamento desenvolvido especificamente pelo projecto, e serão comparados os desempenhos das soluções que utilizam fibra até ao utilizador vs as soluções que utilizam VDSL sobre a rede de cobre já existente.

A Figura 46 apresenta um diagrama geral do demonstrador de Aveiro do projecto BroadBandLoop.

Os serviços de banda larga serão fornecidos aos utilizadores quer por fibra quer por VDSL sobre cobre.

As principais premissas deste projecto em termos de rede são:

- Comparar a viabilidade da fibra vs o uso de cobre;
- Avaliar a utilização de equipamento em armários de rua com o objectivo de diminuir os custos de instalação;
- Conceber de uma infraestrutura óptica de banda larga como sobreposição da já existente de banda estreita;
- Avaliar a viabilidade da transmissão digital de sinal (usando VDSL) no mesmo cabo de distribuição de CATV ou com outras utilizações do espectro de RF, tais como *modems* de cabo;
- Avaliar a viabilidade da transmissão digital de sinal (usando VDSL) no mesmo par entrançado de distribuição de POTS (*Plain Old Telephony Service*);
- Testar um serviço integrado para utilizadores profissionais;
- Desenvolver soluções de rede óptica de baixo custo para utilizadores profissionais.

4.2.2.2 *Infraestrutura*

Em baixo, a Figura 46 apresenta um diagrama geral da configuração do demonstrador do projecto BroadBandLoop em Aveiro.

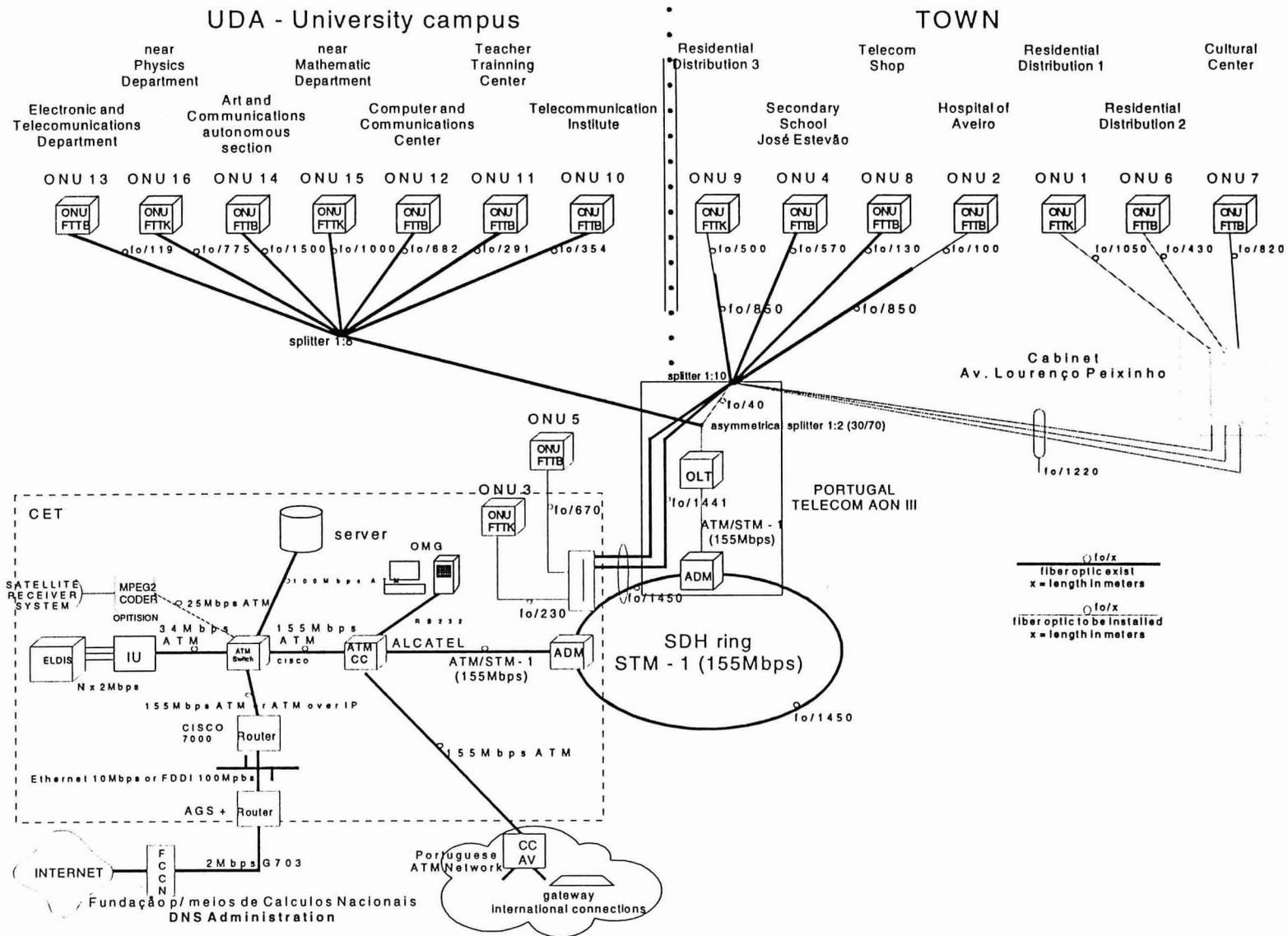


Figura 46: Diagrama Geral do Campo de Teses de Aveiro do Projecto BroadBandLoop

O projecto BroadBandLoop tem como objectivo ligar as várias entidades presentes numa rede, ou seja, os Provedores de Serviço (SPS – *Service Provider Systems*), os Provedores de Conteúdo (CPS - *Content Provider Systems*) e os Clientes Finais (ECS - *End Customer Systems*). A arquitectura de rede do BBL está organizada em rede de Interligação e rede de Acesso, seguindo a norma 1.0 proposta pelo DAVIC (Pag. 130).

As funções da rede de interligação são:

- fornecer transferência de informação com fiabilidade;
- comutar os circuitos virtuais entre as diversas entidades;
- gerir a rede para configuração, manutenção, monitorização e controlo das ligações virtuais.

A rede de interligação do BBL é baseada num anel SDH ligado a um comutador ATM, responsável pela conectividade entre as diferentes entidades. Estas entidades têm uma Interface de Serviço SDH (SNI - *Service Node Interface*) que está integrada no próprio anel SDH, através dum multiplexador *add-drop* (ADM – *Add Drop Multiplexer*).

As diversas entidades podem ainda estar ligadas à rede de interligação através de uma ligação directa ao comutador central. Estão dentro das responsabilidades da rede de interligação, algumas operações de controlo e gestão.

A rede de acesso fornece ao utilizador final a ligação à rede de interligação. Tem por funções transmitir, multiplexar e fazer o *broadcast* do fluxo de informação entre os utilizadores finais e o restante sistema. Tal como a rede de interligação, a rede de acesso também tem funções de controlo e de gestão.

A rede de acesso do BBL consiste numa OLT (*Optical Line Terminator*), como nó de acesso e uma PON. Várias ONUs (*Optical Network Unit*) com linhas VDSL compõem a rede de distribuição.

Na PON, no sentido dos utilizadores finais (sentido descendente ou *downstream*), é utilizada uma técnica SCM (*Sub Carrier Multiplexing*) e a transmissão é feita em ATM.

Para os utilizadores finais estarão disponíveis interfaces de ATM 25.6 Mbps, Ethernet (10 Base T) ou VDSL. O demonstrador de campo do BBL em Aveiro terá uma OLT que estará localizada no edifício da Portugal Telecom (DON III) ligada a 16 ONUs (número máximo de ONUs por OLT). Nove destas ONUs estarão espalhadas pela cidade, enquanto que as restantes sete, ficarão no Campus Universitário. A ligação das ONUs aos utilizadores finais poderá ser feita utilizando cabo coaxial (distribuição através de uma rede de CATV), para entrançado (usando as linhas de POTS) ou usando fibra óptica plástica (de baixo custo).

Neste projecto, o CET será o principal fornecedor de serviços e conteúdos a todos os utilizadores finais. No entanto, a Universidade de Aveiro terá também funções de CPS/SPS para os utilizadores locais, isto é, para os utilizadores de dentro do campus. Estas funções serão levadas a cabo através da ligação do comutador central da rede ATM da Universidade a uma das ONUs que será instalada no campus, utilizando uma interface ATM a 25.6 Mbps.

A interconectividade de todo o demonstrador para o exterior será garantida por uma ligação ao comutador central da rede de interligação (Figura 46).

Pelo que foi dito anteriormente, o grande objectivo deste projecto, nomeadamente do seu demonstrador de campo, é definir e testar um conceito que permita migrar de linhas de cobre para fibra óptica, à medida que as necessidades de largura de banda aumentam. Esta estratégia permite reduzir os custos globais, pois faz uso do último troço de cobre até à casa dos assinantes e simultaneamente consegue fornecer uma largura de banda suficiente para as actuais (e dos anos mais próximos) exigências.

A tecnologia utilizada terá as seguintes características:

Sistema	Topologias: Modo de Transmissão:	FTTK, FTTB, FTTH ATM
Transmissão óptica	Transmissão Bi-direccional Transmissão Ponto-multiponto	WDM numa fibra SCMA – <i>upstream</i> SCM - <i>downstream</i>
Serviços	Serviços assimétricos Serviços simétricos	51-1,6 Mbps (VDSL) 25-25 Mbps; (ATM) 26-26 Mbps (VDSL) 13-13 Mbps (VDSL) Ethernet (10 Base T)

Tabela 1- Principais Características da Rede Óptica

4.2.2.3 Rede de Acesso

A rede de acesso é óptica, em árvore, utilizando fibras monomodo, de acordo com a recomendação G.652 do ITU, e faz uso de três *splitters* para interligar as 16 ONUs, tal como se vê na Figura 46.

A infraestrutura óptica de transporte do demonstrador BBL dentro do Campus está esquematizada na Figura 43 (pag. 88). A fibra óptica que transporta o sinal desde a OLT até às ONUs que serão instaladas no Campus é encaminhada pelo edifício do IT e terminada no H2 (principal ponto de acesso ao Campus). Neste ponto o sinal será dividido usando um *splitter* óptico de 1:8. Deste *splitter* serão feitas sete ligações por fibra óptica até cada uma das ONUs.

4.2.2.4 Rede de Distribuição e Rede In-House

Os utilizadores estão ligados às respectivas ONUs através de par entrançado, cabo coaxial ou por fibra óptica plástica. No caso de ser utilizado cobre, é utilizado VDSL com vários ritmos de transmissão, dependendo do comprimento da linha.

A Figura 47, Figura 49 e Figura 50 mostram um esquema geral das ligações FTTB (*Fibre To The Building*) e FTTK (*Fibre To The Kerb*) previstas para a parte do demonstrador de campo de Aveiro dentro do campus.

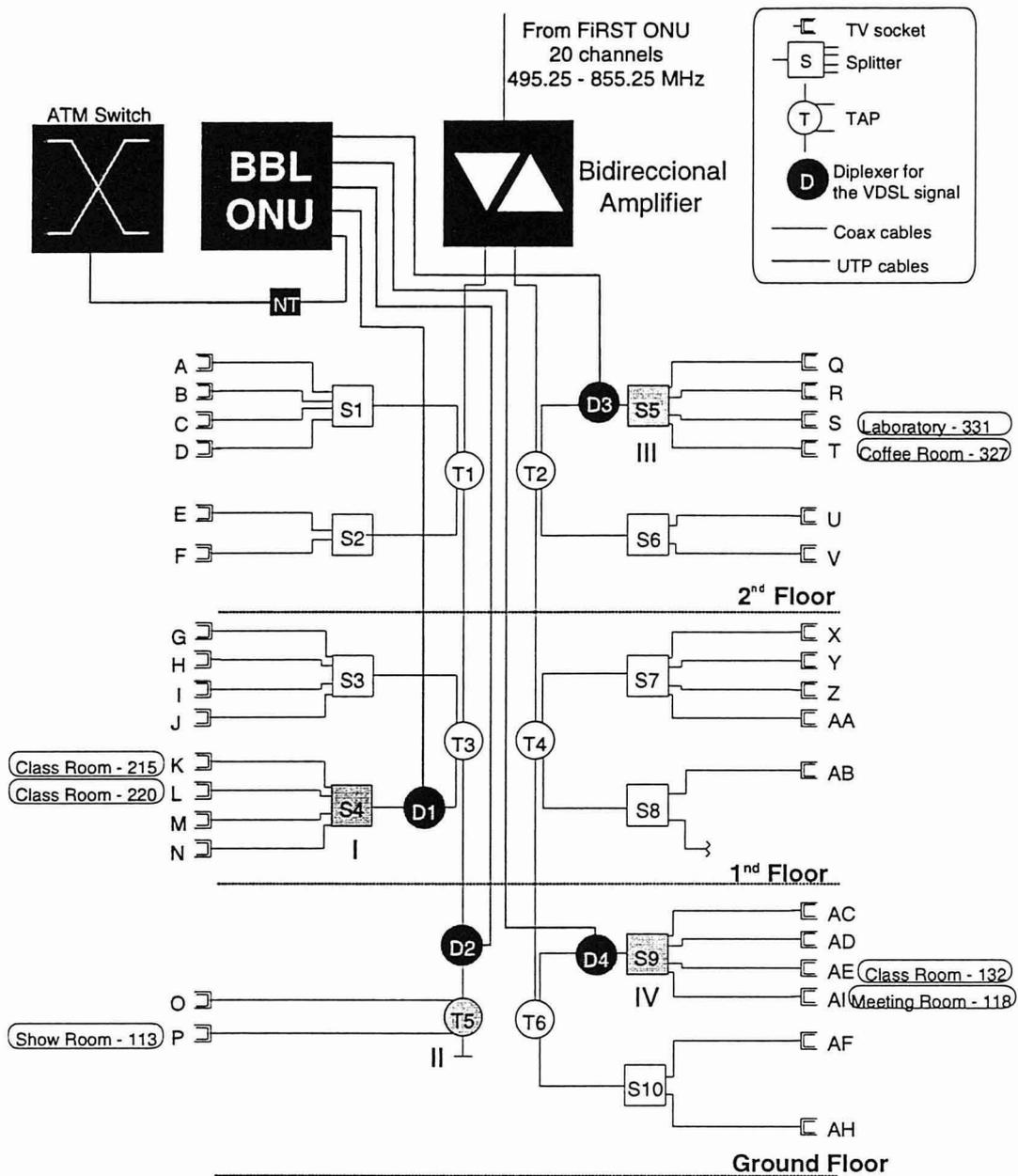


Figura 47 - Diagrama geral das ligações FTTB no Departamento de Electrónica e Telecomunicações da UA

A Figura 47 mostra como se faz uso da rede de distribuição de televisão por cabo existente no Departamento de Electrónica e Telecomunicações (DET) para transportar o sinal VDSL da ONU até cada uma das salas envolvidas no demonstrador.

