

**Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC**

**Departamento de Informática e de Estatística**

**Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação**

**Alexandre dos Santos Pacheco**

**QoS e Soluções Avançadas em Redes ATM aplicadas a  
redes corporativas**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos  
requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação

**Prof. João Bosco Manguiera Sobral, Dr.**

**Orientador**

**Prof. Fernando Augusto da Silva Cruz, MSc.**

**Co-orientador**

**Florianópolis, Janeiro de 2002.**

# **QoS e Soluções Avançadas em Redes ATM aplicadas a redes corporativas**

Alexandre dos Santos Pacheco

Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação na Área Concentração Sistemas de Computação e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação.

---

Prof. João Bosco Manguiera Sobral, Dr.

Orientador

---

Prof. Fernando Augusto da Silva Cruz, MSc.

Co-orientador

---

Prof. Paulo José Borges, Dr.

Coordenador do Programa de Pós-Graduação

Banca Examinadora

---

Presidente da Banca - Prof. João Bosco Manguiera Sobral, Dr.

---

Profa. Elizabeth Specialski, Dra.

---

Prof. Rômulo Silva de Oliveira, Dr.

“Talvez meio caminho andado seja a gente acreditar no que faz. Mas acima de tudo, o que mais nos incentiva, que mais nos valoriza – e também nos torna mais conscientes da nossa responsabilidade – é saber que os outros crêm em nós. E não há palavras que descrevam o que sentimos ao saber dos sacrifícios a que eles se impõem por crerem não apenas em nós, mas também no que cremos”.

Albert Einstein

Ofereço este trabalho a todos que participam  
direta e indiretamente de minha vida. Pois,  
conscientemente ou não, são causa e motivo  
de minha existência. São cobrança e realização.  
São imagem e referência.

Agradeço a UNIPAR e a UFSC a oportunidade de continuar estudando, representando os objetivos e expectativas dos meus pais. Encontrando nos seus esforços e velada cumplicidade, o alimento necessário para ir em busca dos meus limites.

## Índice

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>18</b>
1.1. OBJETIVOS.....	19
1.1.1. <i>Objetivos Gerais</i> .....	19
1.1.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	19
1.2. MOTIVAÇÃO.....	20
1.3. METODOLOGIA PROPOSTA .....	22
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>23</b>
2.1. ASYNCHRONOUS TRANSFER MODE (ATM) .....	23
2.1.1. <i>Histórico</i> .....	23
2.2. O QUE É O ASYNCHRONOUS TRANSFER MODE (ATM ).....	25
2.2.1. <i>Características Básicas da Tecnologia ATM</i> .....	25
2.2.2. <i>A célula ATM</i> .....	26
2.2.3. <i>A pilha de Protocolo ATM</i> .....	29
2.2.3.1. Camada Física .....	30
2.2.3.2. Camada ATM .....	31
2.2.3.3. Camada AAL .....	32
2.2.4. <i>Conexões ATM</i> .....	33
2.2.5. <i>Roteamento de Células</i> .....	34
2.3. MULTIPROCOLO OVER ATM (MPOA) .....	36
2.3.1. <i>O que é MPOA</i> .....	36
2.4. COMPONENTES DE UMA REDE MULTIPROTOCOL OVER ATM .....	40
2.4.1. <i>LANE (Lan Emulation)</i> .....	40

2.4.2. O IP Over ATM .....	45
2.4.3. O Multicast Address Resolution Protocol (MARS).....	48
2.4.4. Next Hop Address Resolution Protocol (NHRP).....	51
2.5. PROBLEMAS A SEREM ENFRENTADOS PELA MPOA .....	57
2.6. PORQUÊ DO MPOA .....	58
2.7. ALTERNATIVAS AO MPOA.....	59
2.7.1. Multiprotocol Label Switching (MPLS) .....	59
2.7.2. ATM API.....	60
2.8. IMPLEMENTANDO UMA REDE MPOA .....	61
2.9. MPOA - ESTRATÉGIAS DE IMPLEMENTAÇÃO.....	65
<b>3. QOS EM REDES ATM.....</b>	<b>69</b>
3.1. QUALIDADE VERSUS PERCEPÇÃO HUMANA .....	70
3.2. EFEITOS DOS PROTOCOLOS SOBRE A PERCEPÇÃO HUMANA .....	72
3.3. GARANTIA DE SERVIÇO LEVA A DESIGUALDADE.....	75
3.4. QUALIDADE NA ORIENTAÇÃO A CONEXÃO E PARADIGMAS NÃO ORIENTADOS A CONEXÃO.....	76
3.5. CATEGORIAS DE SERVIÇOS ATM E QOS .....	77
3.6. COMPONENTES DO GERENCIAMENTO DE TRÁFEGO .....	81
3.6.1. Contrato de Tráfego.....	82
3.6.2. Controle de conformidade.....	83
3.6.3. Controle de Admissão de Conexão.....	84
3.6.4. Queuing e Scheduling .....	85
3.6.5. Controle de Congestionamento.....	86
3.7. CONTROLE DE RECURSOS EM REDES ATM MULTIPROCOLO .....	87

3.8. RESERVA DE RECURSOS E QOS EM REDES MPOA .....	90
<b>4. PROPOSTA DE TRABALHO .....</b>	<b>92</b>
4.1. DESCRIÇÃO DOS TESTES .....	92
4.1.1. <i>Ambiente de Testes</i> .....	92
4.1.2. <i>Software/Hardware de Geração/Monitoramento de tráfego</i> .....	94
4.2. OBJETIVOS DOS TESTES .....	97
4.3. MONTAGEM DO LABORATÓRIO .....	98
4.3.1. <i>Infraestrutura de Hardware</i> .....	98
4.3.2. <i>Principais características do Switch 8285</i> .....	98
4.4. INSTALAÇÃO DAS APLICAÇÕES .....	107
4.4.1. <i>Geração de Tráfego</i> .....	110
4.5. DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA DE TESTES .....	113
4.6. ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS TESTES .....	114
4.7. MONITORAMENTO DA UTILIZAÇÃO DO BACKBONE DA ITAIPU BINACIONAL .....	123
<b>5. CONCLUSÕES GERAIS .....</b>	<b>125</b>
5.1. PROBLEMAS ENCONTRADOS .....	129
<b>6. TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>130</b>
<b>7. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>131</b>



## Resumo

A tecnologia ATM, com suas características inovadoras e mesmo revolucionárias, aparece como uma solução para as conexões de rede de alta velocidade. Meios de comunicação que suportem de forma eficiente, voz, dados e vídeo com qualidade são fundamentais. “O maior problema é que a infra-estrutura existente não supre adequadamente as necessidades das futuras redes: altas taxas de transmissão e flexibilidade para suportar diferentes tráfegos com qualidade de serviço garantida.” Problemas de custos, complexidade e suporte técnico adequados têm limitado o uso de tecnologias ATM nas Intranet corporativas. Necessidades e problemas que eram exclusivos das empresas de prestação de serviço de telecomunicações fazem parte do cotidiano dos projetistas e engenheiros de redes nas corporações. O Suíte de Protocolos MPOA - *Multiprotocol Over ATM* surgiu como uma proposta para resolver estes problemas e se destaca como uma evolução na construção e no uso de redes, e também como um novo paradigma para fabricantes e engenheiros de rede. Este trabalho tem a finalidade de conceituar e discutir as tecnologias envolvidas na construção de Redes que utilizam a tecnologia ATM e MPOA, enfatizando as habilidades para reserva de recurso e qualidade de serviço. É apresentado um ambiente simulado que reproduz as características encontradas em redes corporativas, com uma visão da avaliação das soluções para uso de reserva e controle de recursos em redes ATM. Finalmente, foram discutidas e propostas estratégias que sustentem a implantação de redes com tecnologia MPOA em ambientes de produção.

## **Abstract**

The ATM technology with its innovative and even revolutionary features appears as a solution for high-speed network connections. It is fundamental to employ ways of communication of high quality that efficiently support voice, data and video. “The greatest problem is that the existing infrastructure doesn't adequately provide for the needs of the future networks: high transmission rates and flexibility to support different traffics with service of guaranteed quality.” Problems involving costs, complexity and adequate technical support have limited the use of ATM technologies in corporate Intranets. The necessities and problems that were used to pertain exclusively to telecommunication service provider firms now constitute the daily fare of the designers and engineers of the corporate networks. The MPOA Protocol Suite - *Multiprotocol Over ATM* – intends to resolve these problems and stands out as an evolutionary advance in the construction and use of networks, as well as a new exemplary model for network manufacturers and engineers. This study is guided by the objective of judging and discussing the technologies involved in the construction of Networks that utilize ATM and MPOA technology, emphasizing their abilities for conserving resources and providing quality service. A simulated environment is presented to reproduce the features encountered in the networks with a view to evaluating the solutions for use of the reserve and control of the resources in ATM networks. In conclusion, the discussion covers the proposed strategies sustaining the implantation of networks based on MPOA technology in production environments.

## **Lista de Tabelas**

<b>Tabela 2.1 – Estrutura da Célula ATM.....</b>	<b>27</b>
<b>Tabela 2.2 - Modelo de Referência ATM.....</b>	<b>31</b>
<b>Tabela 2.3 – Tipos de tráfego suportados pela AAL.....</b>	<b>34</b>
<b>Tabela 2.4 – Características das categorias de serviço do ATM Fórum.....</b>	<b>84</b>
<b>Tabela 2.5 – Aplicações versus Categorias de Serviços.....</b>	<b>85</b>

## Lista de Figuras

Figura 1.1 - Fatores importantes para usuários de redes de telecomunicações.....	20
Figura 1.2 - Diagrama de Rede da Itaipu Binacional.....	21
Figura 2.1 - Modelo VPI/VCI.....	29
Figura 2.2 - Pilha do Protocolo MPOA .....	38
Figura 2.3 - Componentes MPOA.....	38
Figura 2.4 - Processo de Resolução MPOA .....	56
Figura 3.1 - Relacionamento entre as Funções de Gerenciamento de Tráfego .....	81
Figura 4.1 - Modelo do Laboratório .....	93
Figura 4.2 - DominoPLUS Chassis – DA360 e módulos de interface .....	94
Figura 4.3 - Painel traseiro do DA360 .....	95
Figura 4.4 - DA360 Conexão Simples .....	95
Figura 4.5 - DA360 Conexão Múltipla.....	96
Figura 4.6 - Endereço ATM no <i>Switch</i> 8285 .....	99
Figura 4.7 - Configuração dos LES no <i>Switch</i> 8285 .....	102
Figura 4.8 - Configuração Porta 1.13 no <i>Switch</i> 8285.....	103
Figura 4.9 - Menu <i>Switch</i> 8271.....	104
Figura 4.10 - Configuração Módulo ATM do <i>Switch</i> 8271.....	104
Figura 4.11 - Configuração do LEC do 8271 e criação de uma VLAN .....	105
Figura 4.12 - Tela do DominoNAS .....	107
Figura 4.13 - Tela do ATM Analysis Application.....	107
Figura 4.14 - Modo Monitor.....	108
Figura 4.15 - Modo Usuário.....	108
Figura 4.16 - Modo Rede.....	109

<b>Figura 4.17 - Tipo de perfil transmitido .....</b>	<b>111</b>
<b>Figura 4.18 - Sequência de células de dados de entrada .....</b>	<b>111</b>
<b>Figura 4.19 - Sequência de células criadas .....</b>	<b>111</b>
<b>Figura 4.20 - Editor de células.....</b>	<b>112</b>
<b>Figura 4.21 - Características de Transmissão.....</b>	<b>112</b>
<b>Figura 4.22 - Contrato de tráfego .....</b>	<b>112</b>
<b>Figura 4.23 - Status dos PVC no 8285 .....</b>	<b>115</b>
<b>Figura 4.24 - Uso dos PVC 10 e 20 concorrente.....</b>	<b>116</b>
<b>Figura 4.25 - Uso percentual do link dos PVC 10 e 20.....</b>	<b>116</b>
<b>Figura 4.26 - Tráfego PVC 10/VCI 94 .....</b>	<b>117</b>
<b>Figura 4.27 - PVC 20/VCI 95.....</b>	<b>118</b>
<b>Figura 4.28 - PVC 10 e 20 com SCR/PCR.....</b>	<b>119</b>
<b>Figura 4.29 - PVC 10 e 20 com SCR/PCR Utilização percentual .....</b>	<b>120</b>
<b>Figura 4.30 - PVC 10 c/SCR e PCR .....</b>	<b>120</b>
<b>Figura 4.31 - PVC 20 c/SCR e PCR .....</b>	<b>120</b>
<b>Figura 4.32 - Tráfego QoS x 8285 .....</b>	<b>122</b>
<b>Figura 4.33 - Utilização do backbone da Itaipu - Diário.....</b>	<b>123</b>
<b>Figura 4.34 - Utilização do backbone da Itaipu - Semanal.....</b>	<b>124</b>