A Figura 48 detalha a ligação entre a ONU do DET e os NTs. Cada saída da ONU, em par entrançado, é ligada a um cabo UTP na caixa de distribuição principal. Os cabos UTP são ligados à rede de CATV através de um *balun* para fazer-se a adaptação de impedâncias de modo a permitir a ligação ao *diplexer*. No *diplexer* os sinais da rede

CATV e VDSL da ONU são adicionados usando multiplexagem de frequências. Nas tomadas de parede são utilizados filtros passa-alto e passa-baixo para a extracção dos sinais de televisão analógica e o sinal VDSL.

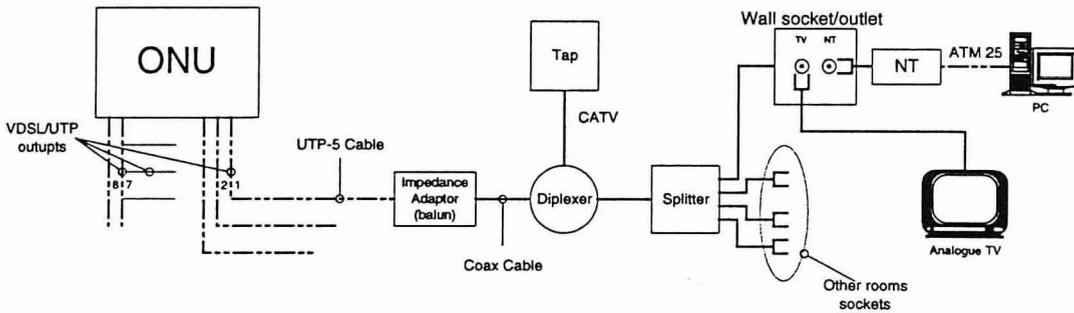


Figura 48: Detalhe da ligação entre a ONU e o NT no edifício do DET

A Tabela 2 indica o plano de frequências utilizadas na rede CATV do edifício do DET. Pode observar-se a partilha do mesmo meio por três serviços distintos: VDSL, Modem de Cabo e CATV.

Serviço	Frequência da portadora (MHz)
VDSL	17-30
Modem de cabo (controlo)	30.5
Modem de cabo (A upstream)	31.75
Modem de cabo (B upstream)	33.75
Modem de cabo (control)	222.75
Modem de cabo (A downstream)	224
Modem de cabo (B downstream)	226
CATV	495.25-855.25

Tabela 2: Plano de frequências da rede CATV no DET

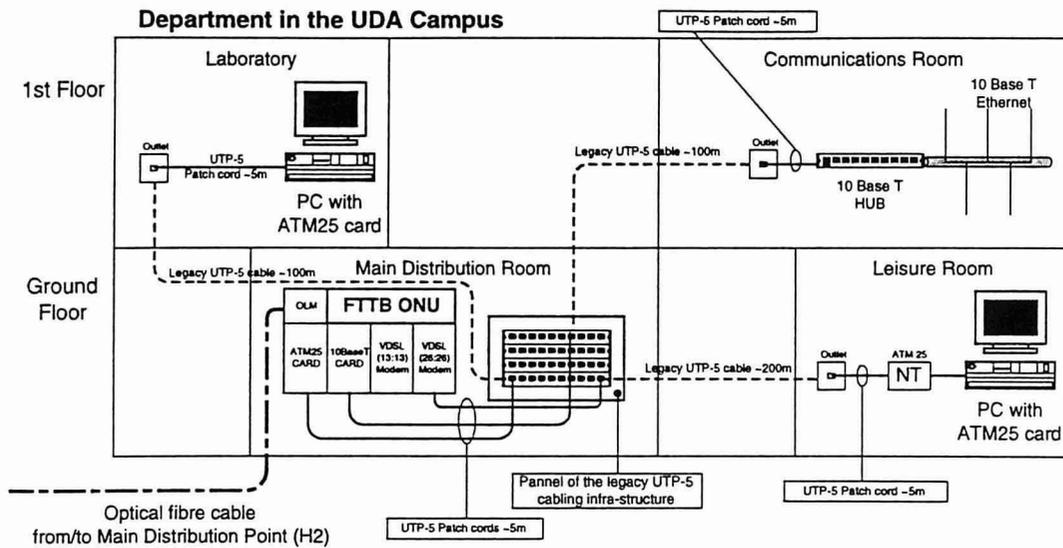


Figura 49 - Diagrama geral das ligações FTTB na UA

Na Figura 49 pode observar-se como uma infraestrutura baseada em UTP5, herdada das redes tradicionais existentes nos vários departamentos da Universidade, é utilizada como parte da rede de distribuição *In-House* do projecto BBL, no caso de uma ONU FTTB. Os serviços fornecidos por este tipo de ONU na Universidade serão Ethernet (10 Base T), ATM 25 Mbps e VDSL 13-13 Mbps.

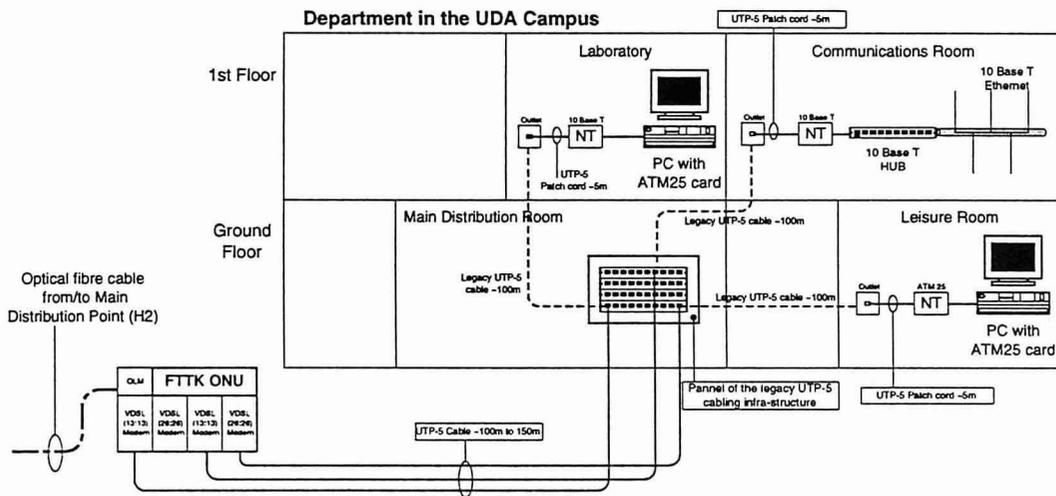


Figura 50 - Diagrama geral das ligações FTTK na UA

No caso das ONUs FTTK (Figura 50), devido às distâncias envolvidas serem consideráveis, apenas o serviço VDSL 13-13 Mbps será fornecido. Neste caso serão

utilizados NTs (*Network Terminator*) activos com adaptação de VDSL 13-13 Mbps para Ethernet ou Atm 25 Mbps dentro dos edifícios para ligar ao equipamento terminal dos utilizadores.

A Tabela 3 contém as principais características das ONUs que serão instaladas no demonstrador do projecto BBL de Aveiro (dentro da Universidade). As características apresentadas são: o tipo de ONU (FTTB or FTTK); as interfaces que cada uma terá (tendo em atenção as redes já existentes em cada local) e ainda os utilizadores e serviços disponibilizados. Procurou-se diversificar ao máximo o tipo de utilizadores e o tipo de serviços fornecidos, de modo a garantir elevados níveis de utilização e diversificação de uso.

ONU Local/nº	ONU Tipo	ONU's/NT Interfaces	Redes Tradicionais	Utilizadores/Utilização
IT ONU 10	FTTB	2x ATM 25	ATM, Ethernet	Acesso à Rede ATM da Universidade Profissionais de Telecomunicações
CIFOP ONU 11	FTTB	ATM 25 10 Base T	Ethernet	Centro de Treino de Professores Sala de TeleConferências
CICUA e Biblioteca ONU 12	FTTB	10 Base T VDSL (13:13) / 10 Base T	Ethernet	Centro de Informática Biblioteca da Universidade
DETUA ONU 13	FTTB	VDSL (51:1.6) / ATM 25 ATM 25 10 Base T	CATV Ethernet ATM	Profissionais de Telecomunicações
SACA ONU 14	FTTB	ATM 25 10 Base T	Ethernet	Profissionais dos Media
MAT, CEFASI e MEC ONU 15	FTTK	3x VDSL (13:13) / 10 Base T	Ethernet	Professores de Matemática Centro de formação para a industria Profissionais de Eng.ª Mecânica
FIS, GEI e QUI ONU 16	FTTK	3x VDSL (13:13) / 10 Base T	Ethernet	Investigadores em Física Profissionais de Gestão industrial Investigadores em Química

Tabela 3: ONUs, interfaces, redes tradicionais e utilizadores na Universidade

4.2.3 Serviços

Os serviços desempenham um papel fundamental no sucesso comercial em qualquer tipo de rede. Uma infraestrutura e a tecnologia de transporte podem ser maravilhosos mas, se não suportarem serviços que atraiam clientes, estão condenados ao insucesso.

Deste modo, no projecto BBL procurou-se desde logo identificar um conjunto de serviços atractivos e que, simultaneamente, apresentem características diversas que possam servir de modelo para as futuras redes de banda larga.

Como foi explicado anteriormente, haverá dois fornecedores de serviços neste demonstrador. O CET fornecerá serviços a todos os utilizadores do Demonstrador de Campo, enquanto que a Universidade de Aveiro fornecerá serviços aos utilizadores desse demonstrador que se encontrem dentro do Campus.

Assim sendo, os seguintes serviços foram identificados:

CET	UDA
Acesso à INTERNET	Acesso à INTERNET
Distribuição de Vídeo Digital	Serviço de Consulta de Conteúdos Multimédia
Vídeo-a-Pedido	Vídeo-Conferência
Interligação de LANs	

4.2.3.1 *Serviços fornecidos pelo CET*

O CET, no seu papel de Hospedeiro Nacional, fornecerá os serviços de acesso à INTERNET (WWW, News, FTP e Correio Electrónico), distribuição de video (utilizando MPEG2 sobre ATM), video-a-pedido (VOD - *video-on-demand*) e interligação de LANs.

Na Figura 51 está representada a configuração da rede para o suporte dos serviços fornecidos pelo CET.

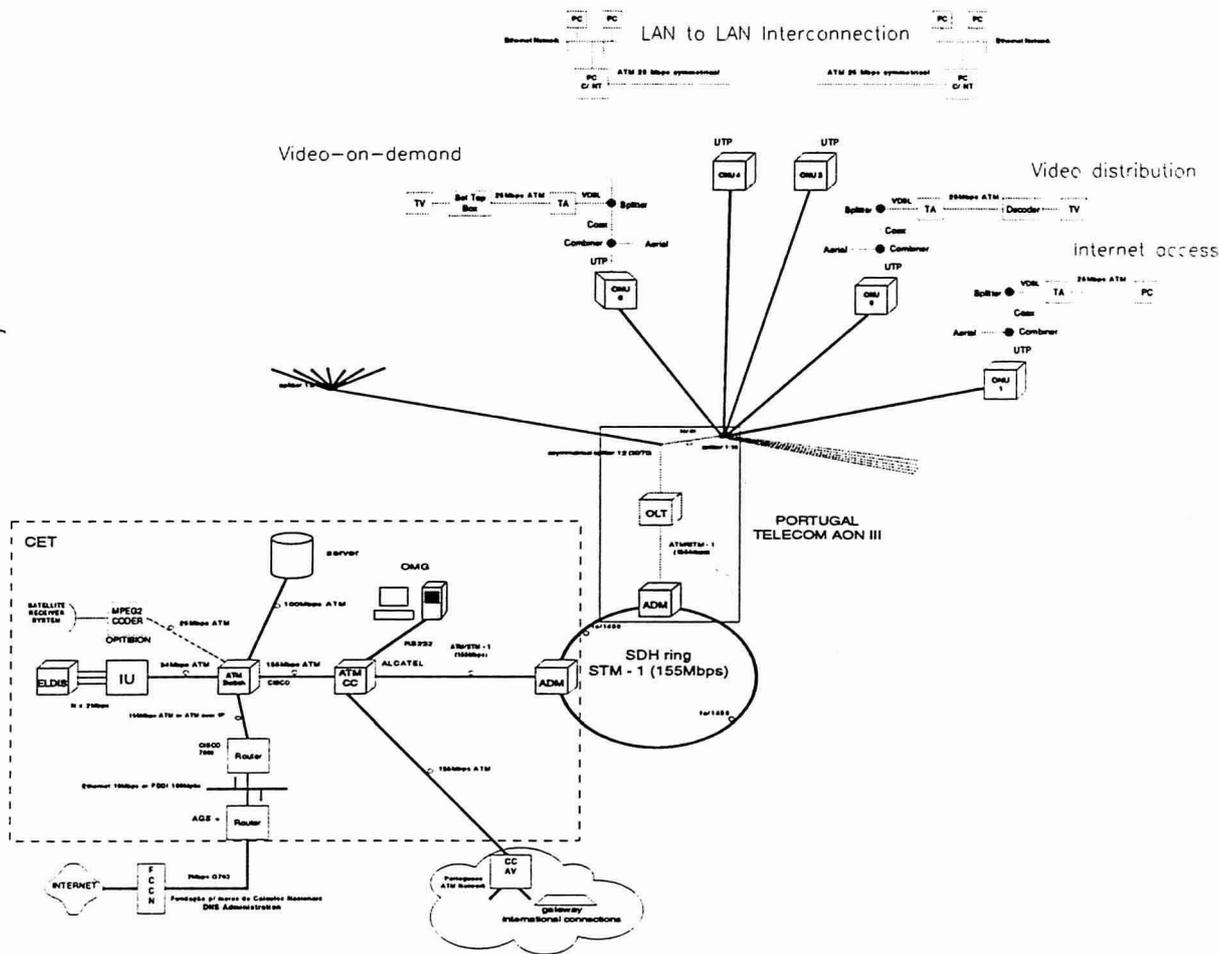


Figura 51: Configuração dos Serviços Fornecidos Pelo CET

4.2.3.1.1 Serviço de Acesso à Internet

A Figura 51 mostra a configuração de rede necessária para fornecer e utilizar este serviço. O acesso é feito através de dois *routers*. Estes *routers* encontram-se ligados entre si através da LAN do CET e um deles está ligado à rede ATM (e consequentemente ao BBL) e o outro fornece o acesso à INTERNET.

Os utilizadores precisam apenas de um PC com uma placa de rede. O tipo de interface de rede depende do tipo de interface disponível à saída do NT que serve cada cliente.

4.2.3.1.2 Distribuição de Video digital

Também na Figura 51 se pode ver a configuração da rede para este serviço.

Os utilizadores, para poderem usufruir deste serviço, necessitam de um decodificador MPEG2 com interface ATM 25.6 Mbps e de um televisor normal.

4.2.3.1.3 Serviço de Video-a-Pedido

Este serviço baseia-se numa aplicação comercial da MICROSOFT que utiliza videos codificados em MPEG1 e os envia sobre ATM. O servidor estará directamente ligado ao comutador ATM (no CET) e os utilizadores necessitarão de uma *set-top-box* que descomprime o sinal e o envia para uma vulgar televisão.

Os utilizadores necessitam apenas da *set-top-box* e de um televisor.

4.2.3.1.4 Interligação de LANs

Este serviço será utilizado para interligar algumas das LANs já existentes nos locais onde as ONUs serão instaladas. É o caso das escolas secundárias da cidade de Aveiro. A Figura 51 mostra dois PCs com interface ATM 25.6 Mbps ligados a duas ONUs do BBL, e simultaneamente, cada um desses PCs possui interfaces Ethernet por onde se ligam a redes locais Ethernet. Estes PCs terão software adequado (Windows NT p.ex.) de modo a fazerem o encaminhamento do tráfego entre as duas LANs, usando a rede do BBL.

4.2.3.2 Serviços fornecidos pela Universidade de Aveiro

Em termos de serviços, a Universidade de Aveiro coloca-se numa posição de uma empresa que faz uso da rede pública de acesso do BBL para:

- Fornecer aos seu utilizadores acesso aos serviços públicos;
- Alargar o âmbito da utilização dos serviços prestados pela sua rede ATM local.

Como foi atrás referido, a Universidade de Aveiro fornecerá os serviços de acesso à INTERNET, consulta de conteúdos multimédia (através de uma aplicação de *software* desenvolvida na UA, o SERCOM), serviço de video-conferência. Estes serviços estão presentes na rede ATM da Universidade. O fornecimento destes serviços passa pela interligação de um comutador ATM da rede ATM da UA, a uma das ONUs que ficará no Campus. Devido a características de temporização, numa primeira fase, esse comutador ficará ligado através de uma interface ATM 25.6 Mbps a um NT que, por sua vez, estará ligado à ONU do DET usando VDSL (51.6 Mbps - 1.6 Mbps). Numa fase posterior, a interligação do comutador ATM da rede ATM da Universidade de Aveiro será feita directamente a uma ONU com interface ATM 25.6 Mbps. A Figura 52 representa o que foi aqui descrito.

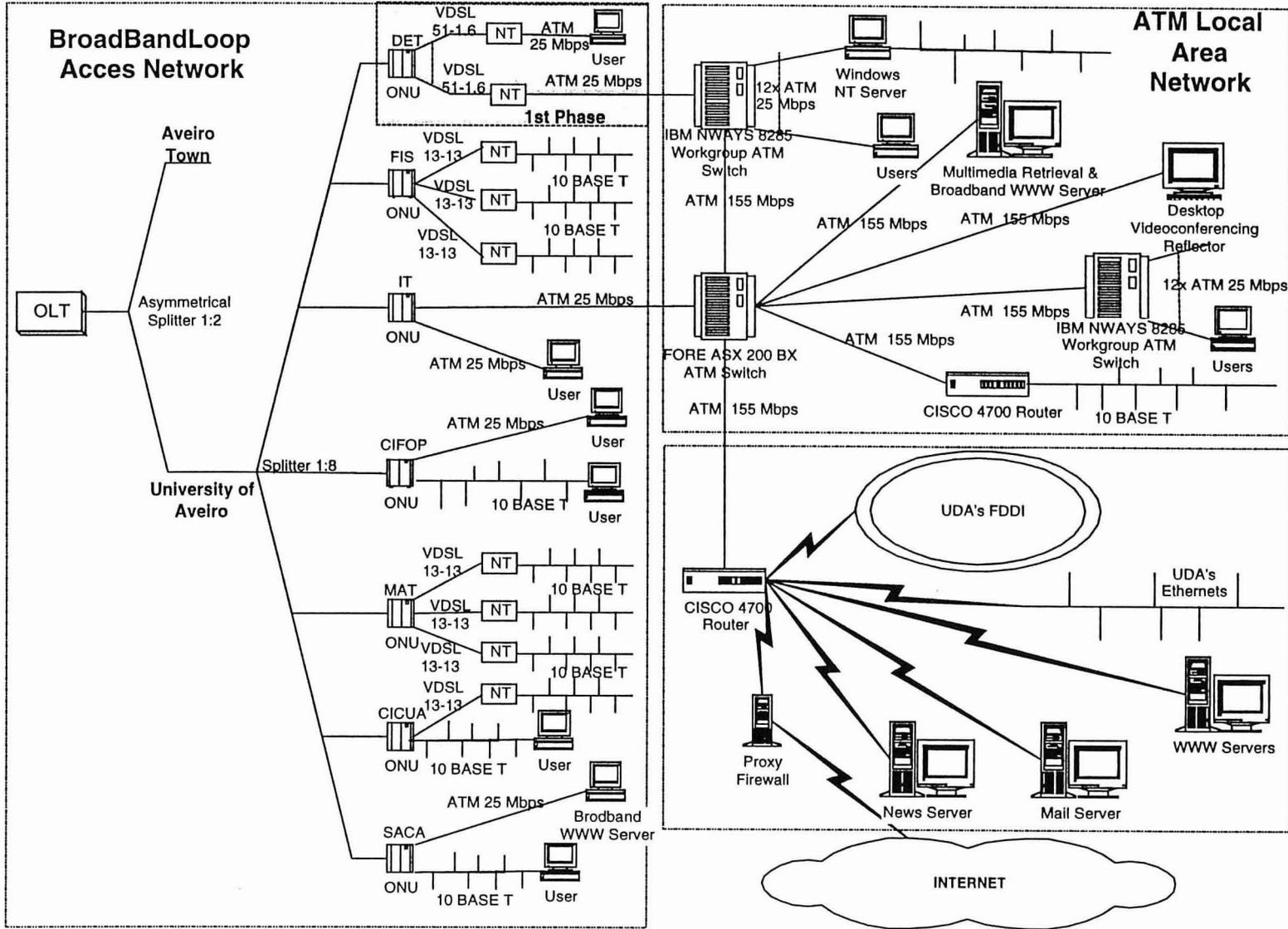


Figura 52: Configuração dos Serviços Fornecidos Pela Universidade de Aveiro

O acesso à Internet será fornecido através de uma ligação dum Router (CISCO 4700), situado no Centro de Informática e Comunicações da UA ao comutador central da rede ATM da UA. Este serviço possibilitará aos utilizadores da infraestrutura do BBL da UA, o acesso a correio electrónico, *news (Use Net)* e servidores WWW (Figura 52).

O *router* dispõe de uma ligação à rede FDDI do campus, que por sua vez, através de um servidor *proxy*, tem uma ligação de 4 Mbps à Internet. O uso de um *proxy*, com capacidades de *firewall* tem como objectivo fazer a protecção de todas as redes do campus e simultaneamente, diminuir o tempo de acesso às páginas WWW mais procuradas, através do uso de *cache* em disco rígido dessas páginas.

Ainda ligados à rede FDDI (e conseqüentemente ao *router* CISCO 4700) estão os vários servidores atrás mencionados.

O sistema de consulta de conteúdos multimédia da UA é um sistema interactivo que dá aos utilizadores acesso a informação multimédia, tal como audio, video, gráficos e imagens. O servidor estará directamente ligado ao comutador central da rede ATM do campus. Esta informação pode ser acedida através de um PC com uma placa de descompressão MPEG. Dependendo do tipo de informação, existem conjuntos de funcionalidades de navegação:

- filmes – o utilizador pode escolher o instante em que inicia a visualização. Além disso, tem controlo de *play*, *stop* e *pause/resume*;
- catálogos multimédia – são conjuntos de páginas compostas por gráficos, imagens, video e audio. Existem funcionalidades para passar à página seguinte, página anterior e a uma página específica.

O primeiro tipo de informação (video) é adequado a serviços como video-a-pedido, noticias-a-pedido (*news-on-demand*) e outros do género. O segundo tipo (catálogos multimédia) é apropriado para catálogos de produtos, informação turística, ensino à distância e outros.

O serviço de video-conferência pode ser utilizado para reuniões distribuídas e trabalho cooperativo, por exemplo.

À data da escrita desta dissertação, está a ser estudado o uso de outras aplicações, tais como uma aplicação de telemedicina desenvolvida no polo de Aveiro do INESC.

4.2.3.2.1 Serviço de Acesso à Internet

Este serviço será disponibilizado aos utilizadores do BBL (do Campus) através da rede local ATM existente na Universidade. A Figura 52 mostra a configuração de rede e serviços na universidade. Como se pode observar pela figura, um utilizador do BBL para aceder à INTERNET utiliza um comutador ATM *Workgroup* (IBM Nways 8285), um comutador ATM *Backbone* (FORE ASX 200BX), um *router* (CISCO 4700) com interfaces ATM e FDDI e um servidor *proxy*. É de notar que a ligação da ONU do DET ao comutador IBM *Workgroup* será provisória devido à calendarização da instalação do equipamento do BBL. Numa fase posterior, a interligação entre o BBL e a rede ATM local da universidade será feita entre a ONU do IT e o comutador central (FORE ASX 200BX) da rede ATM. Ligados à rede ATM local da universidade estão um servidor WWW (no caso deste servidor, os conteúdos são essencialmente do tipo multimédia), um reflector de video-conferência e ainda dois *routers*. Um desses *routers*, como foi atrás dito, está ligado a um servidor *proxy* e ainda a vários outros servidores de correio electrónico, *news* e WWW através da sua interface FDDI.

O equipamento envolvido para fornecer este serviço é o seguinte:

- Comutador ATM IBM Nways 8285 Workgroup;
- Comutador ATM FORE ASX 200 BX;
- *Router* CISCO 4700 com interfaces ATM and FDDI;
- Servidor de *proxy*;
- *Workstation* SUN Sparc com interface ATM 155 Mbps, directamente ligada ao comutador FORE, e com um servidor WWW com conteúdos multimédia;
- Outros servidores WWW ligados ao anel FDDI;
- Servidores de correio electrónico e de *news* ligados ao anel FDDI.

Do lado dos utilizadores será necessário um PC com placa de rede adequada (dependendo da interface disponibilizada) e com software necessário para utilizar este

tipo de serviço (*Browser*, gerenciador de correio, leitor de *news*, *telnet*, *ftp* e outras aplicações baseadas em TCP/IP).

4.2.3.2.2 Serviço de consulta de conteúdos Multimédia

Este serviço é implementado de modo a permitir aos utilizadores do BBL, de uma forma interactiva, aceder a informação que se encontra armazenada num servidor remoto. O servidor responsável por este serviço foi desenvolvido na Universidade de Aveiro e estará implementado numa workstation SUN Sparc (equipada com interface ATM 155 Mbps) que está directamente ligada ao comutador central da rede local ATM da universidade. Deste modo garante-se que quer o servidor, quer a rede de suporte debitarão a informação ao ritmo desejado e pedido pelas aplicações clientes dos utilizadores. Os conteúdos multimédia deste servidor estão armazenados em formato MPEG1.

Da Figura 52 depreende-se que o equipamento envolvido na provisão deste serviço é:

- Comutador ATM FORE ASX 200 BX;
- Comutador ATM IBM Nways 8285 Workgroup;
- Workstation SUN Sparc com interface ATM 155 Mbps, ligada ao comutador FORE, e hospedando o *software* do servidor.

Para aceder a este serviço, os utilizadores necessitam de um PC (mínimo 100 Mhz) equipado com placa de descompressão MPEG1, e utilizando o *software* cliente específico para este serviço.