## Lista de Abreviaturas

AAL	ATM Adaptation Layer
ABR	Available Bit Rate
ACN	ATM Cluster Number
API	Application Program Interface
ARP	Address Resolution Protocol
ATM	Asynchronous Transfer Mode
BAM	Broadband Analysis Module
BGP	Border Gateway Protocol
BUS	Broadcast and Unknown Server
B-ISDN	Broadband Integrated Services Digital Network
CCITT	Consultive Committee on International Telegraphy and Telephony
CBR	Constant Bit Rate
CER	Cell Error Ratio
CLP	Cell-Loss Priority
CLR	Cell Loss Ratio
CMR	Cell missinsertion ratio
CPCS-PDU	Common Part Convergence Sub-layer Protocol Data Unit
CPCS-SDU	Common Part Convergence Sub-layer-Service Data Unit
CPI	Classical IP Over ATM
DLL	Data Link Layer
ELAN	Emulated Lan
GFC	Generic Flow Control
HEC	Head Error Control
HN	Hub Number

IETF	Internet Engineering Task Force
ILMI	Interim Local Management Interface
InATMARP	Inverse ATM Address Resolution Protocol
ION	Internetworking Over NBMA (Non-Broadcast Multi-Access)
IP	Internet Protocol
IPX	Internetwork Packet Exchange
ISDN	Integrated Service Digital Network
ITU-T	International Telecommunications Union – Telecommunication Standardization Sector
L2	Data Link Layer
L3	Internetwork Layer
LAN	Local Area Network
LANE	LAN Emulation
LDP	Label Distribution Protocol
LEC	LAN Emulation Client
LECS	LAN Emulation Configuration Server
LES	LAN Emulation Server
LIB	Label Information Base
LIS	Logical IP Subnet
LLC	Logical Link Control
LUNI	LAN Emulation User-network Interface
MAC	Media Access Control
MARS	Multicast Address Resolution Server
Max-CTB	Maximum cell transfer delay
MCR	Minimum Cell Rate

MPC	MPOA Client
MPLS	Multiprotocol Label Switching
MPOA	Multiprotocol Over ATM
MTU	Maximum Transmission Unit
NAK	Negative NHRP Resolution Reply
NBMA	Non-Broadcast Multi-Access
NHC	Next Hop Client
NHRP	Next Hop Resolution Protocol
NHS	Next Hop Server
NNI	Network-Network Interface
nrt-VBR	Non-real-time Variable Bit Rate
OSI	Open System Interconnection
OSPF	Open Shortest Path First
P2P-CDV	Peak-t-peak cell delay variation
PCR	Peak Cell Rate
PDU	Protocol Data Unit
PTI	Payload Type Identifier
PVC	Permanent Virtual Connection
QoS	Quality of Service
RDSI	Rede Digital de Serviços Integrados
RDSI-FL	Rede Digital de Serviços Integradas de Faixa Larga
RFCs	Request For Comments
RIP	Routing Interchange Protocol
RSVP	Resource ReSerVation Protocol
rt-VBR	Real-time Variable Bit Rate



RTP	Real Time Protocol
SCSP	Server Cache Synchronization Protocol
SDMS	Switched multimegabit data services
SDU	Service Data Unit
SECBR	Severely errored cell block ratio
SNAP	SubNetwork Attachment Point
STM	Synchronous Transfer Mode
SVC	Switched Virtual Channel Connection
TCP	Transmission Control Protocol
TDM	Time Division Multiplexing
TLV	Type-Lenght-Value Encoding
TTL	Time To Live
UBR	Unspecified Bit Rate
VBR	Variable Bit Rate
VCC	Virtual Channel Connection
VCI	Virtual Circuit Identifier
VPC	Virtual Path Connection
VPI	Virtual Path Identifier
VPN	Virtual Private Network
WAN	Wide Area Network

## 1. Introdução

O vertiginoso crescimento da Internet, aliado a conectividade de ambientes de telecomunicação e multimídia cada vez mais freqüente na vida das pessoas, tem levado a uma revolução nos conceitos das redes de telecomunicações. Conexões de dados, voz e imagem são exigências do mercado. Garantir meios de transmissão rápidos, que suportem múltiplos serviços e ainda sejam compatíveis com a tecnologia de rede existente, é sem dúvida um grande desafio. O desenvolvimento de redes de alta velocidade com serviços integrados é uma realidade e as redes ATM são uma alternativa eficiente para atender esta demanda. É também uma realidade o interesse pela aplicação da solução ATM em redes locais, principalmente nas INTRANET das empresas, que à cada dia assemelham-se mais em características e serviços com as grandes redes de telecomunicações. Também é uma realidade irrefutável que as tecnologias existentes como o IP, IPX, Appletalk,..., representam 95% das redes instaladas e tem uma perspectiva de grande longevidade. Dentro deste contexto o sonho de redes ATM puras ainda está distante e é evidente a necessidade de integração de redes ATM em ambientes heterogêneos. Porém as Redes ATM foram claramente criadas para atender redes públicas integradas, como a RDSI-FL ou Redes Digitais de Serviços Integrados (B-ISDN) e não a esta nova realidade onde é necessária a convivência de tecnologias de redes diferenciadas, onde os conceitos e recursos implementados por estas redes diferem fortemente dos conceitos ATM. Neste momento surge um grande desafio: desenvolver soluções que integrem de uma forma eficiente os protocolos de rede existentes, sobre um meio ATM, aproveitando a velocidade das redes ATM e dos seus recursos de qualidade, reserva e garantia de serviços. Os grupos de pesquisa e desenvolvimento, mais especificamente o ATM *Forum* e o IETF (*Internet Engineering Task Force*) têm apresentado soluções como o *LAN Emulation* e o *IP Over ATM*, que resolvem em parte o problema. Dada a necessidade e importância destas soluções, os órgãos de padronização, num esforço conjunto desenvolveram uma nova solução muito mais robusta e eficiente, o MPOA, que se beneficiando das soluções desenvolvidas pelo *LAN Emulation*

(LANE), do *IP Over ATM* e agregando protocolos para roteamento e para implementação de multidifusão em redes ATM, pretende se tornar a solução padrão para os problemas de integração dos ambientes de rede existentes com as redes ATM. Segundo (Schmidt&Minoli, 1997) “O MPOA pode ser visto como a solução de problemas de conexão entre pares de *hosts* que atravessam domínios administrativos e aplicações que possibilitam o uso dos recursos de rede para garantir qualidade de serviço”. Qualidade de serviço surge como uma das grandes necessidades, tanto de provedores de serviços como de usuários.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivos Gerais**

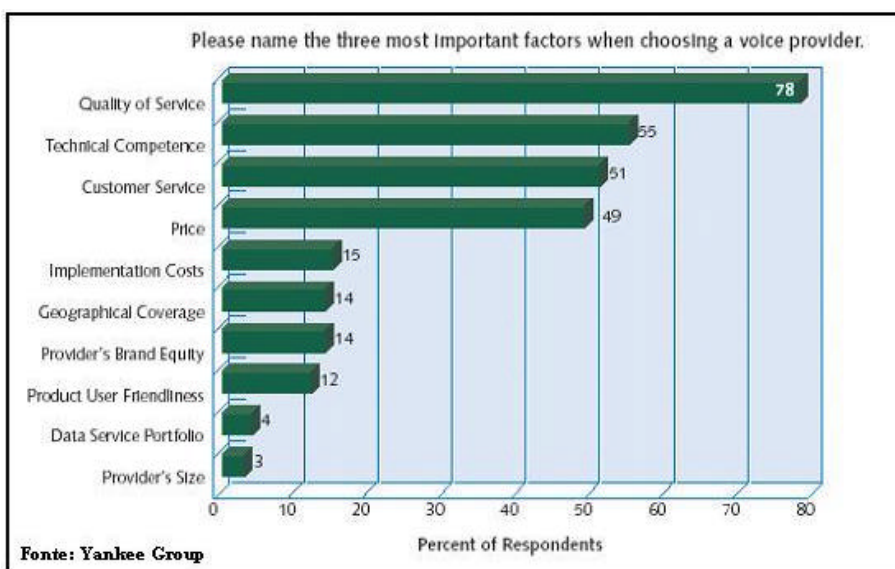
Este trabalho tem a finalidade de conceituar e discutir as soluções ATM para redes corporativas heterogêneas. Mais especificamente as soluções envolvendo o uso do protocolo MPOA, enfatizando o uso de QoS e Reserva de Recursos como qualidade fundamental das redes de computadores modernas, definindo estratégias para a implementação de redes com suporte a MPOA e reserva de recursos com qualidade de serviço garantida.

### **1.1.2. Objetivos Específicos**

- Testar a viabilidade da implementação de QoS em Redes ATM corporativas.
- Indicar as potencialidades das soluções MPOA, verificando sua aplicabilidade e desempenho.
- Estudar e propôr soluções alternativas para a conexão de redes baseadas em protocolos legados a *backbones* ATM, sem a perda das características fundamentais do protocolo ATM.
- Viabilidade de implantação de QoS e reserva de recursos no ambiente de uma rede corporativa, bem como propor estratégias de implantação de redes que suportem estas tecnologias.

## 1.2. Motivação

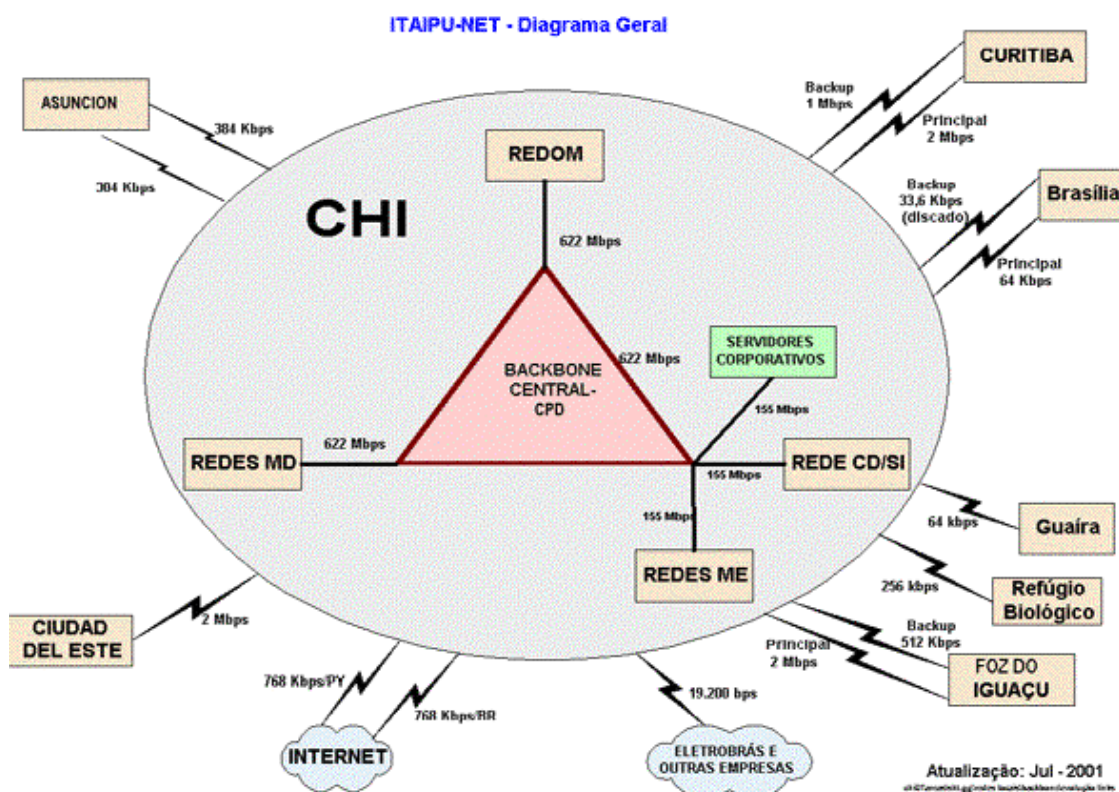
Apesar da necessidade crescente por controle de qualidade e reserva de recursos em redes (ver Figura 1.1 – Fatores importantes para usuários de redes de telecomunicações), e as empresas já possuírem infra-estruturas de redes de alta velocidade, baseadas em protocolos que permitem um alto nível de escalabilidade e controle de uso dos recursos com garantia de qualidade, estas soluções não estão implementadas. Ou por que não se tem conhecimento e domínio das tecnologias, ou pela complexidade aparente que elas representam.