4.2.3.2.3 Serviço de Video-Conferência

A aplicação/serviço de video-conferência permite que vários utilizadores participem numa conferência, numa reunião, em trabalho cooperativo, etc, distribuídos geograficamente. Existem várias aplicações no mercado que podem ser utilizadas neste demonstrador. As mais conhecidas e provavelmente as que melhor se adaptam às necessidades do BBL serão a aplicação CU-SeeMe (Cornell University) ou ferramentas MBONE. Uma das grandes diferenças entre estas duas aplicações reside no facto de a primeira delas (CU-SeeMe) necessitar de um reflector, onde todos os participantes se ligam, para que se possa realizar um evento com mais de dois

participantes. Este tipo de filosofia tem algumas desvantagens, nomeadamente, a necessidade de o ponto reflector ter de replicar a informação para todos os participantes. Isto é claramente prejudicial em termos de largura de banda, uma vez que quanto mais participantes estiverem envolvidos no evento, mais "pesado" se torna. No caso das ferramentas MBONE, o seu princípio de funcionamento é ligeiramente distinto. Estas ferramentas utilizam endereços IP especiais, de multicast, pertencentes à rede 224.0.0.0. Todos os participantes utilizam estes endereços para envio e recepção de dados, video e audio, não havendo portanto necessidade de um ponto reflector. No demonstrador de campo do BBL serão testadas estas duas aplicações e será comparado o seu desempenho. No caso do CU-SeeMe, o seu reflector estará localizado numa *workstation* SUN SPARC ou num PC dedicado, de modo a garantir a capacidade de processamento e largura de banda necessários.

Em ambos os casos, os participantes terão de ter instalados nos seus PCs o software cliente (Cu-SeeMe ou ferramentas MBONE), placas de som e video compatíveis, camaras, microfones e colunas.

4.2.3.3 Características dos Serviços

4.2.3.3.1 Acesso à Internet

Hoje em dia vive-se um *boom* na procura pela Internet e seus serviços. É um dos meios privilegiados para obtenção e troca de informação. Este serviço pretende disponibilizar aos utilizadores do BBL, acesso a servidores de correio electrónico, de ftp, de *news* e de WWW. Os utilizadores são ainda livres de utilizar outras aplicações sobre TCP/IP. Embora este serviço, tal como é ainda conhecido hoje, não apresente requisitos de alta performance em termos de atrasos (atraso absoluto e variação de atraso), largura de banda e outros, é cada vez mais notório o aparecimento de aplicações que requerem transferência de informação em tempo real (*Real Video*, *Real Audio* e outras aplicações de conferência são disso exemplo) e portanto torna-se necessário preparar as redes desde já. Assumindo que existe largura de banda disponível, estas aplicações são bastante atractivas para os utilizadores. Deste modo, torna-se necessário "equipar" o Demonstrador de Campo do BBL com este tipo de serviço de modo a cativar utilizadores e testar o desempenho da rede.

Características particulares deste tipo de serviço:

Tipicamente, este serviço é bidireccional e altamente assimétrico. É um tipo de tráfego com períodos de pico em termos de largura de banda utilizada, seguidos de períodos de inactividade. Em termos de perdas, é um serviço de dados, portanto não suporta elevadas taxas de erros. A variação do atraso é tolerada, excepto nos casos em que se usam aplicações em tempo real.

4.2.3.3.2 Distribuição de Video

Este serviço é suportado em MPEG2 sobre ATM. Será utilizado um compressor tempo real MPEG2 que converterá um canal televisivo e o colocará em células ATM. No destino, os clientes terão um descompressor MPEG2 ligado ao seu aparelho televisivo.

Características particulares deste tipo de serviço:

Este é um serviço distribuído que requer um ritmo de transmissão no sentido descendente (até ao cliente) dependente da norma de compressão utilizada e da qualidade requerida. No caso de MPEG2, o ritmo de transmissão exigido varia entre os 3 Mbps e os 6 Mbps.

4.2.3.3.3 Vídeo-a-Pedido e Consulta de Conteúdos Multimédia

Estas aplicações permitem visualizar um vídeo escolhido pelo utilizador, de um conjunto de vídeos disponíveis no servidor nesse momento. É possível vários utilizadores visualizarem o mesmo vídeo em simultâneo, e em diferentes partes. Além disso, o utilizador tem completo controlo da visualização do filme em questão, isto é, pode controlar o filme como se estivesse a controlar o seu leitor de vídeo em casa. A distinção entre o vídeo-a-pedido e a consulta de conteúdos multimédia é apenas a nível de conteúdo e do tipo de utilizadores a que se destinam.

Características particulares deste tipo de serviço:

Este serviço é tipicamente bidireccional, sendo que, requer uma elevada largura de banda no sentido descendente (até ao utilizador) e muito reduzida em sentido inverso. O ritmo de transmissão necessário depende fundamentalmente da norma de compressão e da qualidade de imagem pretendida. Para um serviço baseado em MPEG2, o ritmo de transmissão necessário no sentido descendente será de 3 a 6

Mbps. No caso de MPEG1, que será utilizado neste demonstrador, o ritmo de transmissão necessário é da ordem dos 1.5 Mbps. A aplicação utilizada neste demonstrador requer apenas alguns Kbps no sentido contrário. Devido à natureza interactiva desta aplicação e às limitações do equipamento terminal em termos de *buffers* e interface de rede, é exigida uma qualidade de serviço em termos de tempo de resposta, variação do atraso e quantidade de informação transmitida em cada "pico".

4.2.3.3.4 Interligação de LANs

Este serviço permite a interligação de redes locais afastadas geograficamente, de modo a permitir criar redes locais virtuais muito maiores. Em termos de largura de banda, é um serviço que requer largura de banda simétrica.

Características particulares deste tipo de serviço:

Este serviço é bi-direccional e caracteriza-se por ter picos de transferência seguidos de períodos de menos tráfego. Excepto em casos de utilização de aplicações de audio e video, este serviço normalmente tolera bem atrasos e variação de atraso.

4.2.3.3.5 Video-conferência

O serviço de video-conferência permite que pessoas geograficamente distantes possam ter reuniões interactivas sem que para tal tenham de se deslocar. Os participantes numa video-conferência podem ouvir-se e verem-se em tempo real. Além destes aspectos, os participantes podem ainda trocar imagens, textos, informação e video entre eles e durante a video-conferência.

Características particulares deste tipo de serviço:

Este é um serviço que impõe requisitos muito importantes em termos de comportamento da rede com tráfego em tempo real.

Este serviço/aplicação pode ser implementado usando uma das topologias seguintes:

- Ponto-a-Ponto: Com esta topologia apenas dois pontos podem estar ligados em simultâneo.
- Multiponto: Existem duas soluções para fazer este tipo de ligação. Uma das soluções é fazer uma ligação de todos os participantes para todos (usando ou não facilidades de *multicast*) e a outra é utilizar um servidor ao qual todos os

participantes estão ligados e que é responsável pela recepção e envio da informação de todos e para todos os participantes.

Claramente, cada uma das soluções adoptadas tem consequências distintas no desempenho da rede, e no âmbito do BBL pretende-se avaliar as principais vantagens e inconvenientes de cada uma das abordagens.

4.2.4 Utilizadores

Um dos pontos fulcrais para o sucesso do demonstrador é a capacidade de alimentar a rede com o máximo de tráfego possível. Isso é feito, claro, através dos vários serviços e aplicações disponibilizados. Por este motivo, os utilizadores seleccionados (Tabela 4) para este demonstrador são escolhidos cuidadosamente de modo a consagrarem os vários tipos possíveis de utilizadores reais, e através deles, obter o máximo de utilização possível da rede.

ONU	Localização
ONU 1 (FTTK)	Distribuição Residencial
ONU 2 (FTTB)	Hospital de Aveiro
ONU 3 (FTTK)	CET
ONU 4 (FTTB)	Escola Secundária José Estevão
ONU 5 (FTTB)	Centro de Saúde
ONU 6 (FTTB)	Distribuição Residencial
ONU 7 (FTTB)	Centro Cultural de Aveiro
ONU 8 (FTTB)	Loja Portugal Telecom
ONU 9 (FTTK)	Distribuição Residencial
UA - ONU 10 (FTTB)	Instituto de Telecomunicações
UA - ONU 11 (FTTB)	Centro integrado de Formação de Professores
UA - ONU 12 (FTTB)	Centro de Informática e Comunicações
UA - ONU 13 (FTTB)	Departamento de Electrónica e Telecomunicações
UA - ONU 14 (FTTB)	Departamento de Comunicação e Arte
UA - ONU 15 (FTTK)	FTTK perto do Departamento de Matemática
UA - ONU 16 (FTTK)	FTTK perto do Departamento de Física

Tabela 4 - Utilizadores do Demonstrador do projecto BBL em Aveiro

As figuras seguintes (Figura 53 e Figura 54) mostram dois mapas com a localização das diversas ONUs do demonstrador de campo do BBL. A segunda figura serve

apenas para mostrar com mais detalhe a localização das ONUs dentro do Campus Universitário.

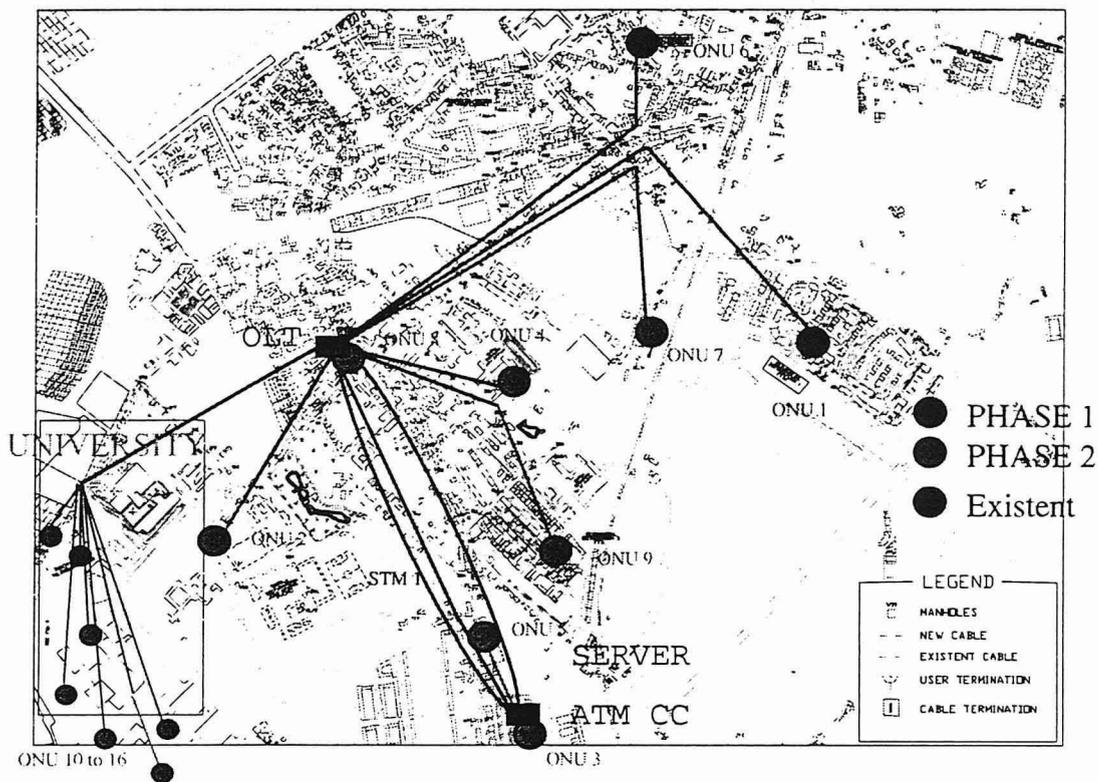


Figura 53 - Mapa de Aveiro com a localização das ONUs do BBL

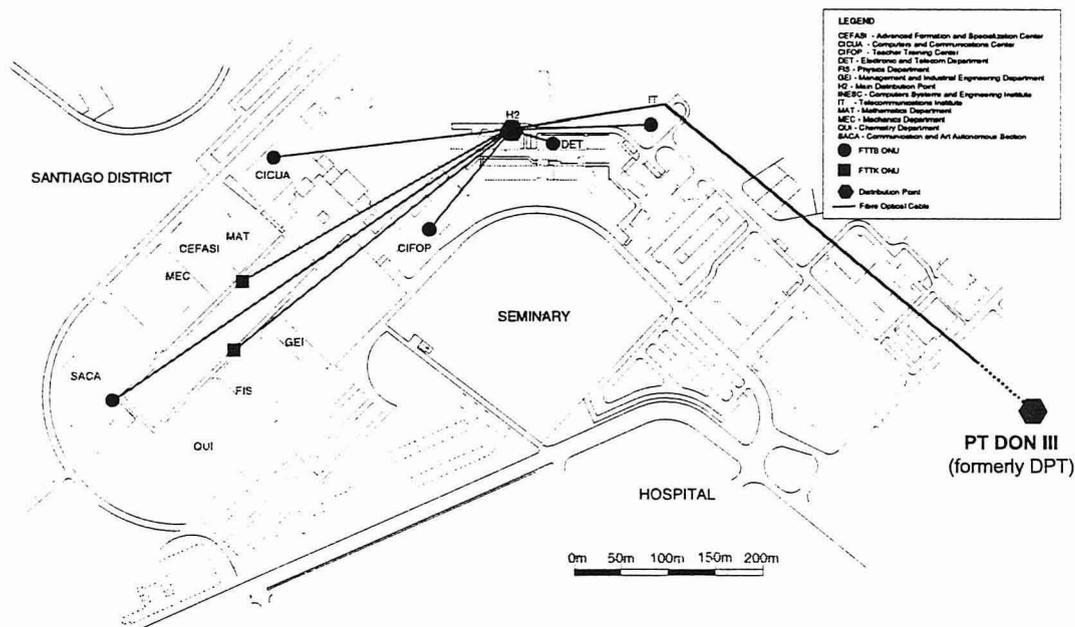


Figura 54 - Detalhe da localização das ONUs do BBL no Campus Universitário

Os parágrafos seguintes explicam a localização das sete ONUs que serão instaladas no Campus, o seu tipo (FTTB or FTTK), as interfaces utilizadas (tendo em conta as redes já existentes), o tipo de utilizadores e a utilização esperada. À data da escrita desta dissertação, estes cenários ainda não são definitivos, estando portanto abertos a alterações com vista a melhorar a utilização da infraestrutura em termos de quantidade de utilizadores e tráfego gerado.

- **Instituto de Telecomunicações (IT)**

Será neste edifício do IT que se processará a ligação física entre o demonstrador de campo do BBL e a rede ATM da Universidade. Será através do recurso às infraestruturas da rede local ATM da universidade que será possível fornecer os serviços previstos no BBL aos seus utilizadores. Deste modo, os utilizadores do BBL terão ainda mais fontes de informação e serviços, uma vez que poderão aceder a todos os recursos existentes na Universidade. A ligação do BBL à rede ATM da universidade será feita entre o comutador ATM central da Universidade e a ONU instalada neste edifício. Seria ideal utilizar umas das interfaces ATM de 155 Mbps disponíveis no comutador ATM, mas devido a restrições no lado da ONU, terá de se realizar esta ligação através de uma interface ATM de 25.6 Mbps.

- **Centro Integrado de Formação de Professores (CIFOP)**

Este edifício alberga o anfiteatro utilizado nos grandes eventos de teleconferências (p.ex. Escolas de Verão, descritas no capítulo anterior) e portanto é fundamental a existência de uma ONU que possibilite ao projecto BBL suportar eventos deste género. Assim, a ONU terá uma interface ATM de 25.6 Mbps. Além disto, as características humanas e da rede Ethernet já existente neste edifício tornam necessária a presença de uma interface Ethenet na ONU de modo a interligar os meios informáticos do edifício ao demonstrador do BBL, fazendo aumentar o universo de utilizadores e consequentemente, o nível de utilização da infraestrutura.

- **Centro de Informática e Comunicações da Universidade de Aveiro (CICUA)**

Este é o principal centro de processamento de informação da Universidade. Além disso, é o ponto central de comutação e encaminhamento de todas as redes locais e da rede FDDI da universidade. É portanto de extrema utilidade a presença de uma ONU

neste edifício. Esta ONU terá uma interface Ethernet para ligação à LAN deste centro, e terá ainda uma interface VDSL simétrica (13Mbps - 13 Mbps) que será utilizada para levar a rede BBL até ao edifício da biblioteca da universidade.

- **Departamento de Electrónica e Telecomunicações (DET)**

No Departamento de Electrónica e Telecomunicações trabalham e estudam pessoas com uma aptidão especial para testar e utilizar as novas tecnologias. São pessoas capazes de levar a tecnologia aos seus limites, tentando extrair das redes o máximo que elas podem oferecer. O tipo de trabalho que desenvolvem é uma garantia da utilização desta infraestrutura, serviços e aplicações. Este departamento está dotado de uma rede de distribuição de televisão por cabo (CATV) e esta infraestrutura será utilizada pelo BBL para transportar o sinal VDSL. Além de todos os factores atrás referidos, existe ainda o facto de neste departamento co-existir também uma parte da LAN ATM do campus. A presença de um comutador ATM neste departamento permite desde logo a interligação entre as duas infraestruturas, embora não seja esta uma solução definitiva. Com efeito, a interligação entre as duas infraestruturas será feita através do comutador ATM central (situado no IT), mas devido a constrangimentos temporais, numa fase inicial, será usado o comutador ATM *workgroup* do DET para essa inter-ligação. As interfaces presentes na ONU deste departamento serão VDSL (51 Mbps - 1.6 Mbps) e estarão ligadas a NTs com saída ATM 25.6 Mbps. Uma dessas saídas será utilizada para a interligação provisória ao comutador ATM IBM 8285 Workgroup.

Espera-se uma grande procura por estes serviços, especialmente no que diz respeito ao acesso à Internet.

- **Secção Autónoma de Comunicações e Arte (SACA)**

Neste edifício trabalham e estudam pessoas especializadas em novas tecnologias de comunicação, especialmente sensíveis a inovações e a conteúdos multimédia. Eles próprios produzem esses conteúdos e existe no edifício um servidor WWW. É portanto de todo o interesse colocar uma ONU neste edifício e garantir uma interface com ATM 25.6 Mbps de modo a que se possa dispor de um rápido acesso ao servidor WWW. Além da interface ATM 25.6 Mbps que será usada no servidor WWW,

existirá outra interface Ethernet, de modo a permitir ligar computadores pessoais, e deste modo alargar a utilização do BBL a utilizadores especializados.

- **Outros Departamentos (Dep. de Matemática / CEFASI / Dep. de Mecânica e Dep. de Física / Dep. de Química / Gestão Industrial)**

Estes edifícios são servidos por duas ONUs do tipo FTTH. O transporte do tráfego desde as ONUs até o interior destes edifícios será feito utilizando VDSL simétrico (13 Mbps- 13 Mbps), possibilitando deste modo que se utilizem NTs que tenham interfaces de saída Ethernet. Assim, poder-se-á utilizar os equipamentos e redes já existentes para a ligação ao demonstrador. A quantidade de utilizadores trazidos ao demonstrador por estas ONUs, e o facto de utilizarem VDSL trás ao demonstrador um contributo importante.

4.2.5 Outros Demonstradores do projecto BBL

Além do demonstrador de campo de Aveiro, o projecto BBL inclui ainda um demonstrador na Dinamarca e outro na Polónia. É objectivo do projecto fazer a interligação entre os diversos demonstradores de modo a que se teste a infraestrutura, os serviços e aplicações de uma forma mais intensiva. O demonstrador de Aveiro estará directamente ligado ao demonstrador dinamarquês. Para que tal seja possível, o BBL é cliente dos hospedeiros nacionais portugueses (RIA) e dinamarquês. A ligação entre estes hospedeiros é fornecida pelo, também projecto ACTS, JAMES.

O objectivo do projecto JAMES é testar e avaliar serviços baseados em ATM, interligando utilizadores de vários hospedeiros nacionais.

4.2.6 Conclusões

Nesta secção foram descritos a infraestrutura e serviços fornecidos pelo projecto BBL no demonstrador de campo de Aveiro, com especial ênfase para a parte situada dentro do Campus Universitário.

O conjunto de departamentos escolhidos, o tipo de interfaces utilizadas e os serviços disponibilizados foram descritos e foram ainda justificadas as opções tomadas.

Os serviços foram escolhidos de modo a cobrir os diferentes requisitos de rede (serviços de distribuição vs interactivos, baixo débito vs alto débito, simétricos vs

assimétricos, tempo real vs dados, etc.) o que incrementará o factor de validação de todo o projecto. Ainda mais, os serviços escolhidos visam representar os serviços que se pensa que terão mais procura nas futuras redes de banda larga por parte de utilizadores residenciais, institucionais e comerciais.

Capítulo V

Conclusões

5 Conclusões

A tecnologia ATM é baseada em conceitos poderosos e flexíveis. A grande flexibilidade desta tecnologia é o seu ponto mais forte. Pelo facto de permitir uma solução única desde a estação de trabalho até aos provedores de serviço e de conteúdos, passando pelas redes de interligação, tudo fica muito mais simples e, essencialmente, a gestão é bastante simplificada.

A adicionar às suas características, existem ainda as normas que permitem uma migração gradual desde as tecnologias tradicionais até ao ATM. São exemplo destas normas o LANE e o IP Clássico sobre ATM. Deste modo, podemos continuar a utilizar os protocolos e aplicações existentes há muito, com os benefícios acrescidos pela utilização do ATM. A este sucesso do ATM não é alheio o esforço de muitas pessoas e entidades, sobretudo o ATM Forum, o ITU-T e o IETF, na procura da normalização e do interfuncionamento com as tecnologias existentes.

De todos os eventos realizados no âmbito deste mestrado com redes internacionais, verificou-se que se pode aumentar a complexidade das infraestruturas tanto quanto humanamente seja possível, pois o ATM mostrou capacidade para suportar essa complexidade. Neste aspecto, as Escolas de Verão em Comunicações Avançadas de Banda Larga foram contributos importantes para a afirmação desta tecnologia. A utilização do ATM aliado a técnicas de *multicast* baseado em *broadcast* ATM e *multicast* ao nível do protocolo IP permitiu interligar dezenas de pontos espalhados pela Europa e Canadá. Foi utilizada a ferramenta de Serviço de Conferência, ISABEL, para realizar eventos distribuídos do tipo teleconferência. Nestes eventos existe um pólo coordenador, vários pólos principais (com completa interactividade) e ainda pólos observadores, cujas funções nos eventos são bastante limitadas. Entre os pólos principais existe completa interactividade em termos de vídeo, áudio, partilha de aplicações e outras funções.

Ainda no capítulo das experiências em redes ATM internacionais, verificou-se que o protocolo TCP/IP não é ajustado a comunicações que envolvam atrasos de transmissão elevados (mais de 300 ms) e larguras de banda elevadas. Surgiram

entretanto propostas de outros protocolos que visam colmatar esta limitação do TCP/IP. Um dos possíveis temas de continuidade do trabalho apresentado nesta dissertação poderá ser o estudo destes novos protocolos.

Com o LANE muitas portas se abrem e as possibilidades de utilização do ATM são imensas. A segunda versão do LANE trará ainda maior liberdade aos gestores da rede na configuração desta. As redes locais podem evoluir muito mais rapidamente para o ATM e disfrutar de todas as vantagens da banda larga nos postos de trabalho. O LANE versão 2 trará a possibilidade de reserva de recursos e deste modo será salvaguardada a possibilidade de escolha de QoS. A rede local ATM da Universidade de Aveiro, descrita no Capítulo 4, utiliza este protocolo para criação de redes virtuais, bastante úteis quando coexistem grupos de trabalho distintos na mesma área geográfica e há necessidade de fazer uma separação lógica, como é o caso da UDA.

A rede ATM da Universidade de Aveiro foi ainda apresentada como uma solução para interligação de redes tradicionais e como complemento às redes já existentes de modo a ser possível suportar os serviços de banda larga emergentes. Esta rede conta com três comutadores ATM, dois *Routers* com *interfaces* ATM, Ethernet e FDDI e ainda com inúmeros terminais e servidores. A configuração actual e os serviços implementados ou em vias de implementação estão descritos no quarto capítulo desta dissertação.

O projecto BroadBandLoop é um contributo precioso para a validação da tecnologia ATM em redes de acesso públicas. A solução de rede de acesso em implementação neste projecto é um híbrido de uma rede óptica (tecnologia PON) e uma rede de cobre. Foram escolhidos para implementação neste demonstrador os serviços que se esperam ter maior procura nas futuras redes de banda larga: video interactivo, *Internet Like Services*, distribuição de vídeo, interligação de LANs e video conferência.

O transporte de ATM sobre tecnologia VDSL é já uma realidade testada e que permite a utilização das velhas infraestruturas para, de uma forma incrementada, levar os serviços de banda larga até às casas dos clientes. Esta tecnologia (VDSL) foi utilizada com sucesso no Departamento de Electrónica e Telecomunicações da Universidade de Aveiro utilizando uma rede de distribuição de televisão por cabo (CATV) para transportar o sinal VDSL. Do lado do utilizador foi utilizado um NT para converter o

sinal VDSL para ATM (25.6Mbps) e integrar o equipamento terminal (um PC) à infraestrutura e serviços do demonstrador de campo do projecto BBL.

Nesta dissertação optou-se por um carácter mais descritivo das infraestruturas e serviços utilizados uma vez que as soluções encontradas para resolver cada um dos problemas que surgiram, foram soluções circunstanciais devido ao carácter experimental da própria tecnologia ATM. Deste modo, muitos dos problemas surgidos deixaram de existir com o amadurecimento da tecnologia e equipamentos e deixa de fazer sentido apresentar as soluções utilizadas naquele momento no tempo.

Como apontamento final convém referir o teor essencialmente prático deste mestrado que permitiu ao autor ganhar uma experiência de grande valor em várias áreas que se podem resumir nos seguintes pontos:

- Conhecimentos da tecnologia ATM, protocolos suportados e suas características;
- Gestão e administração de máquinas UNIX;
- Gestão e administração de PCs com vários sistemas operativos (Windows 95, Windows NT) ;
- Gestão, administração e configuração de *Routers* de vários modelos e fabricantes;
- Gestão, administração e configuração de comutadores ATM de vários modelos e fabricantes;
- Configuração de adaptadores de rede de diversos fabricantes;
- Utilização de diversas normas suportadas pelo ATM;
- Organização e gestão de eventos de grandes dimensões envolvendo vários pólos;
- Experiência em eventos utilizando satélites e características únicas associadas;
- Configuração, gestão e manutenção de redes locais ATM e interfuncionamento com redes de outras tecnologias;
- Implementação de redes públicas de acesso e tecnologias associadas;
- Interfuncionamento entre redes locais e redes públicas de acesso;
- Serviços de banda larga.

Anexo I

Recomendação DAVIC 1.0

6 Recomendação DAVIC 1.0

6.1 Arquitectura de Rede Genérica

Na Figura 55 encontra-se a arquitectura de rede genérica, para o caso de *Video on Demand*, definida pelo DAVIC. Os seus componentes são a Rede de Interligação, a Rede de Acesso e a Rede *In-House*. A separação entre a Rede de Interligação e a Rede de Acesso é formada pelo Nó de Acesso (AN - *Access Node*). A separação entre a Rede de Acesso e a Rede *In-House* é formada pelo Terminador de Rede (NT). Tanto o Nó de Acesso como o Terminador de Rede fazem parte da Rede de Acesso.