**Figura 1.1 - Fatores importantes para usuários de redes de telecomunicações**

Em muitos casos, os fornecedores das soluções não possuem o domínio completo das tecnologias e por isso não implementam projetos que utilizem todo o potencial das soluções ATM. Esta é uma situação que se faz clara quando analisamos o ambiente de Tecnologia da Informação de uma infra-estrutura de rede padrão (Ver Figura 1.2 – Diagrama de Rede da Itaipu Binacional), que dispõe de infra-estrutura de rede de alta velocidade baseada num *backbone* com tecnologia ATM, mas que não implementa nenhuma solução para controle de uso de recursos. Esta situação dificulta as decisões relativas ao atendimento de demandas crescentes de solicitações de acesso à rede para realização de videoconferência,

treinamento multimídia, entre outros, pelo simples fato de não se ter nenhum tipo de controle sobre as condições de uso dos meios de conexão, e por isso não se conseguir definir ou controlar o impacto sobre a rede e serviços em operação.



**Figura 1.2 - Diagrama de Rede da Itaipu Binacional**

### **1.3. Metodologia proposta**

A Metodologia a ser empregada consiste na realização de pesquisa bibliográfica para fundamentação teórica dos conceitos que envolvem as soluções Multiprotocolo sobre ATM (MPOA) e QoS - Qualidade de serviço, e a criação de laboratórios de testes para soluções ATM, utilizando QoS, simulando o ambiente de uma rede corporativa, os quais servirão como experiência para futura implantação na entidade. A partir dos resultados obtidos, justificar e propôr estratégias para a implementação de redes MPOA e QoS, além de alternativas e projetos futuros para esta área de conhecimento.

## 2. Revisão da Literatura

### 2.1. Asynchronous Transfer Mode (ATM)

#### 2.1.1. Histórico

No início dos anos 70, o avanço das tecnologias de transmissão e chaveamento digital, possibilitou a construção de uma rede digital capaz de integrar diferentes tipos de serviços, conhecida como RDSI – Rede Digital de Serviços Integrados (ISDN – *Integrated Services Digital Network*), que estava sendo desenvolvida pelo CCITT – *Consultive Committee on International Telegraphy and Telephony*, atualmente ITU-T – *International Telecommunications Union – Telecommunication Standardization Sector*.

Em 1984, um conjunto de recomendações chamado de Série I foi publicado pelo CCITT, que incentivou que indústrias e provedores de serviço iniciassem o desenvolvimento de equipamentos e serviços baseados na RDSI. Contudo, a série I ainda não estava suficientemente detalhada e somente com a versão de 1988 tornou-se possível a implementação preliminar de redes RDSI. A RDSI utiliza tecnologia de multiplexação por divisão de tempo, também conhecido como *Synchronous Transfer Mode* e não é designado para suporte a banda larga. Ao final dos anos 80, muitos dos esforços de projeto e desenvolvimento do ITU-T tornaram-se voltados para um novo conceito de rede que seria muito mais revolucionário que a própria rede RDSI. Este novo conceito atende as demandas geradas pelo uso de fibras óticas que suportam velocidades muito grandes e tem sido referenciado como RDSI-FL – Rede Digital de Serviços Integrados Faixa Larga (B-ISDN – *Broadband Integrated Service Digital Network*) e se caracteriza como uma extensão da RDSI. Apesar de ambas serem digitais, a tecnologia ATM difere claramente da RDSI. Enquanto a RDSI é uma tecnologia de modo de transferência síncrona e, portanto, é uma tecnologia de circuitos comutados, sem ganhos de multiplexação estatística, ATM, por outro lado, é uma tecnologia de modo de transferência assíncrona, com multiplexação estatística.

Os conceitos fundamentais do ATM surgiram a partir de pesquisas desenvolvidas em meados dos anos 80. Esses trabalhos estabeleceram os tamanhos das unidades de dados, que facilitariam a ligação em altas velocidades de frames, com variação de tamanho. Esta filosofia foi influenciada por pesquisas da IBM, de um dispositivo conhecido como *Packetized Automatic Routing Integrated System (PARIS) Switch*, que atenderia a pacotes de tamanho fixo e variável.

Como parte da Série I de recomendações sobre a RDSI, o ITU-T anexou as duas primeiras recomendações relacionadas com a RDSI de Faixa Larga: Vocabulário de Termos para os Aspectos Faixa Larga da RDSI (I.113), e Aspectos Faixa Larga da RDSI (I.121). Estas recomendações forneceram uma descrição preliminar e apontaram as direções básicas no processo de padronização da futura RDSI de Faixa Larga.

De acordo com a Recomendação I.121, os fatores que estão guiando os trabalhos do ITU-T no desenvolvimento da RDSI de Faixa Larga são:

- A emergente demanda por serviços banda larga.
- A disponibilidade de tecnologias de alta velocidade de transmissão, chaveamento e processamento de sinais.
- A capacidade de melhorar o processamento de imagens e dados.
- A necessidade de integrar serviços interativos e distributivos
- A necessidade de integrar o modo de transferência de redes de circuitos e de pacotes, em uma rede faixa larga universal.
- A necessidade de prover flexibilidade no atendimento de requisitos, tanto de usuários quanto de provedores.
- A necessidade de cobrir os aspectos relacionados com a RDSI de Faixa Larga em recomendações do ITU-T.

De acordo com a Recomendação I.113, um novo modo de transferência, chamado Modo de Transferência Assíncrono (ATM –*Asynchronous Transfer Mode*), foi definido para ser utilizado na RDSI de Faixa Larga, pelas seguintes razões:

- Possibilita o acesso flexível à rede devido ao conceito de transporte de células.



- Possibilita a alocação dinâmica de largura de faixa sob demanda.
- Permite a alocação da capacidade de transporte de forma flexível.
- É independente do meio físico de transporte de dados.

Em 1991, devido a demora do ITU-T no desenvolvimento das normas relacionadas com a RDSI de Faixa Larga e ao grande nível de interesse na tecnologia ATM, um grupo de indústrias se organizou em um consórcio chamado *ATM Forum*, com o objetivo de acelerar e facilitar o desenvolvimento da tecnologia ATM.

Atualmente, o consórcio *ATM Forum* é composto por aproximadamente 800 indústrias, concessionárias, vendedores, clientes e outros grupos. O *ATM Forum* não é um organismo de padronização e, portanto, atua apenas na elaboração de acordos de implementação, baseados em normas internacionais.

Entretanto, o *ATM Forum* tem produzido especificações para funções que não têm sido preocupação de organismos internacionais de padronização. Estas especificações adicionais são específicas para redes de dados e para ambiente de redes locais e preocupam-se com a interconexão de redes através da tecnologia ATM.

## **2.2. O que é o Asynchronous Transfer Mode (ATM )**

ATM é uma tecnologia de transmissão, multiplexação e chaveamento, usada para transportar pequenos pacotes de tamanho fixo, chamados de células, sobre uma rede de alta velocidade.

### **2.2.1. Características Básicas da Tecnologia ATM**

ATM utiliza pequenos pacotes de tamanho fixo, chamados de células. Uma célula tem 53 *bytes*, sendo 5 *bytes* de cabeçalho e 48 *bytes* para o campo de informações. Toda a informação (voz, vídeo, dados, etc.) é transportada pela rede, através de células ATM.

Para garantir o processamento rápido dentro da rede, o cabeçalho das células ATM é limitado em termos de funcionalidade. Sua principal função é identificar uma conexão virtual (lógica) por meio de identificadores que são selecionados em uma fase

de estabelecimento de conexão e garantem um encaminhamento adequado de cada célula pela rede. A tecnologia ATM é orientada a conexão. Esta característica é fundamental para o estabelecimento de negociação de QoS e garantia de recursos, além de permitir um controle efetivo de rotas e caminhos existentes, o que melhora o desempenho no uso dos recursos de conexão.

Além dos identificadores de conexão virtual, um número bem limitado de outras funções é suportado pelo cabeçalho. Para evitar o encaminhamento errado das células dentro da rede ATM, devido a erros nos identificadores de conexão virtual, foi inserido um campo de proteção contra erros no cabeçalho (HEC - *Header Error Control*) da célula ATM.

Dada a limitada funcionalidade do cabeçalho das células ATM, o seu processamento é bastante simples e pode ser feito a taxas muito altas (até Gbps).

O campo de informações da célula ATM foi padronizado pelo ITU-T em 48 *bytes* a partir de um compromisso firmado entre vários grupos de interesse e levando-se em conta uma série de fatores conflitantes, dos quais podemos destacar:

- Atrasos na rede;
- Eficiência de transmissão;
- Complexidade de implementação;

### **2.2.2. A célula ATM**

A célula ATM é uma unidade de transmissão de tamanho fixo, definida pelo padrão ATM. Contém dois tipos de informações: os dados e o cabeçalho. Os dados são as informações que vão ser transferidas na rede ATM, isto inclui dados, voz, imagem, ou vídeo. No cabeçalho estão as informações usadas para rotear a célula através da rede e assegurar que a célula chegará ao destino. A célula ATM tem 53 *bytes*, dos quais, 48 *bytes* para dados, mais 5 *bytes* de cabeçalho, que é dividido em campos. Existem dois tipos de cabeçalhos, o UNI (*User Network Interface*) e o NNI (*Network Network Interface*). A Tabela 2.1 abaixo mostra a estrutura de uma célula ATM.

**Tabela 2.1 – Estrutura da Célula ATM**

8	7	6	5	4	3	2	1
Generic Flow				Virtual Path Identifier			
Virtual Path Identifier (Continued)				Virtual Channel Identifier			
Virtual Channel Identifier (Continued)				Virtual Channel Identifier (Continued)			
Virtual Channel Identifier (Continued)				Payload Type Identifier		Cell-loss Priority	
Head Error Control							
Payload (48 bytes)							

- O primeiro campo, composto de 4 bits, atende ao Controle Genérico de Fluxo - GFC (*Generic Flow Control*). Controla o fluxo de tráfego na interface de rede do usuário e na rede ATM.
- Um campo de 24 bits de ponteiro de roteamento que é subdividido em um sub-campo de 8 bits para VPI e um de 16 bits para VCI. Indiretamente identifica a posição de uma rota de tráfego de saída sobre uma conexão específica, sendo fornecido por uma função de apontamento em tabelas de comutação que contenham a rota atual. Os VPI identificam um VPC (grupo de conexões virtuais entre dois pontos envolvendo diversos enlaces ATM) em particular e indicam um caminho para encapsular dados para com um mesmo destino. O VCI identifica um VCC (conexão entre duas entidades ATM ativas e comunicando-se) em particular e consiste na concatenação de vários enlaces ATM. Ver Figura 2.1 – Modelo VCI/VPI.
- Três bits são alocados para identificar o tipo de dado carregado PTI (*Payload Type Identifier*), que identifica se uma célula é uma célula de usuário ou uma célula de controle utilizada para gerenciamento da rede. Células ATM levam diferentes tipos de informação que podem requerer manejos diferenciados pela rede ou por um equipamento de ponta.

- Um bit para identificar a *Cell-Loss Priority* (CLP) configurado pelo usuário. Este bit é utilizado para distinguir dois níveis de prioridade, *zero* identifica uma célula de alta prioridade, que receberá tratamento preferencial quando da ocorrência de congestionamento, que ocasionará o descarte de células, e *um* que indica células de prioridade mais baixa, quando a perda é menos crítica.
- *Head Error Control* – HEC ou Controle de erro de cabeçalho. É um CRC de 8 bits, calculado sobre os primeiros 4 *bytes* do cabeçalho da célula ATM. O HEC é capaz de detectar um erro num simples bit como num número indeterminado de múltiplos erros de bit. Isto pode ser usado para corrigir simples erros de bit, mas não é obrigatório. Este mecanismo é implementado por um dispositivo de recebimento para inferir/verificar se uma célula está errada e deve ser simplesmente descartada. O HEC proporciona proteção contra a entrega de mensagens erradas, causadas por erros de endereçamento.
- Os 48 *bytes* restantes são utilizados para carga de dados. No caso de interworking, alguns *bytes* de carga podem ser configurados a parte, pela rede, usando o protocolo de controle de informações ATM *Adaptation Layer* (AAL).
- A estrutura de uma célula NNI tem apenas uma diferença, os quatro bits do campo GFC são sobrepostos e o campo VPI é expandido de 8 para 12 bits. Todas as definições anteriores foram baseadas em (Lew et al, 1999).



**Figura 2.1 - Modelo VPI/VCI**

É fundamental o conhecimento sobre a estrutura da célula ATM, já que na sua estrutura encontramos os dados utilizados no tratamento e retransmissão das células, estabelecimentos de conexões, negociação de níveis de QoS e tratamento de erro. Através de parâmetros enviados nas células pode-se estabelecer, garantir e controlar a disponibilidade de recursos exigidos por cada conexão ATM, bem como realizar controle de erro, descarte de células e estabelecimento de caminhos lógicos.