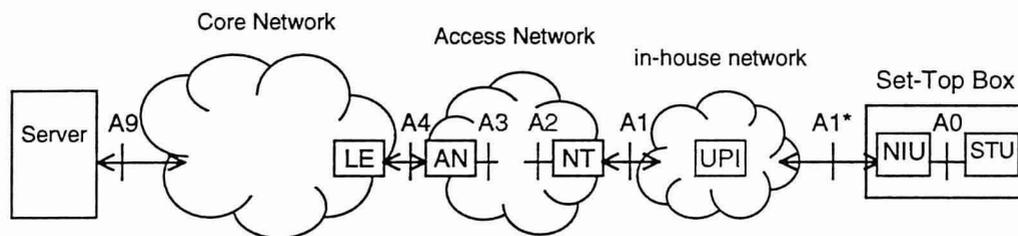


Figura 55: Arquitectura de Rede incluindo os pontos de referência

A *Set Top Box* (STB) pode ser dividida em duas partes, uma parte independente da rede chamada *Set Top Unit* (STU) e uma parte dependente da rede chamada *Network Interface Unit* (NIU). Entre estas duas partes existe o ponto de referência A0 que constitui a separação entre elas.

A Rede *In-House* é a rede existente entre o NT e a STB. O ponto A1 existe na rede *In-House* no lado do NT. A STB pode estar directamente ligada ao NT e portanto os protocolos e *interfaces* da NIU devem estar de acordo com o ponto A1. No entanto, a Rede *In-House* pode ser uma LAN, *Home Bus* ou mesmo uma rede comutada *In-House*. A *User Permits Interface* (UPI) foi definida para estes casos de rede *In-House*. Como consequência da introdução da UPI apareceu o ponto de referência A1*. O Ponto de referência A4 é definido entre o AN e o *Local Exchange* (LE). O AN adapta os sinais da Rede de Interligação para o seu transporte na Rede de Acesso.

O LE pertence à Rede de Interligação e é a primeira unidade de comutação no sentido das instalações do utilizador para a Rede de Interligação.

A Rede de Interligação contém funções de controlo de rede e serviços para estabelecimento, manutenção e cancelamento de ligações e sessões. Além disso, a Rede de Interligação contém funções de gestão de Rede.

6.2 Rede de Interligação

A rede de interligação fornece ligações de circuitos entre os fornecedores de serviços, fornecedores de conteúdo e as redes de acesso.

A rede de interligação deverá conter as seguintes funções (segundo recomendação do DAVIC):

- de comutação para prover ligações entre as várias entidades
- de controlo para estabelecimento e cancelamento de chamadas
- de gestão para configuração da rede, monitorização de desempenho e falhas e para controlo de tarifação.

Segundo a norma DAVIC, a multiplexagem e a comutação na rede de interligação, devem utilizar tecnologia ATM. O ATM permite estabelecer ligações virtuais de largura de banda variável até ao limite das linhas de transmissão. O ATM não impõe restrições na topologia da rede de interligação.

6.3 Rede de Acesso

A rede de acesso é definida pelo conjunto do equipamento e infra-estruturas que executam as seguintes funções:

- transmissão, multiplexagem, concentração e difusão do fluxo de informação dos serviços e aplicações entre os utilizadores finais de uma determinada área e o restante sistema de distribuição (rede de interligação e servidores)
- funções de controlo e gestão
- transporte de outros serviços (telefone, TV analógica, serviços RDIS de banda estreita, etc)

A rede de acesso é constituída pelo AN, o NT e a rede de distribuição. A rede de acesso pode ter funcionalidades de multiplexagem e de *cross-connect*, mas não pode ter de funções de comutação.

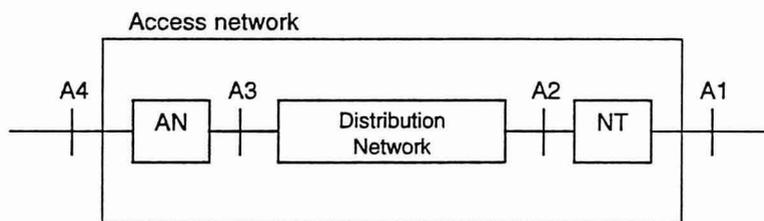


Figura 56: Modelo Genérico da Rede de Acesso

No que diz respeito à Rede de Acesso a norma DAVIC 1.0 apenas define as interfaces e protocolos dos pontos de referência A4 e A1, ou seja, as extremidades da Rede de Acesso.

6.3.1 Nó de Acesso

O Nó de Acesso faz a adaptação entre a Rede de Acesso e a Rede de Interligação. O fluxo de informação é processado de modo a ser transportado pela rede de distribuição.

6.3.2 Rede de distribuição

A rede de distribuição encarrega-se do transporte da informação entre a Rede de Interligação e as instalações dos utilizadores. Esta rede pode ter diversas topologias e o meio e os protocolos de transmissão podem também variar.

6.3.3 Terminador de Rede

O Terminador de Rede é o separador entre a Rede de Acesso e a rede nas instalações do utilizador (Função NOD - *Network Ownership Decoupling*). Neste caso o terminador pode ser apenas uma tomada na parede.

O Terminador de Rede pode ainda ter a função de terminação e adaptação de meio e tecnologia de transmissão usada na Rede de Acesso, para os usados nas instalações do utilizador (função TTD - *Transmission Technology Decoupling*).

Alem das funções NOD e TTD, o Terminador de Rede pode ainda ter funções de operação e gestão, isto é, funções que permitam ao operador de rede controlar e monitorar a qualidade da Rede de Acesso.

Dependendo das funções nele contidas, o NT pode ser de dois tipos:

- NT Passivo
- NT Activo

O NT Passivo executa a função NOD e pode ainda fazer a adaptação passiva entre a Rede de Acesso e a rede *In-House*.

O NT Activo executa a função NOD e pode ainda ter componentes activos para adaptar, converter e mudar o meio e a tecnologia de transmissão entre a Rede de Acesso e a Rede *In-House*.

A distinção entre o uso de um NT Passivo ou Activo é fundamental no projecto, pois no caso da utilização de um NT Passivo o meio e a tecnologia de transmissão utilizados na rede de distribuição influenciam os da rede *In-House*.

6.3.4 VDSL

Para acessos em cobre entre os 300 metros e os 1500 metros podem ser usados *modems* VDSL. Devido ao alcance ser inferior ao do ADSL (*Asymetrical Digital Subscriber Line*), o VDSL permite velocidades de transmissão maiores. Com o VDSL conseguem-se taxas de transmissão simétricas e assimétricas entre os 10 Mbps e os 52 Mbps.

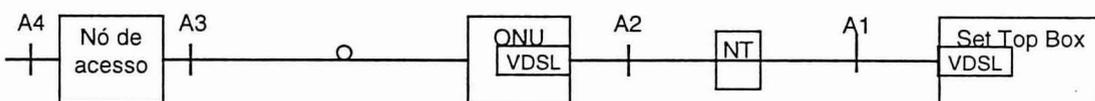


Figura 57: Exemplo de uma Rede de Acesso VDSL com um NT Passivo

6.3.5 Rede de Acesso FTTK

A arquitectura FTTK baseia-se numa Rede de Acesso em fibra até a um “armário” que contem uma unidade de rede óptica (ONU). Se a ONU se encontrar num armário na rua, então temos FTTK, caso o armário se encontre dentro de um grande edifício, então estamos perante um caso de FTTB. Em ambos os casos, cada ONU serve

algumas dezenas de utilizadores. A ligação entre as ONUs e os utilizadores é feita usando cabo coaxial ou par entrançado. As ligações da ONU para os utilizadores são ligações ponto-a-ponto, isto é, não há partilha de capacidade das linhas. Para que seja possível utilizar grandes larguras de banda, entre a ONU e o subscritor, isto é, nas linhas de coaxial ou par entrançado, é necessário utilizar técnicas de modulação especiais.

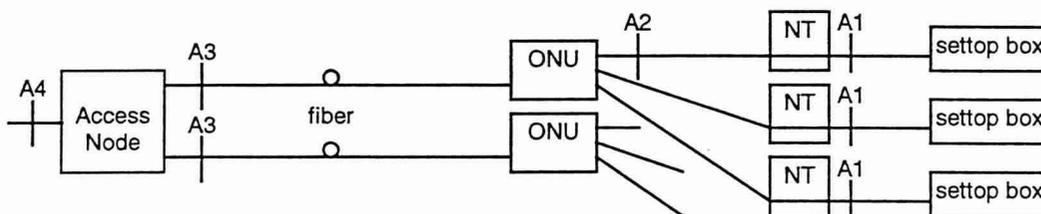


Figura 58: Exemplo de uma Rede de Acesso FTTK com um NT Passivo

6.3.6 Rede de Acesso com NTs Activos

Um NT Activo pode fazer processamento de sinal e adaptação e conversão para outros tipos de meio e protocolo. Neste caso, a Rede de Acesso pode ser de qualquer tipo, desde que à entrada da Rede *In-House* esteja implementada a carga protocolar definida pelo DAVIC.

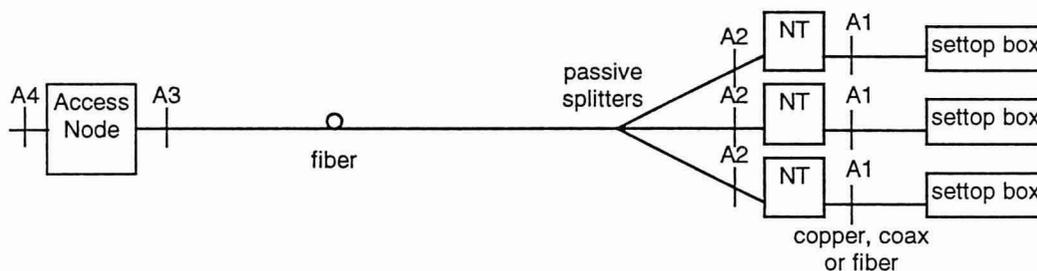


Figura 59: Exemplo de uma Rede de Acesso do tipo PON com NTs Activos

6.4 Rede In-House

A Rede *In-House* é a rede existente entre o NT e o equipamento terminal do utilizador, por exemplo, a Set Top Box. Esta rede pode ir de um simples cabo até a uma rede completa com funcionalidades de comutação. Pode ser uma rede do tipo *BUS* ou em Estrela, com ligações ponto-a-ponto a uma unidade central de comutação.

Anexo I: Recomendação DAVIC 1.0

Na figura abaixo está representada a configuração de referência especificada pelo DAVIC 1.0. Nesta situação considera-se o caso de uma ligação directa entre o NT e o equipamento terminal (STB).

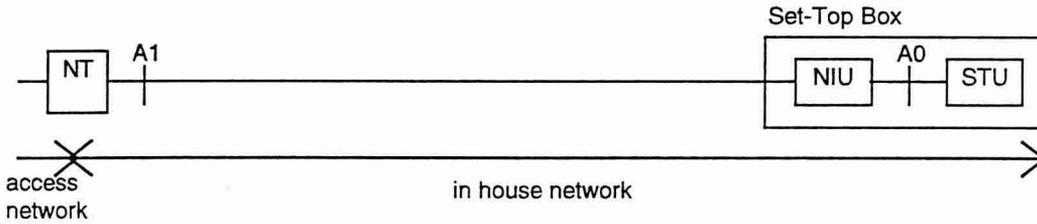


Figura 60: Configuração de Referência da Rede In-House

É permitido ligar várias Set Top Boxes numa topologia em *Bus*. É o caso que se exemplifica na figura seguinte. O número de ligações está dependente da camada física utilizada que, deve suportar um protocolo de controlo de acesso ao meio (MAC) para que seja controlado o acesso ao meio no sentido *upstream* (no sentido do equipamento terminal para o NT).

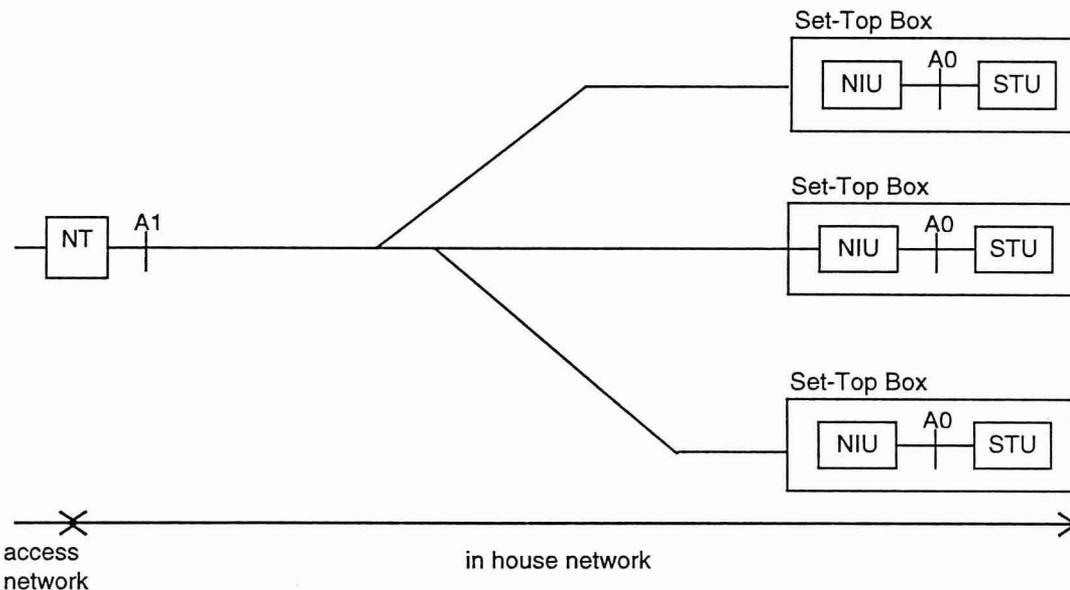


Figura 61: Ligação de Várias STBs Através de uma Topologia de Bus Passivo

Redes *In-House* mais avançadas (LANs ou *Home-Bus*) com funcionalidades de comutação, são deixadas para futuras versões da norma DAVIC. Um exemplo geral de

Anexo I: Recomendação DAVIC 1.0

uma dessas redes mais avançadas é dado na figura seguinte. A UPI deverá conter a parte tecnológica desta rede. Como consequência da introdução da UPI, um novo ponto de referência aparece, o A1*. Este ponto de referência está colocado entre a UPI e a NIU (parte da STB). As interfaces e protocolos do ponto A1* deve ser um sub-sistema das interfaces e protocolos do ponto A1, uma vez que tem de ser possível ligar a STB directamente ao NT.