### 2.2.3. A pilha de Protocolo ATM

Conforme (Lew et al, 1999), (Schmidt&Minoli, 1997), (Tanenbaum, 1996) uma extensão da pilha de sete camadas convencional OSI pode ser usada para descrever a estrutura do protocolo ATM: um modelo de referência específico para ATM demonstra claramente esta estrutura. O modelo de referência distingue três camadas básicas. Iniciando pela base, temos a camada física, a camada ATM e a AAL. Cada uma é dividida em subcamadas adicionais. Ver Tabela 2.2 – Modelo de Referência ATM.

**Tabela 2.2 - Modelo de Referência ATM**

Convergence	CS	AAL
Segmentation and Reassembly	SAR	
Generic Flow Control (Se implementado)		
Cell VPI/VCI Translation		ATM
Cell Multiplex and Demultiplex		

Cell Rate Decoupling	TC	PHY
HEC Header Sequence Generation/Verification		
Cell Delineation		
Transmission Frame Adaptation		
Transmission Frame Generation/Recovery		
Bit Timing	PM	
Physical Medium		

### 2.2.3.1. Camada Física

A camada física é composta por 2 subcamadas:

- 1      PM      Como qualquer outro protocolo da camada de enlace de dados, ATM não é definido para um determinado meio físico, mas é necessário que se definam protocolos da camada física, adequados para a transmissão de células. A subcamada de meio físico (PM – *Physical Medium*) interage com o meio físico e executa transmissão e recepção de bits. Cada PM é específica para um determinado meio físico e inclui definições do cabeamento, como também do bit de temporização.
  
- 2      TC      A subcamada de convergência de transmissão (TC – *Transmission Convergence*) recebe um fluxo de bits da subcamada PM e transforma no formato de células para envio a camada ATM. Estas atividades incluem:
  1. *Cell Rate Decoupling* – Adaptação da velocidade das seqüências de células da camada ATM, com a da interface física.
  2. *Cell-delineation* - Extração de células das seqüências de bits recebidos da PM.

3. Geração e verificação de seqüências de HEC - Executado quando a subcamada TC verifica onde cada célula inicia e termina, para cálculo do HEC de cada célula.
4. Adaptação de frames para transmissão.
5. Geração/recuperação de frames para transmissão.

### **2.2.3.2. Camada ATM**

A camada ATM, no meio da pilha ATM, é responsável por uma das tarefas ATM mais triviais, encapsular os dados de um número de origens, que chegam das camadas superiores em células e multiplexar o fluxo de células. E a responsabilidade de desencapsular as células que chegam de camadas inferiores e demultiplexar o fluxo resultante de saída para um número de entradas. Ela tem a responsabilidade do controle de multiplexação da camada ATM (a transmissão de células pertencentes a diferentes conexões sobre um único fluxo de células) e demultiplexação (diferenciar células de várias conexões e retirar do fluxo de células). ATM, como uma camada de enlace de dados, é independente do meio que é capaz de executar estas funções numa larga variedade de meios físicos. A camada ATM age como intermediária entre as camadas superiores e a camada física abaixo.

VC e VP são identificados por seus rótulos VCI/VPI. Não confundir VC/VP com conexões. VC são canais virtuais, conexões são instâncias de uma comunicação fim-a-fim. Conexões são identificadas por chamadas de referência, e identificadores de conexão incluem uma mensagem de setup usada na sinalização. A camada ATM garante que as células estão arranjadas numa seqüência correta, mas não identifica e/ou retransmite células com problemas. Se isto precisar ser feito, deverá ser executado pela tradução e tratamento das informações de VPI/VCI.

Cada comutador ATM tem sua própria tabela de roteamento para identificar cada conexão. Quando transitando entre comutadores, identificadores VPI/VCI (ponteiros das tabelas de roteamento) serão modificados. Comutadores traduzem

identificadores de células para encaminhá-las adiante para outros comutadores até se encontrar o *host* destino.

### 2.2.3.3. Camada AAL

A camada de adaptação ATM suporta diversos protocolos de camada de rede para utilizar os serviços da camada ATM. Ela recebe frames das camadas superiores do modelo OSI e adapta para segmentos de 48 *bytes* que são colocados no campo Payload das células ATM. A camada ATM aceita os segmentos de 48 *bytes*, adiciona o cabeçalho de 5 *bytes* e produz as células ATM para serem enviadas através da camada física. Quando uma célula ATM é transferida através da rede, cada célula é processada isoladamente de todas as outras células. Todo o processo de decisão é feito baseado no conteúdo do cabeçalho da célula. Dependendo do tipo de tráfego de entrada na rede ATM, a AAL usa um dos quatro tipos diferentes de AAL para dividir o tráfego em segmentos menores. Estes tipos são classificados de acordo com o tempo de relacionamento entre a origem e o destino, o controle de tipo de transferência e o modo de conexão (orientado-a-conexão ou não orientado-a-conexão). Os tipos de AAL definidos pelo padrão ATM estão listados na Tabela 2.3 abaixo.

**Tabela 2.3 – Tipos de tráfego suportados pela AAL**

AAL Type	Exemplos de tipo de tráfego
1	Emulação de circuito, bit rate constante de vídeo.
2	Bit rate de vídeo e áudio variável.
3/4	Transferência de dados não-orientada ou orientada a conexão (AAL 3/4 faz checagem de erro e multiplexação célula-a-célula).
5	Transferência de dados não orientados a conexão (AAL5 tem um overhead mais baixo que AAL3/4).



A camada ATM de adaptação é subdividida em 2 subcamadas: A subcamada de convergência (CS – *Convergence Sublayer*), e a de segmentação e remontagem (SAR – *Segmentation, Assembly, Reassembly*).

A subcamada de convergência recebe tráfego das camadas superiores para transmissão através da rede ATM. Dependendo do tipo de AAL, cabeçalho e/ou campos são adicionados ao pacote. O pacote é então segmentado pela subcamada SAR no formato de 48 *bytes* do campo *payload*.

Após receber as células de camadas inferiores, a AAL remove qualquer informação específica da AAL dos campos de *payload* e remonta o pacote inteiro, antes de enviá-lo para a camada superior.

#### **2.2.4. Conexões ATM**

De acordo com (Mello, 1999) conexões ATM podem ser classificadas de acordo com a forma como são estabelecidas e com o número de usuários finais ATM, envolvidos em uma transmissão.

Segundo a forma como são estabelecidas, existem dois tipos fundamentais de conexões ATM:

- Conexões Virtuais Permanentes (PVCs – *Permanent Virtual Connections*) – São conexões estabelecidas e encerradas por um mecanismo externo, tipicamente um *software* de gerenciamento de rede e geralmente permanecem ativas por longo tempo.
- Conexões Virtuais Comutadas (SVCs – *Switched Virtual Connections*) – São conexões estabelecidas e encerradas automaticamente através de um protocolo de sinalização e permanecem ativas até que um sinal indique que a conexão deve ser encerrada.

Segundo o número de usuários finais ATM envolvidos na transmissão, também existem dois tipos fundamentais de conexões ATM:

- Conexões Ponto a Ponto (*Point-to-point connections*) – Conecta apenas dois usuários finais ATM e podem ser unidirecionais ou bidirecionais.
- Conexões Ponto para Multiponto (*Point-to-multipoint connections*) – Conecta um usuário final ATM fonte (nó raiz) com múltiplos usuários finais ATM de destino (nós folhas). A replicação de células deve ser feita no nó onde a conexão ATM se divide, a fim de possibilitar que todos os nós folhas recebam suas células. Tais conexões são unidirecionais, ou seja permitem que o nó raiz transmita para os nós folhas, mas não permitem que os nós folhas transmitam para o nó raiz ou para outros nós folhas. As conexões ponto para multiponto desempenham um papel importante na habilidade de conduzir tráfego de difusão e multidifusão sobre redes ATM.

### 2.2.5. Roteamento de Células

(Mello, 1999) coloca que o fluxo de informações é estabelecido através de percursos predefinidos, chamados canais virtuais (VCs – *Virtual Channels*). O cabeçalho das células ATM contém identificadores que amarram a célula ao seu percurso. As células de um canal virtual seguem o mesmo percurso através da rede e são entregues ao destino, na mesma ordem em que foram inseridas na rede.

O roteamento de células, através de uma rede ATM, é baseado no conceito de troca de identificadores (*label swapping*). Cada pacote contém um identificador de conexão lógica. Em cada comutador, ao longo de uma dada conexão, existe uma tabela de roteamento que contém um registro que relaciona o par identificador e porta de entrada, com o par identificador e porta de saída. Assim, quando um pacote chega em uma porta de entrada de um comutador, o seu identificador é lido e uma consulta a tabela de roteamento é feita, a fim de determinar com qual identificador e para qual porta de saída o pacote deve ser enviado.

A técnica de *label swapping* é eficiente por várias razões:

- 1 Processo de extração e processamento de identificadores é muito rápido, uma vez que tipicamente estes identificadores têm alguns *bits* de comprimento, ao contrário de soluções que utilizam endereços.

- 2 Roteamento de pacotes é feito em *hardware*, o que minimiza o tempo gasto em cada comutador e viabiliza o tráfego sensível a atrasos (*delay*).
- 3 A tabela de roteamento é construída através de aplicativos de gerenciamento de rede ou protocolos de sinalização *antes que qualquer pacote pertencente a uma conexão seja enviado*. Em outras palavras, todas as decisões de roteamento de pacotes são tomadas antes que qualquer pacote seja transmitido.
- 4 Os pacotes possuem pequenos cabeçalhos e são transportados através da rede em seqüência, sobre um caminho predeterminado e com um atraso mínimo.

Nas redes ATM, o identificador de conexões lógicas é uma combinação dos campos VPI e VCI presentes no cabeçalho das células. Como existem dois identificadores em redes ATM e por consequência caminhos virtuais e conexões virtuais, dois níveis de chaveamento podem ser executados: chaveamento VP (*VP switching*) e chaveamento VC (*VC switching*).

O chaveamento VP apenas executa a troca do campo VPI das células, enquanto o chaveamento VC executa a troca dos campos VPI e VCI

A pilha de protocolos ATM é a base para a implementação de tecnologias de redes de alta velocidade baseadas no ATM. O discernimento e domínio sobre as suas estruturas e funções são fundamentais para a discussão dos benefícios e problemas das soluções ATM, bem como das alternativas existentes. Os conceitos que envolvem as camadas do protocolo ATM identificam situações que precisam ser administradas por soluções ATM quer seja em redes ATM puras ou redes MPOA, tais como, estabelecimento de conexão, sinalização, definição de caminhos lógicos, multiplexação e demultiplexação de células, controle de erro.

Logicamente os fundamentos da tecnologia ATM serão evidenciados durante todo o desenvolvimento do trabalho, visto que, sobre as características básicas que fundamentam a tecnologia ATM serão fundamentados os conceitos e soluções para implementação de QoS e das tecnologias MPOA. O estabelecimento de conexões, o roteamento de células, as características do cabeçalho da célula ATM serão a base para a fundamentação das tecnologias a serem estudadas e propostas nos próximos capítulos.

## 2.3. Multiprotocolo over ATM (MPOA)

### 2.3.1. O que é MPOA

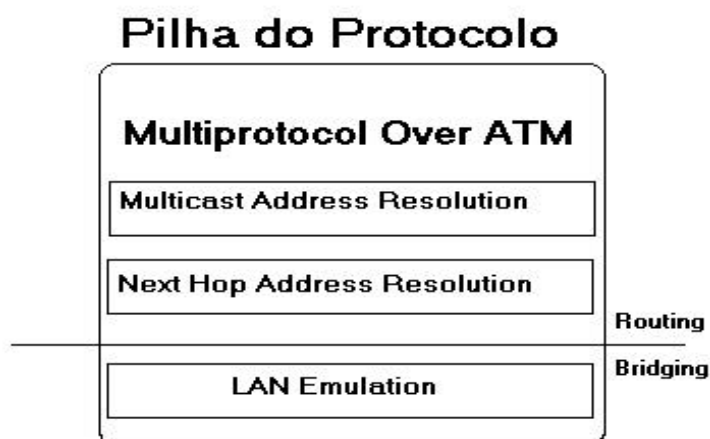
MPOA apresentado pelo ATM *Forum* em 1997 e desenvolvido em conjunto com o IETF, tem por objetivo dispor de meios que efetivamente permitam que o tráfego oriundo de protocolos não ATM, seja tratado de forma adequada e transparente no meio ATM, sem perda das características e eficiência dos protocolos envolvidos. O MPOA é produto de uma mudança de paradigma e pretende revolucionar a maneira como são utilizadas e construídas redes ATM. Esta mudança pretende que os fabricantes desenvolvam produtos que apliquem a filosofia da arquitetura MPOA que separa a comutação (*Switching*) do roteamento (*Routing*) e forneçam aplicações que designem e requeiram parâmetros de qualidade de serviço (QoS). Já para os Administradores de Rede, o MPOA permite uma abstração das tecnologias que são responsáveis pela solução dos problemas de estabelecimento de conexões entre pares de *hosts* que atravessam domínios administrativos, como também permite que as aplicações façam uso dos recursos de rede, que permitem a garantia de QoS.

De acordo com (Schmidt&Minoli, 1997) as principais características do MPOA são:

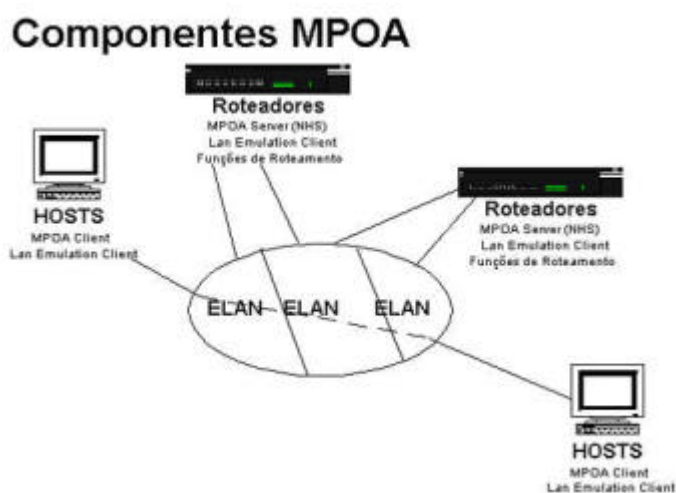
- Suporte fim-a-fim para interconexão de redes ATM sem roteamento.
- Suporte e substituição para as funções de pontes e roteamento em redes ATM.
- Redução da necessidade de tráfego de broadcast.
- Menor latência na comunicação entre dispositivos pela eliminação do roteamento.
- Permite ações de filtro de dispositivos para restrição de fluxo de tráfego.

- Provê uma gerência centralizada de membros de um *Workgroup*, controlando automaticamente inclusões, trocas e movimentações.
- Possibilita ganho na determinação de atalhos entre dispositivos ATM finais.
- Suporte eficiente a protocolos de rede legados sobre redes ATM

O conceito de MPOA se estende além do simples fato de permitir e viabilizar o tráfego de dados oriundos de outros protocolos sobre ATM, tendo que desenvolver funções alternativas de roteamento, ponte, difusão e multidifusão sobre ATM. A solução MPOA se baseia no protocolo de Emulação de Rede Local (ELAN) para estabelecer comunicação dentro de uma mesma rede, já que não necessita roteamento e o NHRP para resolver endereços IP entre diferentes sub-redes. Ou seja, o NHRP permite obter endereços ATM de dispositivos pertencentes a uma sub-rede IP diferente, utilizando Servidores de Resolução de Endereços de Multidifusão para resolver solicitações de multidifusão, (ver Figura 2.3 - Componentes MPOA). Esta combinação melhora o problema de latência, causado pelo roteamento entre sub-redes e permite a utilização dos recursos de QoS e escalonamento de serviços do ATM. Ver Figura 2.2 - Pilha do Protocolo MPOA. Isto se deve ao fato de diminuir a necessidade de passos para definição de rotas para *hosts* ATM em outras sub-redes lógicas IP (LIS), em relação a protocolos da camada 3 que rodam diretamente sobre o ATM. O MPOA pode ser visto como a somatória do LANE + IP Over ATM + NHRP + MARS. Como veremos a seguir esforços vem sendo desenvolvidos para atingir estes objetivos, mas ainda não existe um consenso sobre soluções para todos os problemas existentes. Uma indicação forte do esforço neste sentido é o grande número de RFC editadas pelo IETF, tratando de problemas relativos a este tema.



**Figura 2.2 - Pilha do Protocolo MPOA**



**Figura 2.3 - Componentes MPOA**

(Shmidt&Minoli, 1997), (Jain, 2000) e (Mello, 1999) colocam que o MPOA *Client* ou MPC tem como função primária iniciar e extinguir atalhos entre redes. Nas funções de entrada, um MPC detecta fluxo de pacotes sobre uma determinada ELAN para um roteador que contenha um MPS. Quando ela reconhece um fluxo pode beneficiar-se de um atalho que evita o caminho roteado, então usa um NHRP para requisitar informações necessárias para estabelecer um atalho para o destino. Se o atalho é válido, o MPC guarda a informação na sua *cache* de entrada, configura um VCC e remete *frames* para o destino através do atalho.

Nas funções de saída o MPC recebe frames de dados remetidos por outros MPC para esta interface/usuário local. Para frames recebidos sobre um atalho, o MPC adiciona a DLL de encapsulamento apropriada e remete para camadas superiores. As informações de encapsulamento da DLL são fornecidas para o MPC por um MPS de saída e armazenadas na *cache* de saída do MPC.

O MPOA *Server* ou MPS é um componente lógico em um roteador que fornece uma camada de interconexão, remetendo informações para os MPC, isto inclui um NHS completo. O MPS interage com o NHS local e funções de roteamento para responder questões do MPOA de MPC de entrada e fornecer informações de encapsulamento DLL para *caches* de saída de MPC. Como um MPS trabalha no atendimento de pedidos e respostas MPOA, um NHRP requisita e responde em benefício dos MPC.

As propostas do MPOA resultam do encontro das necessidades de interconexão de ambientes de redes heterogêneos com a necessidade de resolver uma série de problemas oriundos da conversação com protocolos de rede não orientados a conexão, permitindo que se aproveite o máximo das características do ATM, mesmo em ambientes híbridos. Com a complexidade crescente dos ambientes de rede, a automatização da gerência e configuração dos componentes envolvidos, buscando minimizar a atuação dos profissionais de rede e aumentar a eficiência do uso dos recursos, são objetivos claros para os projetistas e fornecedores de soluções. Garantir o uso eficiente dos recursos, através da implementação de QoS, e garantia de recursos mesmo com tráfego oriundo de redes legadas e aumentar a eficiência de uso dos recursos, através da utilização de caminhos virtuais que limitam a necessidade de roteamento que retarda a transmissão, são algumas das motivações do MPOA. Nos

próximos itens, discutiremos os componentes do Suíte MPOA e como eles trabalham para promover as atividades que caracterizam o MPOA como solução para interconexão de redes legadas sobre a rede ATM.

## **2.4. Componentes de uma Rede Multiprotocol over ATM**

### **2.4.1. LANE (Lan Emulation)**

Basenado-se em (Schmidt&Minoli, 1997), (Lew et al, 1999), (IBM, 1996) é uma solução proposta pelo ATM *Forum*-1995 como solução para compatibilização do tráfego IP e demais protocolos sobre ATM. LANE significa *Lan Emulation* ou Emulação de Rede Local e se caracteriza por executar o mapeamento de endereços diretamente na camada MAC – *Media Access Control* (Controle de Acesso ao Meio), fato este que traz uma maior versatilidade a interconexão de protocolos diversos com a tecnologia ATM, já que outros protocolos além do IP podem interagir com o protocolo ATM. Tradicionalmente, LAN utiliza endereços MAC de 48 bits; este é um endereço único que identifica a interface de rede na estação e normalmente é especificado pelo fabricante. Diferentemente, o ATM utiliza endereços E.164. O LANE permite que o ATM suporte o uso do esquema de endereços MAC. Para cada dispositivo ATM, deve ser especificado um endereço MAC de 48 bits no mesmo espaço de endereçamento. Redes ATM utilizam endereçamento hierárquico. A resolução de endereços do LANE vincula o endereço MAC da estação final ao endereço físico da porta ATM, em que a estação está conectada. Quando uma estação é conectada à porta do *Switch* ATM, um protocolo de registro troca o endereço MAC entre a rede ATM e a estação final. O serviço de emulação de rede consiste em alguns



componentes de *hardware* e *software*, operando em uma ou mais plataformas.

Vejamos alguns destes componentes:

*LAN Emulation Client* (LEC) é o *software* que reside no dispositivo final e é onde o serviço de emulação será submetido nos termos de conversão entre protocolos.

*LAN Emulation Server* (LES), disponibiliza funções de inicialização, configuração, resolução e registro de endereços. Redes ATM e redes legadas utilizam esquemas de endereçamento muito diferentes. Um caminho para mapear os dois é importante, particularmente em sub-redes onde a capacidade de endereçamento do ATM pode ser deficiente.

*Broadcast and Unknown Server* (BUS), disponibiliza um mecanismo para envio de difusões e multidifusões para todos os dispositivos de uma rede local emulada.

Nas redes tradicionais, todos os frames (Unicast, Broadcast e Multicast) são transmitidos para todas as estações pelo meio físico compartilhado. Cada estação seleciona os frames que deseja receber. Este tipo de conexão, onde se anunciam os pacotes de dados para todas as estações através de roteadores, é possível em redes não orientadas a conexão porque todos os hosts utilizam o mesmo meio físico compartilhado. Por outro lado, redes orientadas a conexão, como a ATM, necessitam que se estabeleça a conexão antes de se transferir dados. Complexidades adicionais, inerentes as redes orientadas a conexão, dificultam a execução de difusões. A habilidade de transmitir mensagens para todos os hosts de

uma rede, via difusão, pode ser limitada com o ATM, porque ele requer um único circuito virtual para todos os destinos, ou algum tipo de servidor de multidifusão. Um segmento de LAN pode ser emulado para conexão a um grupo de estações numa rede ATM, via uma conexão virtual de multidifusão ATM. Esta conexão é um canal broadcast do segmento de rede ATM. Com esta possibilidade, uma estação pode transmitir para todas as outras de um segmento de rede ATM, através de uma conexão virtual de multidifusão ATM compartilhada. A utilização de servidores de multidifusão soluciona uma série de problemas para pequenas redes, mas ainda apresenta sérios problemas de escalabilidade. Para disponibilizar características de plug-and-play e aumentar a escalabilidade, o ATM Forum criou o grupo de trabalho Local Area Networking Emulation Over ATM, que tem a função de desenvolver protocolos que facilitem o uso do ATM. Os requisitos a serem cumpridos pelo ATM Forum LANE Group são:

- Estar baseada na especificação UNI versão 3.0
- Prover alta performance e escalabilidade
- Capaz de encaminhar protocolos independentes através de LANs lógicas.
- Capaz de suportar PVC, SVC, ou qualquer combinação.
- Capaz de interoperar diretamente com LAN legada via bridges.

O esforço para se conquistar estes objetivos levou a especificação do LANE. O nome LANE é muito apropriado, visto que, quando um protocolo é implementado, a sua conduta é emulada no ATM. Emulando a conduta de redes legadas, o LANE conseguiu prover suporte para usuários ATM no problema de

interconexão da sua base instalada de protocolos de rede, sob o ATM enquanto minimiza o impacto nos sistemas existentes. Isto pode ser notado no fato de que as técnicas utilizadas pelo LANE para solução de problemas genéricos de comunicação entre computadores, estão sendo reutilizadas nas redes MPOA. As características do LANE podem ser resumidas como segue:

- LANE proporciona um mecanismo para aplicações cliente/servidor, baseadas em LANs existentes, rodarem em ATM sem modificações.
- LANE utiliza o ATM como backbone para interconexão com redes existentes, alcançando altas larguras de banda.
- LANE permite que várias LANs emuladas ou Virtual LANs (VLANs) possam concorrer por uma mesma rede ATM compartilhada. Isto permite que uma única rede física possa aparecer como diversas redes lógicas.
- LANE pode ser implementada em redes ATM imediatamente.

O LANE continua evoluindo e deverá continuar se desenvolvendo nos próximos anos. Esforços nas áreas de redundância e escalabilidade são necessários. O trabalho nas novas versões do LANE tem sido dividido entre o grupo de trabalho original do LANE e o grupo do MPOA, no ATM Forum. Emulação de Ethernet e Token Ring é muito atrativa para usuários que têm interesse em migrar suas redes em produção de forma fácil para ATM, visto que estes dois tipos de meio correspondem a grande maioria das redes existentes. Contudo, é importante citar as implicações de se esconder à rede ATM dos clientes e servidores, com emulação de redes.