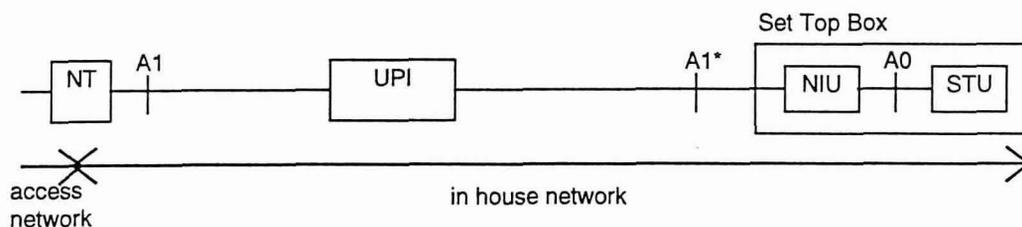


Figura 62: Exemplo de uma Rede In-House mais Avançada

Anexo II

Configuração dos Comutadores

ATM da Rede Local da

Universidade de Aveiro

7 Configuração da Rede Local ATM da UDA

7.1 Comutador FORE ASX200BX (edifício do IT)

localhost::configuration switch> show

```
Switch 'Universidade_de_Aveiro', Type asx200bx, up 2 days 06:35
Hardware version 0, Software version S_ForeThought_4.1.0 (1.86)
Maximum Virtual Path Connections      32768
Maximum Virtual Channels              16384
SPANS address                        00000038f21a3722
PMP Minimum Reserved VCI             155
PMP Maximum Reserved VCI            255
Switch TimeZone                      N/A
```

localhost::configuration uni> show

Port	VPI	Version	State	ILMI	Side	Type	OperType	RemoteAddress
1A1	0	uni30(a)	down	down	network	auto	privUNI	
1A2	0	uni30(a)	down	down	network	auto	privUNI	
1A3	0	uni30(a)	down	down	network	auto	privUNI	
1A4	0	uni30(a)	down	down	network	auto	privUNI	
1B1	0	uni30(a)	down	down	network	iisp	iisp	
1B1	1	uni30(a)	up	down	network	iisp	iisp	
1B2	0	uni31	up	up	network	auto	privUNI	193.137.172.36
1B3	0	uni30(a)	down	down	network	iisp	iisp	
1B3	1	uni30(a)	up	down	network	iisp	iisp	
1B4	0	uni30(a)	down	down	network	auto	privUNI	
1C1	0	uni31	up	up	network	auto	privUNI	
1C2	0	uni31(a)	down	down	network	auto	privUNI	
1C3	0	uni30(a)	down	down	network	iisp	iisp	
1C4	0	uni30(a)	down	down	network	auto	privUNI	
1C5	0	uni31	up	up	network	auto	privUNI	
1C6	0	uni30	up	up	network	auto	privUNI	
1CTL	0	uni30(a)	up	down	network	auto	privUNI	

localhost::configuration nsap route> show

NSAP-address	Mask	Port	VPI	Cost	CBR	VBR	FLAGS
					Mbs	Mbs	
47000580ffe100000f21a47220000000000000	104	1B3	1	100	INF	INF	
47000580ffe100000f21a57220000000000000	104	1B1	1	100	INF	INF	

localhost::configuration nsap ilmi> show

Port	NsapAddress
------	-------------

Anexo II: Configuração dos Comutadores ATM da Rede Local da UDA

```
1C1 47000580ffe100000f21a37220004ac6c432900
1C5 47000580ffe100000f21a37220020482110d900
1C6 47000580ffe100000f21a3722002035365a0a00
```

```
localhost::configuration module> show
```

Module	Series	Speed	Ports	Timing	Rev	Uptime	ProductNumber
1A	C	155.0	4	yes	1.1	2d:06:52	NM-4/155SMSRC
1B	C	155.0	4	yes	1.1	2d:06:52	NM-4/155SMSRC
1C	C	25.6	6	yes	1.0	2d:06:52	NM-6/25UTPEC

```
localhost::configuration atmarp arpsvr> show
```

Interface	ARP Server Addr	Enabled
qaa0	0x47.0005.80.ffe100.0000.f21a.3722.0020481a3722.00	Yes
qaa1	0x47.0005.80.ffe100.0000.f21a.3722.0020481a3722.01	Yes
qaa2	0x47.0005.80.ffe100.0000.f21a.3722.0020481a3722.02	Yes
qaa3	0x47.0005.80.ffe100.0000.f21a.3722.0020481a3722.03	Yes

```
localhost::configuration atmarp> show
```

IPaddress	If	NSAPaddress
193.137.172.34	qaa0	0x47.0005.80.ffe100.0000.f21a.4722.112233445566.00
193.137.172.35	qaa0	0x47.0005.80.ffe100.0000.f21a.5722.665544332211.00
193.137.172.45	qaa0	0x47.0005.80.ffe100.0000.f21a.3722.0004ac6c4329.81

```
localhost::configuration lane lecs> show
```

Index	AdminStatus	OperStatus	Selector	WKA	Database
1	up	up	0x00	atm-forum	lecs1.cfg

```
localhost::configuration lane les> show advanced
```

```
ELAN Name: "EthIT"
```

```
LES: 47.0005.80.ffe100.0000.f21a.3722.0020481a3722.01
```

```
BUS: 47.0005.80.ffe100.0000.f21a.3722.0020481a3722.02
```

```
LAN Type: Ethernet/IEEE 802.3 Maximum Data Frame Size: 1516
```

```
Non-proxy Control Distribute VCC: 0.84
```

```
Proxy Control Distribute VCC: -.-
```

```
LEC #2 at 47.0005.80.ffe100.0000.f21a.3722.0020481a3722.10 (non-proxy)
```

```
00:20:48:1a:37:22 -> 47.0005.80.ffe100.0000.f21a.3722.0020481a3722.10
```

```
Control Direct VCC: 0.90
```

```
LEC #51 at 47.0005.80.ffe100.0000.f21a.5722.0020ea002839.01 (non-proxy)
```

```
00:20:ea:00:28:39 -> 47.0005.80.ffe100.0000.f21a.5722.0020ea002839.01
```

```
Control Direct VCC: 0.598
```

```
LEC #53 at 47.0005.80.ffe100.0000.f21a.3722.0020482110d9.01 (non-proxy)
```

Anexo II: Configuração dos Comutadores ATM da Rede Local da UDA

00:20:48:21:10:d9 -> 47.0005.80.ffe100.0000.f21a.3722.0020482110d9.01

Control Direct VCC: 0.608

localhost::configuration lane lec> show

Index	Admin Status	Oper Status	Sel	Mode	MACAddress	IfName	ELAN
1	up	up	0x10	automatic	0020481a3722	el16	EthIT
	LECS:0x47.0079.00.000000.0000.0000.0000.00a03e000001.00						
	LES :0x47.0005.80.ffe100.0000.f21a.3722.0020481a3722.01						
2	up	up	0x11	automatic	0220481a3722	el17	EthDET
	LECS:0x47.0079.00.000000.0000.0000.0000.00a03e000001.00						
	LES :0x47.0005.80.ffe100.0000.f21a.4722.112233445566.02						
3	up	up	0x12	automatic	0620481a3722	el18	EthINESC
	LECS:0x47.0079.00.000000.0000.0000.0000.00a03e000001.00						
	LES :0x47.0005.80.ffe100.0000.f21a.5722.665544332211.02						

localhost::configuration ip> show

interface	state	address	netmask	broadcast
lo0	up	127.0.0.1	255.0.0.0	N/A
ie0	up	193.136.82.45	255.255.255.0	193.136.82.255
asx0	down	193.137.174.1	255.255.255.0	193.137.174.255
qaa0	up	193.137.172.33	255.255.255.224	N/A
qaa1	down			
qaa2	down			
qaa3	down			
el16	up	193.137.172.193	255.255.255.224	193.137.172.223
el17	up	193.137.172.66	255.255.255.192	193.137.172.127
el18	up	193.137.172.130	255.255.255.192	193.137.172.191

IP Forwarding State: forwarding

localhost::configuration vpt> show 1b1

Input		Output							
Port	VPI	Port	VPI	ResBW	CurBW	MinVCI	MaxVCI	VCs	Protocol
1B1	0	terminate		25.6M	10.9M	1	511	4	pvc
1B1	1	terminate		N/A	7.2K	1	511	8	pvc
originate		1B1	0	25.6M	10.9M	1	511	4	pvc
originate		1B1	1	N/A	4.7K	1	511	8	pvc

localhost::configuration vpt> show 1b3

Input		Output							
Port	VPI	Port	VPI	ResBW	CurBW	MinVCI	MaxVCI	VCs	Protocol
1B3	0	terminate		25.6M	0.8K	1	511	3	pvc

Anexo II: Configuração dos Computadores ATM da Rede Local da UDA

```
1B3 1 terminate N/A 0.0K 1 511 8 pvc
originate 1B3 0 25.6M 0.8K 1 511 3 pvc
originate 1B3 1 N/A 0.0K 1 511 8 pvc
```

```
localhost::configuration vpc> show 1b1
```

```
Input          Output
Port   VPI  Port   VPI  UPC  Prot  Name
1B1    2    1B3    2    0    pvc   N/A
```

```
localhost::configuration vpc> show 1b3
```

```
Input          Output
Port   VPI  Port   VPI  UPC  Prot  Name
1B3    2    1B1    2    0    pvc   N/A
```

Configuração do LECS (ficheiro lecs1.cfg):

```
# The search ordering of elan names
#
Match.Ordering:  EthIT, EthDET, EthINESC
#
# Parameters for elan: DEFAULT
#
.Accept: 0020481a3722
.Multicast_Send_VCC_Type: Best Effort
.Maximum_Unknown_Frame_Time: 1
.LAN_Type: Ethernet/IEEE 802.3
.Maximum_Unknown_Frame_Count: 1
.VCC_TimeOut_Period: 1200
.Forward_Delay_Time: 15
.Maximum_Frame_Size: 1516
.Expected_LE_ARP_Response_Time: 1
.Path_Switching_Delay: 6
.Aging_Time: 300
.Control_TimeOut: 120
.Flush_TimeOut: 4
.Connection_Complete_Timer: 4
.Maximum_Retry_Count: 1
#
# Parameters for elan: EthIT
#
EthIT.Accept: XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
EthIT.LAN_Name: EthIT
EthIT.Address: 47000580ffe1000000f21a37220020481a372201
```

Anexo II: Configuração dos Comutadores ATM da Rede Local da UDA

```
#
# Parameters for elan: EthDET
#
EthDET.Accept: XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
EthDET.LAN_Name: EthDET
EthDET.Address: 47000580ffe100000f21a472211223344556602
#
# Parameters for elan: EthINESC
#
EthINESC.Accept: XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
EthINESC.LAN_Name: EthINESC
EthINESC.Address: 47000580ffe100000f21a572266554433221102
#
# Parameters for client: 0020481a3722
#
0020481a3722.Machine_Name: 193.136.82.45
#
# entries that the VLAN Manager does not parse at this time
LECS.Reload_Period: 5
```


Anexo II: Configuração dos Comutadores ATM da Rede Local da UDA

Default Gateway : OK

IP address: 193.137.172.33

ARP Server:

ATM address: 47.00.05.80.FF.E1.00.00.00.F2.1A.37.22.00.20.48.1A.37.22.00

Dynamic RAM size is 8 MB.

DETUA_ATM> show static_route

Index	Acn	Static route
1	CC	47000580FFE1000000F21A5722
2	BB	47000580FFE1000000F21A3722
3	AA	47000580FFE1000000F21A

47 empty entries.

DETUA_ATM> show logical_link

Port	Vpi	Acn	Side	Mode	Sig	Traf	Bwidth	Status	Index
1.13	1	BB	User	enab	3.0	NRB	0	UP	1
1.13	2	CC	Netw	enab	3.0	NRB	0	UP	2

48 entries empty

DETUA_ATM> show lan_emul servers 1

LAN Emulation Server 1

Status: Running.
LAN type: Ethernet.
Actual ELAN name: "EthDET".
Desired ELAN name: "EthDET".
Actual max frame size: 1516.
Desired max frame size: 1516.
ATM address: 47.00.05.80.FF.E1.00.00.00.F2.1A.47.22.11.22.33.44.55.66.02
Max number of clients: 64.
Current number of operational clients: 6.
Local: 47.00.05.80.FF.E1.00.00.00.F2.1A.47.22
11.22.33.44.55.66.00 (port 0.0) OPERATIONAL NonProxy
00.20.48.21.11.85.00 (port 1.12) OPERATIONAL NonProxy
Remote : 47.00.05.80.FF.E1.00.00.00.F2.1A.37.22
00.20.48.1A.37.22.11 (port 1.13) OPERATIONAL NonProxy
00.20.35.36.5A.0A.81 (port 1.13) OPERATIONAL NonProxy
00.20.48.21.10.D9.00 (port 1.13) OPERATIONAL NonProxy
Remote : 47.00.05.80.FF.E1.00.00.00.F2.1A.57.22
00.20.EA.00.28.39.02 (port 1.13) OPERATIONAL NonProxy

DETUA_ATM> show lan_emul configuration_server

Anexo II: Configuração dos Comutadores ATM da Rede Local da UDA

Index	ATM address
1 WKA active	47.00.05.80.FF.E1.00.00.00.F2.1A.37.22.00.20.48.1A.37.22.00

DETUA_ATM> show port 1.13 verbose

Type	Mode	Status
1.13: NNI	enabled	UP-OKAY
Frame format:		SDH STM-1
Connector:		SC DUPLEX
Media:		Monomode fiber
Port speed:		155000 Kbps
Remote device is active		
IX status:		IX OK
Logical links indexes:		2 – 1
Scrambling mode:		Frame and cell
Clock mode:		Internal

DETUA_ATM> show port 1.12 verbose

Type	Mode	Status
1.12: UNI	enabled	UP-OKAY
Signalling Version:		with ILMI, forced 3.0
Flow Control:		Off
Connector:		RJ45
Media:		Copper twisted pair
Remote device is active		
IX status:		IX OK
Port speed:		25600 kbps

DETUA_ATM> show port 1.2 verbose

Type	Mode	Status
1.02: UNI	enabled	UP- NO ACTIVITY
Signalling Version:		with ILMI, forced 3.1
Flow Control:		Off
Connector:		RJ45
Media:		Copper twisted pair
Remote device is inactive		
IX status:		IX KO
Port speed:		25600 kbps

Anexo II: Configuração dos Comutadores ATM da Rede Local da UDA

IP address: 193.137.172.33

ARP Server:

ATM address: 47.00.05.80.FF.E1.00.00.00.F2.1A.37.22.00.20.48.1A.37.22.00

Dynamic RAM size is 8 MB.