Certamente um dos grandes destaques do LANE é esconder o ATM; hosts não precisam entender toda a complexidade de se operar em redes orientadas a conexão, suportando múltiplos níveis de QoS. Por outro lado, esconder o ATM faz com que as aplicações deixem de utilizar todo o potencial da tecnologia ou fazer uso do QoS, porque não é disponibilizada uma forma de comunicação para requisições de Qualidade de Serviço. Ironicamente, esta era uma das idéias fundamentais dos pioneiros do ATM. LANE, por definição se comporta como um bridge independente de protocolo. A experiência tem mostrado que bridging é eficiente para conexão de pequenas redes, mas não suporta bem grandes redes. Isto se deve ao fato de que, como as redes crescem, é gerada uma grande quantidade de tráfego de mensagens de broadcast durante a tentativa dos hosts de resolverem endereços MAC, mapeando endereços IP na camada 3. As difusões são passadas através de bridges e podem criar uma carga substancial de tráfego. Se redes são construídas com roteadores, então as difusões não conseguirão atravessar os limites de suas sub-redes roteadas. Como o LANE emula LANs legadas, o número total de hosts conectados é limitado por dois fatores:

- 1 A velocidade dos processos LANE, rodando na estação final e no servidor LANE.

- 2 As regras tradicionais, utilizadas para medir um número total de hosts que deverão compartilhar uma LAN simples.

Deve-se frisar também que LANE suporta unicamente emulação de um tipo de rede por vez. Se um host, numa Ethernet emulada, precisa conversar com outro host numa Token Ring emulada, os pacotes deverão passar por um roteador que é um membro das duas LANs emuladas. O positivo do LANE é que,

diferentemente do Protocolo IP Clássico, suporta qualquer protocolo da camada 3, desenhado para trabalhar em redes não orientadas a conexão (ex. IPX, IP, AppleTalk, etc.).

### **2.4.2. O IP *Over* ATM**

De acordo com (Laubach, 1994), (Villela, 1998), (Heinanen, 1993) e (Mello, 1999) o IP over ATM (RFC#1577, IETF 1994) apresenta o protocolo ATM como camada de enlace e coloca o IP na camada superior (Rede), sendo a integração das redes feita por roteadores. Estes protocolos foram desenhados para tratar o ATM como um cabeamento virtual, com a propriedade de trabalhar orientada a conexão, e como o LANE, utilizar somente um método de resolução de endereços e suporte a comunicação em broadcast. No modelo do IP Clássico sobre ATM, um grupo de hosts interconectados é considerado uma rede, chamada Non-broadcast Multiple Access (NBMA). Como uma rede NBMA é construída sobre serviços comutados como o ATM ou Frame Relay, um grande número de estações finais não pode enviar mensagens em difusão diretamente para outras estações. Embora uma rede NBMA seja uma rede da camada 2 do modelo OSI, ela será subdividida em Logical IP Subnetworks (LIS), que tornam as conexões roteadas transparentes para os hosts participantes de uma LIS.

Uma das principais filosofias seguidas pelo IP Clássico sobre ATM, é que os administradores de redes devem construir redes utilizando as mesmas técnicas que usam hoje, que é dividir hosts em grupos físicos, conhecidos como sub-redes, acomodados em domínios de workgroups administrativos. Então, as sub-redes são conectadas a outras sub-redes através de roteadores IP. Uma LIS, num IP Clássico sobre ATM, é constituída de uma coleção de hosts ATM

conectados, e de roteadores IP conectados em ATM, que são parte de uma mesma sub-rede. Administração de políticas, como também segurança, controle de acesso, roteamento e filtro, ficam como funções dos roteadores, porque a rede ATM é apenas um “cabo inteligente”.

No IP Clássico sobre ATM, a funcionalidade do ARP é promovida por processos servidores especiais que tipicamente se encontram nos roteadores. Isto é feito através do upgrade de software nos roteadores mais antigos. Cada LIS tem seu próprio servidor ARP, que mantém seus mapeamentos de endereços IP para ATM. Todos os membros de uma LIS se registram no servidor ARP, e conseqüentemente todas as requisições ARP de membros de uma LIS são recebidas por um servidor ARP. Este mecanismo é muito mais direto que o LANE, visto que o ARP está em apenas um servidor e este servidor mantém os mapeamentos diretos IP-ATM.

Num modelo IP Clássico sobre ATM, todas as requisições de hosts são enviadas diretamente ao servidor ARP da LIS, usando mapeamentos de endereços MAC/ATM adquiridos durante o registro do IP Clássico sobre ATM. O servidor ARP, rodando sobre um roteador ATM conectado, replica os endereços ATM. Quando o ponto de origem da requisição ARP recebe o endereço ATM solicitado, ele pode enviar uma mensagem de chamada para configuração e estabelecer comunicação com o destino desejado.

No modelo do IP Clássico sobre ATM, a transferência de dados se dá pela criação de um circuito virtual entre os hosts, que transfere dados encapsulados com padrão LLC/SNAP, que foram segmentados na AAL5. O encapsulamento de pacotes IP em ATM utilizando LLC/SNAP, é especificado na RFC#1483,

“Multiprotocol Encapsulation over ATM”. Na RFC#1483 é especificado como os dados são formatados antes da segmentação. São documentados alguns diferentes métodos. De qualquer forma, a grande maioria das implementações utiliza encapsulamento LLC/SNAP. O LLC/SNMP especifica que cada datagrama é precedido por um bit padrão, que pode ser utilizado pelo receptor para determinar o tipo de protocolo de origem. A vantagem propiciada pelo uso dos métodos de encapsulamento especificados na RFC#1483 é que pelo fato do IP over ATM não ser uma rede emulada, diferentemente do LANE onde é feita a emulação Ethernet ou Token Ring, pode-se configurar valores altos de MTU (Maximum Transfer Unit), na camada de enlace de dados ATM (Data link layer), gerando performance para os hosts, diretamente conectados a rede ATM, além de poder operar em modo multiplexado ou bridge.

A RFC#1577 especificou duas grandes modificações ao tradicional Protocolo de Resolução de Endereços sem conexão. A primeira modificação é a criação da mensagem ATMARP, usada para requisitar endereços. A segunda modificação é a mensagem InATMARP, que registra um endereço inverso. Quando um cliente se inicializa numa LIS, ele estabelece um SVC (Switched Virtual Circuit – Circuito Virtual Comutado) no servidor ARP do IP Clássico sobre ATM. Depois que o circuito foi estabelecido, o servidor contém um endereço ATM, extraído da mensagem de chamada de configuração “call setup message”, feita pelo cliente.

O servidor agora pode transmitir uma requisição InATMARP, na tentativa de determinar o endereço IP do cliente que criou o circuito virtual. O cliente responde a requisição InATMARP com o endereço IP, e o servidor usa esta

informação para criar uma tabela de cache ATMARP. A tabela ARP no servidor contém a lista de pares IP-para-ATM para todos os hosts que se registraram e periodicamente fizeram refresh de suas entradas. O cache do servidor ATMARP responde à requisições de endereços IP de seus clientes. Clientes que desejam resolver endereços IP, geram mensagens ATMARP que são enviadas para seu servidor, e a cache local responde. Entradas de tabelas caches locais dos clientes expiram e devem ser renovadas a cada quinze minutos. Entradas de caches de servidores expiram a cada vinte minutos.

### **2.4.3. O Multicast Address Resolution Protocol (MARS)**

Em (Schmidt&Minoli, 1997) verifica-se que o suporte a multidifusão no IP Clássico sobre ATM é feito via Servidor de Resolução de Endereço de Multidifusão (Multicast Address Resolution Server-MARS). O modelo MARS é similar ao desenho Cliente/Servidor, porque necessita de um servidor de multidifusão (MCS), para manter a lista de clientes de multidifusão que façam parte de um grupo de multidifusão. O Administrador de redes relaciona um cliente em um Servidor de multidifusão em tempo de configuração. No modelo MARS o sistema MARS e os clientes associados são chamados de Cluster. O MARS acessa funções do servidor de resolução de endereços para mapear um endereço IP de multidifusão do cluster como um endereço final ATM, para os membros do grupo de multidifusão.

O modelo MARS é baseado numa hierarquia de dispositivos. São três os componentes primários do MARS, baseado no IP Over ATM, como segue:

- Servidor de primeiro nível conhecido como MARS.



- Zero ou mais servidores de multidifusão, propiciando um segundo nível de distribuição de multidifusão.
- Clientes que utilizam IP de multidifusão para caminhos ponto-multiponto, baseados na informação fornecida pelo MARS.

Todo MARS, tipicamente colocado em um Classical IP ARP Server (Servidor CIP ARP), deve ter no mínimo um cliente e um servidor, fazendo parte de uma LIS de um CIP over ATM. Os clientes utilizam o MARS com a função de determinar que outros hosts são membros de um grupo de multidifusão. Numa rede MARS existem dois modos de operação: Full Mesh (Malha completa) ou servidor de multidifusão.

No modo full-mesh, o cliente envia uma pergunta para o servidor identificar quais hosts estão registrados como membros de uma árvore de classe D. Um endereço de classe D é parte de uma faixa global de IP de multidifusão. Depois, o cliente estabelece um circuito virtual ponto-para-multiponto para aqueles membros permitidos. No modo de servidor de multidifusão, o MCS age como ponto focal de todos os pacotes de multidifusão originados em qualquer parte da árvore de multidifusão. Neste caso, simulando uma Multidifusão IP sobre uma rede ATM, o MCS simplesmente retransmite, embaixo das conexões multidifusão ATM, todos os pacotes enviados por um grupo de multidifusão IP de clientes. Devido aos hosts estarem mudando constantemente de grupos de multidifusão, o MARS tem a responsabilidade de dinamicamente atualizar as configurações dos clientes quando da ocorrência de trocas, como também adicionar e eliminar clientes.

Quando da execução de multidifusão embaixo de uma rede ATM, a opção de se poder selecionar entre dois modos de operação apenas demonstra a ponderação dos projetistas de redes. Adicionar múltiplos níveis de hierarquia de árvores de distribuição pode levar a necessidade de determinação de um novo desenho com MARS. Por exemplo: Clusters de Multidifusão devem conter um segundo nível hierárquico que colocará um cliente na lista do servidor de multidifusão.

Um dos ganhos com a simplicidade oferecida pelo MARS vem do uso das mensagens de controle requeridas para manter os membros dos grupos de multidifusão. Desta forma, os clientes e servidores de multidifusão deverão enviar e receber informações de controle de membros dos grupos e o protocolo MARS especifica a configuração da malha parcial dos circuitos virtuais. O MARS mantém seus circuitos ponto-multiponto próprios, o ClusterControlVC, para os membros do cluster.

O ClusterControlVC leva informações de atualização dos nós folhas para os clientes reconhecidos e que façam parte da sessão de multidifusão. Cada cliente do cluster de multidifusão mantém um circuito virtual ponto-a-ponto com o MARS, que é usado para sua inicialização e para troca de mensagens no grupo. Finalmente, o MARS gerencia os MCS através de circuitos virtuais ponto-a-ponto entre cada MCS e o MARS, e circuitos ponto-a-multiponto chamados ServerControlVC, do MARS para os MCS. Estes circuitos são usados para passar informações do MARS para os membros do cluster.

(Schmidt&Minoli, 1997) cita que o MARS pode ser visto como um grupo de mensagens de controle que são trocadas entre o MARS e os clientes de

forma a manter todos os membros do grupo. As atividades implementadas pelo MARS garantem a eficiência na resolução de endereços de hosts, o que é fundamental para o estabelecimento de conexões. Estes tipos de serviços são fundamentais para se desenvolver conexões de multidifusão em ambiente ATM, o que é um dos objetivos do MPOA.

#### **2.4.4. Next Hop Address Resolution Protocol (NHRP)**

Quanto ao NHRP ou *Next Hop Address Resolution Protocol* – Protocolo de endereços de próximo salto proposto pelo IETF, (Schmidt&Minoli, 1997) coloca que o mesmo busca garantir a conexão direta entre equipamentos de redes diferentes, evitando a necessidade de um roteador IP para fazer a ligação de *hosts* em redes diferentes. Para isto, implementa mecanismos de resolução de endereços que se baseiam em Servidores *Next Hop* – NHS que mantêm listas de endereços de todos os *hosts* de uma determinada nuvem ATM. Se o NHS pode resolver endereços IP, então a conexão se dá num caminho puramente ATM, senão o NHS decide entre os roteadores IP qual o melhor para se fazer a transmissão. O NHS pode ainda se comunicar com outros NHS de forma semelhante a um DNS ou *Domain Name Server*. A este conjunto de *hosts* e NHS chamamos NBMA ou *nonbroadcast multiaccess subnetwork*. Este tipo de solução aumenta a eficiência do protocolo, diminuindo o tempo necessário para resolução de endereços.

Estabelecer comunicação direta entre *hosts* de diferentes sub-redes sem utilizar roteadores é extremamente desejável devido aos ganhos de performance e escalabilidade. A idéia é contornar os roteadores intermediários e estabelecer um circuito virtual de comunicação diretamente com o destino. Os NHS executam um papel crítico na manutenção de endereços da rede.

Uma consideração importante a ser lembrada é a de que o NHRP é restrito aos limites topológicos de uma rede enterprise. NHRP é uma excelente tecnologia para criar atalhos através de grupos de redes interconectadas por roteadores. Entretanto, estas virtudes de criar atalhos em uma rede ATM Global são desconhecidas. Este será um trabalho para as próximas gerações de redes. O motivo pelo qual o NHRP é limitado pela topologia é que os processos fornecidos pelo Directory Assistance não progridem bem, através de fronteiras administrativas.

(Schmidt&Minoli, 1997) mostra que estabelecer um circuito virtual direto através de domínios administrativos é um problema complexo, que é conhecido como o “Large Cloud Problem”, Problema da Grande Nuvem. Nós podemos analisar este problema, considerando os protocolos de roteamento convencionais. Tipicamente, protocolos de roteamento trabalham para reduzir ou agregar informações para construção de suas tabelas de roteamento. Quando uma informação é reduzida, detalhes sobre a tecnologia da camada 2, ou são perdidos ou escondidos pelos protocolos de roteamento. Para aplicações estabelecerem comunicação direta através de redes ATM, elas precisam de detalhes exatos da localização do destino, não apenas informações sumarizadas. MPOA/NHRP, quando estabelecendo atalhos, também precisam destes detalhes (endereços ATM), para configurar circuitos virtuais entre *hosts*.

Para enfrentar este problema, MPOA/NHRP tem um protocolo de questionamento associado que pode ser usado para a investigação do caminho de roteamento para o destino. Este protocolo é capaz de remover as informações agregadas no prefixo de rota e separar o endereço da camada 2 atual do destino.

Cada pergunta é passada, salto por salto, ao longo dos servidores de roteamento, até que é encontrado aquele que contém o mapeamento do endereço IP para ATM. Quando o protocolo de questionamento encontra o servidor roteador final, ele pergunta pelo endereço da camada 2 do computador de destino. Quando o endereço ATM é retornado para o dispositivo que gerou a pergunta, a entrada pode ser utilizada para estabelecer um circuito virtual ATM comutado, que passa através da nuvem ATM.

NHRP foi desenhado para permitir que estações finais localizem caminhos através de um ARP estendido em redes, como Frame relay, X.25, e ATM. Em redes que suportam circuitos virtuais, dispositivos ligados numa mesma rede devem estabelecer caminhos ou chamadas para troca de dados, mas, nas LANs normais precisam enviar mensagens em broadcast para todos os *hosts*. No modelo NHRP, estas redes são conhecidas como NBMA, *Nonbroadcast Multiaccess*.

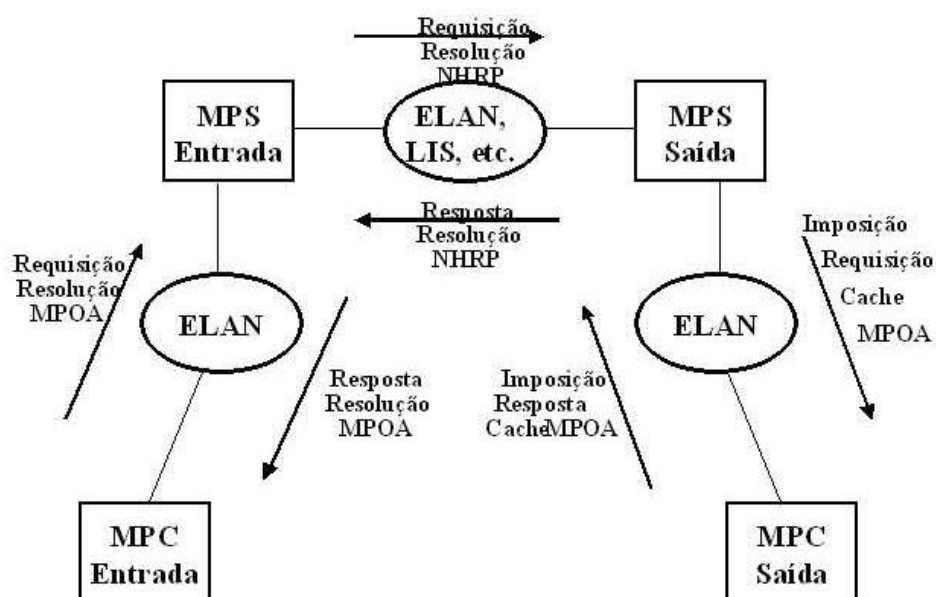
O Protocolo de Resolução de Próximo salto NBMA permite que um *host* ou roteador determine qual endereço da camada de rede e o endereço NBMA adequado para que o NBMA *Next-Hop* caminhe em direção a estação destino. Este endereço será efetivamente o endereço de destino, ou um endereço relativo de dispositivo que leva ao destino e funciona como um *proxy* de dados. Uma sub-rede pode ser *Nonbroadcast* e mesmo assim poder aproveitar-se dos atalhos de roteamento, outros também, que tecnicamente não suportam broadcast, podem aproveitar como é o caso do Frame relay e do ATM, ou ainda porque o broadcast não é praticável, como é o caso de grandes redes SDMS . Se o destino está ligado a uma sub-rede NBMA, então o NBMA *Next-Hop* o encontrará. Caso contrário, o

NBMA *Next-Hop* é o roteador da sub-rede NBMA mais próxima da estação destino.

NHRP utiliza um método de resolução de próximo salto que relaxa a transmissão de restrições para um modelo LIS. Quando um endereço da camada de rede é IP, após o NBMA *Next-Hop* ser resolvido, a origem deverá imediatamente iniciar o envio de pacotes IP para o destino, como numa rede não orientada a conexão, ou primeiro se estabelece a conexão para o destino com as características de largura de banda e QoS desejados, se estes *hosts* estão conectados por uma rede orientada a conexão. Quando o MPOA implementa NHRP para resolução de atalhos, um NHS deverá estar junto a um servidor LANE, fornecendo a função NHRP de assegurar temporariamente os endereços de clientes e responder as requisições. A função de gerar perguntas/requisições e estabelecer circuitos virtuais diretos é de responsabilidade do cliente Next-Hop (NHC), ou Multiprotocol Client (MPC), residente no *host* ATM ou dispositivo final. O NHS mantém uma cache contendo os mapeamentos de endereços da camada de rede (i.e., IP) para ATM. O cache é construído pelo registro gerado pelos nós finais em tempo de inicialização, ou pela propagação da cache com valores obtidos durante a execução do NHRP através do tempo. No cliente também existe um cache de endereços que é obtido através das mensagens de resposta das operações de resolução NHRP ou pela configuração manual.

Antes que o NHRP possa começar a trabalhar, os NHC e NHS devem ser inicializados. NHC são inicializados com os endereços NBMA (ATM) dos servidores de próximo salto e, pelos seus endereços da camada de rede. O NHS é configurado com seu próprio endereço ATM inicial e pode ser configurado com os

prefixos dos endereços da camada de rede dos NHS. Quando um *host* usa um NHRP, existem três fases distintas: Configuração, Registro e Resolução de Endereços. Servidores e clientes NHRP participam destas fases trocando mensagens. No estágio de configuração, o cliente deve ser configurado com um endereço ATM do NHS que está servindo o domínio; tipicamente, esta informação é registrada manualmente. Os servidores são configurados com seus próprios endereços IP e ATM. Adicionalmente, os servidores são configurados para reconhecer cada endereço IP existente neste domínio. Após a configuração, os clientes se registram em seus servidores NHRP e fornecem seus endereços IP e ATM. Quando o cliente tiver se registrado no(s) servidor(es), o processo de resolução poderá começar. O processo de resolver requisições, num alto nível de abstração, é direto. Os NHS recebem requisições através de uma rota IP padrão. Se ele não está no domínio, então a pergunta é diretamente enviada através do caminho padrão até o NBMA de destino, onde os NHS continuam o processo de checagem do endereço. Ver a Figura 2.4 - Processo de resolução MPOA.



**Figura 2.4 - Processo de Resolução MPOA**

Como visto acima e referenciado pelo (ATM Fórum Technical Committee, 1999), o NHRP tem a finalidade de minimizar o uso de roteamento, minimizando o atraso causado por este tipo de atividade e logicamente, otimizando o tempo necessário para o estabelecimento e desenvolvimento de uma conexão. Junto com o MARS, ele otimiza o processo de estabelecimento de conexão e transferência de células, gerando ganhos de performance para o ambiente.



## 2.5. Problemas a serem enfrentados pela MPOA

Em (Schmidt&Minoli, 1997) encontramos diversas referências a problemas a serem enfrentados pelo MPOA, tais como, a convivência com protocolos diversos como IP, IPX e AppleTalk evidenciam uma série de problemas, como a inexistência dos conceitos de difusão e multidifusão em redes ATM (orientadas a conexão). As LAN tradicionais utilizam protocolos que não são orientados a conexão, cabendo a camada de Adaptação ATM emular um serviço não conectado. A necessidade de conversão de endereços MAC para ATM, o desenvolvimento de soluções adequadas para a garantia de eficiência na transmissão de pacotes que apresentam diferenças de tamanho significativas – ATM 53 *bytes* e demais LAN até 18Kb e o desenvolvimento mecanismos de roteamento que sejam compatíveis com o roteamento Internet são alguns dos problemas para os quais discutiremos algumas soluções propostas pelo ATM *Forum* e IEFT – Força tarefa de Engenharia da Internet nos itens a seguir.

## 2.6. Porquê do MPOA

Em (Heinanen, 1993) e (Schmidt&Minoli, 1997) encontramos diversas justificativas e ponderações sobre o porque de se utilizar o MPOA, até este momento procuramos identificar várias soluções que propõem métodos e arquiteturas para atender a construção de redes ATM que suportem protocolos legados e QoS. Entretanto, notamos que individualmente nenhuma delas obtém sucesso total no uso das possibilidades e vantagens das redes ATM. Esta situação levou o ATM Forum a empreender esforços no sentido de desenvolver uma solução que, englobando todo um conjunto de padrões diferenciados, sintetize em um único documento como todos estes protocolos interagem. MPOA é considerado uma suite de protocolos, porque é a primeira tentativa não de se definir uma nova tecnologia, mas de como trabalhar de forma integrada estes diferentes padrões.

MPOA disponibiliza um meio de interagir uma tríade de protocolos. De um lado, os protocolos legados ATM, como o Classical IP e o Lan Emulation, que permitem que um *host* encontre todos os outros *hosts* de uma LIS, formando a base da comunicação entre redes. Do outro lado estão os protocolos desenvolvidos pelo IETF, que permitem que *hosts* estabeleçam caminhos de comunicação direta através de redes ATM, atravessando os limites das sub-redes sem a necessidade de um roteador. E no último pé da tríade, um grupo de protocolos de serviços integrados, como o RSVP que está associado aos protocolos RTP/RTCP/RTSP, que propicia um meio para especificar QoS e ajudar na utilização da rede e no monitoramento de performance.

A especificação MPOA é um trabalho em desenvolvimento. Sendo que a primeira parte da especificação está completa e define claramente as direções futuras do MPOA. Os objetivos iniciais do MPOA são documentar as técnicas de atalho de roteamento e a integração com o Protocolo LANE e os protocolos de rede legados. Esta é a primeira maior diferença entre o MPOA e os seus predecessores, MPOA tem a habilidade de suportar Next-Hop Resolution Protocol (NHRP) em servidores multiprotocolo. As fases subsequentes do MPOA deverão integrar protocolos de multidifusão e qualidade de serviço (QoS), na discussão de como diferentes protocolos interagem em uma rede ATM.

## **2.7. Alternativas ao MPOA**

### **2.7.1. Multiprotocol Label Switching (MPLS)**

Algumas alternativas para o MPOA são brevemente discutidas em (Naufal, 2000), (Chiong, 1997) e (Schmidt&Minoli, 1997), uma delas é o *Multiprotocol Label Switching* – MPLS, que simplifica o processo de roteamento de tráfego IP, adicionando um rótulo pequeno e fixo a cada pacote, que é a referência para os dispositivos de redes encaminharem este pacote até seu destino. Isto evita que cada dispositivo de rede tenha de processar o cabeçalho. Desta forma, os dispositivos de rede intermediários utilizam somente estes rótulos para realizar a comutação dos pacotes. Estes rótulos são atualizados através de um processo de troca (*label swapping*), que utiliza tabelas de comutação de rótulos denominadas LIB – *Label Information Base* (base de informações de rótulos). Informações sobre classes de serviço e endereços IP associados podem ser incorporados a LIB. Utiliza-se o LDP – *Label Distribution Protocol* (protocolo de

distribuição de rótulos), que distribui e atualiza os rótulos em uma rede composta por elementos de rede MPLS. As tabelas LIB podem ser construídas a partir de protocolos BGP – *Border Gateway Protocol* (protocolo para o compartilhamento de informações entre roteadores entre grandes redes) e OSPF – *Open Shortest Path First* (protocolo de roteamento baseado no algoritmo de menor caminho), muito utilizados na Internet. Estes tipos de soluções não são usualmente utilizados, mas são simples de implementar e garantem uma grande velocidade no tratamento de comutação de pacotes. O tratamento de QoS e garantia de recursos implicam na inclusão de novos parâmetros, que aumentam a complexidade da solução, precisando ser validados e padronizados pelos órgãos de padronização.