Diagnostics : enabled.

INESC_ATM> show static_route

Index	Acn	Static route
1	BB	47000580FFE1000000F21A3722
2	CC	47000580FFE1000000F21A4722
3	AA	47000580FFE1000000F21A

47 empty entries.

INESC_ATM> show logical_link

Port	Vpi	Acn	Side	Mode	Sig	Traf	Bwidth	Status	Index
1.13	1	BB	User	enab	3.0	NRB	0	UP	1
1.13	2	CC	User	enab	3.0	NRB	0	UP	2

48 entries empty

INESC_ATM> show lan_emul servers 1

LAN Emulation Server 1

Status: Running.
LAN type: Ethernet.
Actual ELAN name: "EthINESC".
Desired ELAN name: "EthINESC".
Actual max frame size: 1516.
Desired max frame size: 1516.
ATM address: 47.00.05.80.FF.E1.00.00.00.F2.1A.57.22.66.55.44.33.22.11.02
Max number of clients: 64.
Current number of operational clients: 3.
Local : 47.00.05.80.FF.E1.00.00.00.F2.1A.57.22
66.55.44.33.22.11.00 (port 0.0) OPERATIONAL NonProxy
00.20.EA.00.28.39.03 (port 1.1) OPERATIONAL NonProxy
Remote : 47.00.05.80.FF.E1.00.00.00.F2.1A.37.22
00.20.48.1A.37.22.12 (port 1.13) OPERATIONAL NonProxy

INESC_ATM> show lan_emul configuration_server

Index	ATM address
1 WKA active	47.00.05.80.FF.E1.00.00.00.F2.1A.37.22.00.20.48.1A.37.22.00

INESC_ATM> show port 1.13 verbose

Type	Mode	Status
------	------	--------

Anexo II: Configuração dos Comutadores ATM da Rede Local da UDA

```
1.13:  NNI    enabled UP-OKAY
Frame format:          SDH STM-1
Connector:             SC DUPLEX
Media:                 Monomode fiber
Port speed:            155000 Kbps
Remote device is active
IX status:             IX OK
Logical links indexes: 2 - 1
Scrambling mode:       Frame and cell
Clock mode:            Internal
```

```
INESC_ATM> show port 1.1 verbose
```

```
      Type  Mode  Status
1.01:  UNI   enabled UP-OKAY
Signalling Version:    with ILMI, forced 3.1
Flow Control:          Off
Connector:             RJ45
Media:                 Copper twisted pair
Remote device is active
IX status:             IX OK
Port speed:            25600 kbps
```

Referências

- Ref. 1: Communications International I.3.93
- Ref. 2: Recomendação I.371 ITU-T
- Ref. 3: Bob Klessig, 3Com Technical Papers, "ATM LAN Emulation - An inside look at version 1.0 of the LANE specification", 1996
- Ref. 4: Juha Heinanen, "RFC-1483 - Multiprotocol Encapsulation over ATM Adaptation Layer 5", July 1993
- Ref. 5: CCITT, "Draft Recommendation I.363", CCITT Study Group XVIII, Geneva, 19-29 January 1993
- Ref. 6: ATM Forum, "ATM User-Network Interface Specification Version 3.0.", June 1993
- Ref. 7: FORE Systems, "ForeRunner ATM Switch Configuration Manual", Rev.A – March, 1996
- Ref. 8: ASCOM Broad – Info – Band, "ATM – Asynchronous Transfer Mode", Jan., 1994
- Ref. 9: David E. McDysan, Darren L. Spohn, "ATM – Theory and Application", McGraw-Hill, 1994
- Ref. 10: Jacobson, Braden, & Borman, "RFC-1323 - TCP Extensions for High Performance", May 1992
- Ref. 11: M. Laubach, "RFC-1577 - Classical IP and ARP over ATM", Jan. 1994
- Ref. 12: R. Atkinson, "RFC-1626 - Default IP MTU for use over ATM AAL5", May 1994
- Ref. 13: C. Brazdziunas, "RFC-1680 - IPng Support for ATM Services", August 1994
- Ref. 14: M. Laubach, "RFC-1754 - IP over ATM Working Group's, Recommendations for the ATM Forum's Multiprotocol BOF, Version 1", Jan. 1995
- Ref. 15: M. Borden, E. Crawley, B. Davie, S. Batsell, "RFC-1821 - Integration of Real-time Services in an IP-ATM Network Architecture", August 1995
- Ref. 16: J. Eriksson, "RFC-1926 - An Experimental Encapsulation of IP Datagrams on Top of ATM", April 1996
- Ref. 17: R. Cole, D. Shur, C. Villamizar, "RFC-1932 - IP over ATM: A Framework Document", April 1996
- Ref. 18: G. Armitage, "RFC-2022 - Support for Multicast over UNI 3.0/3.1 based ATM Networks", Nov. 1996
- Ref. 19: N. Linge, E. Ball, J. Ashworth, "Achieving Network Interconnection Using Satellite Services", RACE 11/R2074 (Catalyst) Project, Euro. Conf. Satellite Commun. (ECSC-3), Nov 1993, pp165-69
- Ref. 20: Ian F. Akyildiz and Seong-Ho Jeong, "Satellite ATM Networks: A Survey", IEEE Communications Magazine, Jul 1997, pp. 30-43
- Ref. 21: A. Barbieri e P. Capodici, "LAN Interconnection and Videoconferencing Applications via ITALSAT Satellite", Proc. ECSC-3 Nov 1993, pp. 175-86
- Ref. 22: D.M. Chitre et al., "Asynchronous Transfer Mode (ATM) Operation via Satellite: Issues, Challenges, and Resolutions", Int. L. J. Satellite Commun., vol. 12, 1994, pp. 211-22.
- Ref. 23: "ABC'95 Network Description Document", BRAIN/IBER Projects, Jun 1995.
- Ref. 24: "Operations Report for the Summer School 96", NICE Project, Aug 1996.
- Ref. 25: "ISABEL – Distributed Multimedia Application", Dpt. Ingeniería de Sistemas Telemáticos – Univ. Politécnica de Madrid, Jan 1996
- Ref. 26 David E. McDysan & Darren L. Spohn, ATM – Theory and Application, McGraw-Hill, 1994
- Ref. 27: STEN – Scientific TransEuropean Network B2003, TEN-IBC TransEuropean Networks – Integrated Broadband Communications, Deliverable D3-D4 "Operation trials and results from the users' evaluation, editor: Centro de Estudos de Telecomunicações
- Ref. 28: ATM Forum, "ATM User-Network Interface Specification" ver. 3.0, 1993
- Ref. 29: ATM Forum, af-uni-0010.002 "ATM User-Network Interface Specification V3.1"
- Ref. 30: ATM Forum, af-ilmi-0065.000 "ILMI 4.0 (Integrated Layer Management Interface)"
- Ref. 31: ATM Forum, af-lane-0021.000 "LAN Emulation Over ATM", version 1.0, Janeiro de 1995.

- Ref. 32: ATM Forum, af-pnni-0026.000 "Interim Inter-Switch Signaling Protocol"
- Ref. 33: ATM Forum, af-pnni-0055.000 "P-NNI V1.0"
- Ref. 34: ATM Forum, "MPOA v1.0", Abril de 1997
- Ref. 35: ATM Forum, "Interim Inter-switch Signalling Protocol", Fevereiro 1995
- Ref. 36: DAVIC, DAVIC 1.0 Specification Revision 3.0, 1995
- Ref. 37: "ROBL: Rede Óptica de Banda Larga", NET Surfer edição especial, 2º trimestre/1995
- Ref. 38: A. M. de Oliveira Duarte, Miguel A. D. Figueiredo, Carlos D. N. A. Loureiro, "Contributos para o Estudo de Viabilidade de uma REDE ÓPTICA DE BANDA LARGA no Campus da Universidade de Aveiro", Publicação Interna do Departamento de Electrónica e Telecomunicações, Universidade de Aveiro, Maio de 1990
- Ref. 39: Jorge T. Ferraz de Abreu, "Redes de Televisão por Cabo: situação actual e perspectivas de Evolução", Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro, Junho de 1996
- Ref. 40: T.P. de Miguel, S. Pavón, J. Salvachua, J. Quemada, P. L. Chas, J. Fernández-Amigo, C. Acuña, L. Rodrigues, V. Lagarto, J. Bastos, "ISABEL – Experimental Distributed Cooperative Work Application over Broadband Networks", pp 353-362, Springer-Verlag – Lecture Notes in Computer Science, Volume 868, Setembro de 1994.
- Ref. 41: ACTS 0038 – BroadbandLoop: *System Specification Phase I*, Janeiro de 1996
- Ref. 42: A. Sousa, R. Coelho, V. Marques, "*Services and Supporting Infrastructure for Phase I of Aveiro Field Trial (UDA contributions)*", Broadbandloop ACTS-AC0038, June 96
- Ref. 43: A. Sousa, A. Duarte, R. Coelho, "*WP3.2: Promotion of Applications and Services for Field Trials (Outline for Annual Review Report)*", Broadbandloop ACTS-AC0038, September 1996
- Ref. 44: A. Duarte, A. Sousa, C. Rabadão, J. Abreu, P. Roldão, R. Coelho, "*Field Trial Specification phase I Portuguese Field Trial Services and UDA infrastructure*", Broadbandloop ACTS-AC0038, June 1996
- Ref. 45: A. Duarte, C. Rabadão, J. Abreu, R. Coelho, V. Marques, "*Contributions to 3.1.1 activity and to the Milestone: Field Trial Description Report - Phase I - Update Version*", Broadbandloop ACTS-AC0038, June 1996
- Ref. 46: A. Duarte, C. Rabadão, J. Abreu, P. Rocha, "*Aveiro Field Trial Phase I - Drawings for UDA area*", Broadbandloop ACTS-AC0038, June 1996
- Ref. 47: J. Abreu, "*Characterisation and tests of the in-house CATV network*", Broadbandloop ACTS-AC0038, July 96
- Ref. 48: A. Duarte, J. Abreu, H. Vale, V. Marques, M. Monteiro, P. Mostardinha, "*UDA contributions for the 96 ARR (WP3.1)*", Broadbandloop ACTS-AC0038, November. 1996
- Ref. 49: A. Sousa, J. Ferraz, H. Vale, M. Monteiro, N. Delgado, P. Mostardinha, R. Coelho, V. Marques, "*UDA Campus BroadbandLoop Field Trial Specification*", Broadbandloop ACTS-AC0038, December 1996
- Ref. 50: M. Monteiro, P. Mostardinha, P. Roldão, V. Marques, "*Characteristics of Copper Connection between the ONU and the NT to drive the VDSL Signal*", Broadbandloop ACTS-AC0038, May 1997
- Ref. 51: A. Sousa, J. Abreu, M. Monteiro, P. Roldão, V. Marques, "*ONU Locations in UDA Campus for the BBL Field Trial*", Broadbandloop ACTS-AC0038, May 1997
- Ref. 52: A. Soares, F. Morgado, M. Pousa, P. Roldão, R. Cadime, "*Specification of Network Infrastructure for Trials Phase 2*", Broadbandloop ACTS-AC0038, Deliverable 3.1.14, September 1997
- Ref. 53: A. Soares, P. Roldão, R. Cadime, V. Marques, "*Installation report for the field trial phase I*", Broadbandloop ACTS-AC0038, Deliverable 3.1.10, September.97
- Ref. 54: P. Mostardinha, R. Cadime, "*DET's CATV Network Optimisation*", Broadbandloop ACTS-AC0038, October 1997

- Ref. 55: A. Soares, A. Sousa, J. Abreu, H. Vale, M. Monteiro, N. Delgado, P. Mostardinha, P. Roldão, R. Coelho, V. Marques, "*Specification of Aveiro Field Trial Infrastructure and Services*", Broadbandloop ACTS-AC0038, January 1997
- Ref. 56: A. Soares, T. Sousa, F. Morgado, M. Pousa, A. Duarte, R. Coelho, , N. Delgado, J. Ferraz, V. Marques, M. Monteiro, P. Mostardinha, P. Roldão, A. Sousa, H. Vale, "*Specification of Network Infrastructure for Trials Phase 1 (Update Version)*", Broadbandloop ACTS-AC0038, Deliverable 3.1.6, February 1997
- Ref. 57: H. Sousa, A. Duarte, R. Coelho, , N. Delgado, J. Ferraz, V. Marques, M. Monteiro, P. Mostardinha, P. Roldão, A. Sousa, H. Vale, "*Field trial description report phase 1 (update version)*", Broadbandloop ACTS-AC0038, Deliverable 3.1.5, February 97
- Ref. 58: A. Soares, M. Monteiro, P. Roldão, V. Marques, "*Field trial description report phase 2*", Broadbandloop ACTS-AC0038, Deliverable 3.1.13, August 1997
- Ref. 59: TDK, CET, UDA, "*Field trial description report phase 1*", Broadbandloop ACTS-AC0038, Deliverable 3.1.0, December 95