### **2.7.2. ATM API**

Em (Lambarelli, 1997) e (Schmidt&Minoli, 1997) encontramos referências de outra alternativa para o MPOA são as API (*Application program interface*), que permitem que aplicações se comuniquem diretamente com a rede ATM para utilizar QoS. A aplicação pode tanto trabalhar com um protocolo de reserva de recursos (RSVP) como num sistema MPOA, ou levar suas características de tráfego diretamente até a rede. Esta interface, quando avaliada em ambientes computacionais abrangentes, poderá pular o engarrafamento das pilhas de protocolos legados e proporcionar a aplicação uma forma de visualizar e controlar diretamente os recursos da rede ATM. Esta é uma escolha dos desenvolvedores. Os trabalhos de desenvolvimento de padrões, que servirão como base para os desenvolvedores de API, estão apenas iniciando. Alguns desenvolvedores/fornecedores de sistemas operacionais têm implementado ATM API e API para negociação de qualidade de serviço e reserva de recursos.

## 2.8. Implementando uma Rede MPOA

Como foi visto em (Schmidt&Minoli, 1997), as técnicas de emulação de rede local - LANE e Classical IP over ATM são os pontos iniciais para construção de redes ATM. Para se aproveitar todo o potencial do ATM, novos paradigmas de desenho de rede e desenvolvimento de aplicações devem ser implementados. MPOA é um produto que muda este paradigma e pode revolucionar o caminho para a construção e uso de redes. A mudança de paradigma já começou a ser feita, com o desenvolvimento de releases de produtos que implementam a filosofia MPOA de separar comutação de roteamento e permitindo que aplicações definam suas necessidades de QoS.

Para administradores de redes, MPOA pode ser visto como um grande conjunto de protocolos, que carrega junto uma série de tecnologias, sendo responsável por resolver problemas de estabelecimento de conexões entre pares de *hosts* através de domínios administrativos, como também dar a possibilidade de aplicações trabalharem com garantia de QoS.

Uma das vantagens do MPOA é possibilitar que os projetistas de redes possam implementar redes ATM físicas simples para uma rede empresarial, enquanto, ao mesmo tempo, utilizam a capacidade de subdividir a rede ao longo dos limites dos domínios administrativos (i.e., construindo LAN virtuais). O conceito de LAN virtual é um conceito genérico, onde endereços de estações lógicas (IP) não estão relacionados a sua localização física (MAC). Quando uma rede é construída com conhecimento para subdividir-se em múltiplos segmentos através de servidores de endereços, então a rede não é apenas um canal

transparente, mas é entendida pelos dispositivos conectados. Por esta razão, a rede é capaz de suportar dinamicamente movimentação de *hosts* e troca de configurações, detectar duplicações de endereços e adicionar endereços não autorizados.

Estas características são extremamente interessantes para os administradores de redes, no monitoramento e correção de endereços incorretos na rede, que causam problemas a *hosts* corretamente conectados, como também na detecção de usuários maliciosos conectados a dispositivos na rede. Com a criação de LANs virtuais, a necessidade de espreitar/monitorar a rede pode ser reduzida. Conseqüentemente, a segurança pode ser muito maior. Outra capacidade muito importante é a possibilidade de se manter informações de configurações armazenadas num servidor central, o que facilita e dinamiza o gerenciamento. Pode-se eliminar uma grande porcentagem dos custos de gerenciamento dos *hosts*, já que o servidor MPOA coloca automaticamente os *hosts* em sua sub-rede virtual.

Um uso adicional para LAN virtuais é na administração de políticas de segurança. LAN virtuais podem dividir a rede em grupos de *hosts* e restringir o acesso destes grupos nos servidores. Desta forma, uma LAN virtual age como um *Firewall* para prover segurança adicional. Sem LAN virtuais, o administrador precisa estabelecer filtros ou listas de acesso em roteadores ou servidores. O gerenciamento/configuração centralizado de dispositivos e portas das LAN virtuais permite que o administrador de rede estabeleça funções de filtragem sobre a granularidade dos endereços IP, números de porta TCP, ou endereços MAC.

LAN virtuais são tipicamente limitadas pela segurança no gerenciamento das bases de dados ou pelas facilidades instituídas pelo protocolo

de camada de rede (números de portas TCP), disponibilizado pelo suporte dos servidores MPOA. A maior desvantagem das atuais técnicas usadas para construção de LAN virtuais diz respeito a falta de escalabilidade e de padronização das soluções. MPOA, por outro lado, disponibiliza estas funções utilizando tecnologias padrões e não é limitado com respeito a escalabilidade.

Desenvolver LAN virtuais, utilizando ATM, é atrativo tanto para fabricantes quanto para projetistas de redes. Fabricantes vêem as LAN virtuais como uma oportunidade para direcionar seus esforços na construção de *hardware* de rede especializado com menos complexidade que os roteadores multiprotocolo convencionais. Para o projetista de rede, LAN virtuais são um atrativo, porque permitem que se invista em um único modelo de rede para toda a rede da empresa. Por exemplo, diversos *Switches* ATM podem estar conectados numa rede de campus formando um *backbone*. Os dispositivos conectados devem ser um conjunto de servidores de roteamento, *LANE Bridges* e *Workstations*. O Administrador de redes, através da tecnologia de LAN virtuais, pode usar uma rede física para interconectar todos os seus dispositivos. De qualquer modo, as estações estarão isoladas dos servidores de roteamento. Desta forma, a rede é gerenciada centralizadamente pelos servidores de roteamento mas é logicamente “*firewalled*” em seções administrativas separadas para se colocar os dispositivos em LAN virtuais separadas, ou *LANE bridges*. Segmentar uma rede empresarial ATM em múltiplas LAN virtuais é adequado para aumentar a escalabilidade. Dividir a rede é proveitoso, visto que, os domínios de multidifusão e difusão são limitados a tamanhos razoáveis, além de que, o total de carga deste tipo de tráfego é localizado. Limitar a distribuição de tráfego de difusão é muito importante,

principalmente no modelo de emulação de redes locais, onde as difusões são bem mais frequentes. Para tráfegos de multidifusão, se conseguirá importantes ganhos através da redução do número de circuitos virtuais concorrentes levando um mesmo dado.

As técnicas abordadas anteriormente (LANE e Classical IP) permitem que se criem LAN virtuais, porque elas permitem que a rede suporte múltiplas sub-redes lógicas numa única estrutura comutada. No modelo LANE do ATM Forum, uma LAN virtual é igual a uma LAN emulada. Comunicação entre LAN emuladas requer um roteador que é membro de ambas as LAN emuladas. No modelo Classical IP over ATM, a filosofia é muito similar. Neste modelo, uma LAN virtual é um grupo de *hosts* agregados dentro de uma sub-rede IP lógica (LIS). O servidor ARP controla os integrantes da LAN virtual. Como no LANE, a comunicação entre LAN virtuais é feita por roteadores, que serão membros de múltiplas redes Classical IP over ATM.

Baseando-se nestes protocolos, o MPOA *Working Group* teve um processo longo para desenvolver um protocolo que suporte LANE e CIP. As capacidades básicas das LAN virtuais do MPOA aumentam as possibilidades dos projetistas de redes com várias novas possibilidades:

- . Dividir os processos de roteamento dos de comutação.
- . Subdividindo a rede em *workgroups* lógicos numa infraestrutura de rede ATM comum.



- . Provendo potencial para agregar grandes quantidades de tráfego, em conexões de alta velocidade, em direção a servidores que são parte de uma mesma LAN virtual.
- . Provendo a capacidade de agir como um dispositivo de filtro ou *firewall* para restringir os fluxos de tráfego.
- . Provendo manutenção centralizada dos integrantes de *workgroups*, realizando movimentações, inclusões e trocas de forma facilitada.
- . Provendo melhoria de performance no estabelecimento de atalhos entre dispositivos periféricos ATM.

## **2.9. MPOA - Estratégias de Implementação**

Algumas proposições em (Schmidt&Minoli, 1997) mostra que até este momento, apresentamos e discutimos as tecnologias envolvidas na construção de redes MPOA e como elas deveriam ser implementadas. Mostramos que o MPOA pode ser referenciado como um Suíte de Protocolos que utiliza o RSVP para reserva de recursos; o NHRP junto com o PNNI para determinação de caminhos; o LANE para resolução de endereços. Mostramos que este conjunto de ferramentas resolve os problemas de implementação de uma infra-estrutura para suportar redes legadas sobre ATM, e enfatizamos a possibilidade de que aplicações façam uso de QoS, enquanto suporta redes virtuais como o grande benefício do MPOA. A partir de agora, procuraremos apresentar idéias e estratégias de migração de redes legadas para redes multiprotocolo. Inicialmente, redes MPOA e LANE são muitos similares e só diferem quando crescem de tamanho, ou quando usuários executam aplicações que passam para fora da LAN. Claramente, redes virtuais utilizando

LANE e MPOA, são ferramentas extremamente importantes para a construção de redes multiprotocolo corporativas. O desejo agora é definir métodos que permitam o desenvolvimento e disponibilidade de tecnologia de forma contínua e que vá ao encontro dos requisitos atuais e futuros do mercado, sem causar a perda ou interrupção dos serviços. O MPOA vem ao encontro destas características, visto que se apresenta como uma evolução do modelo LANE; na realidade, o MPOA utiliza os serviços do LANE. O LANE opera na camada 2 do modelo OSI e se apresenta como um *bridging*. Já o MPOA opera tanto na camada 2 como na 3, isto é, faz as vezes de *bridging* e *routing* ao mesmo tempo.

A implementação de redes MPOA corporativas deverão ser vistas como a combinação de algumas tarefas; inicialmente, os gerentes de rede deverão entender os vários componentes, protocolos de fluxo e interação com sistemas legados. Em segunda instância, deve-se trabalhar com os fornecedores de soluções na construção de um plano para um sistema de infra-estrutura que possa ser implementado sem causar problemas nos sistemas em operação. E finalmente, eles devem inventar um esquema para implementar seu plano de arquitetura com uma fase de introdução da tecnologia nas *Intranets*.

Uma migração para MPOA envolve a implementação de servidores MPOA na rede e deveria se dar com um simples *upgrade* do *software* de controle de comutação ATM, se esta *feature* for suportada, ou rodando os servidores MPOA em roteadores ATM conectados a rede. Para conectar redes legadas a redes ATM/MPOA, o próximo componente de *hardware* requerido é a adição de dispositivos MPOA periféricos. Isto pode ser conseguido com o *upgrade* do *software* para *bridges* LANE. Finalmente, o *host* ATM conectado deverá ter um

*software* LANE ou IP Clássico atualizado para suportar NHRP, detecção de fluxo e opcionalmente RSVP. Como estes componentes agregam complexidade e risco a infra-estrutura, é de bom termo que algumas fases sejam implementadas visando minimizar a possibilidade de ocorrência de problemas e capacitar as equipes responsáveis, vejamos:

Criar um ambiente de testes para os componentes ATM, visando obter experiência na operação e gerência.

Se necessário, disponibilizar este ambiente por tempos maiores, visando a verificação do novo *hardware* no que diz respeito a desempenho, confiabilidade e usabilidade, principalmente para *hardware* de última geração, antes de serem disponibilizados na rede em produção, garantindo assim tranqüilidade para os gerentes de rede na interconexão de redes legadas, usando PVC e/ou servidores LANE.

Migrar o ambiente de teste para uma sub-rede periférica, ganhando experiência com o tráfego gerado em redes ATM/LANE, roteadas com um caminho comum para uma rede empresarial não orientada a conexão.

Incrementar o número de *Switchs* ATM na rede, ganhando com a divisão dos esforços no gerenciamento da rede. Iniciando a interconexão de sub-redes ATM separadas e habilitando os serviços de *next-hop*.

Se a rede MPOA estiver lenta, os gerentes de rede podem iniciar com uma arquitetura simples, onde um *switch* ATM interconecta roteadores via um circuito virtual permanente. Fundamentalmente, um roteador pode ser atualizado para suportar serviços multiprotocolo e outros roteadores podem ser atualizados

para clientes multiprotocolo. Este seria o primeiro passo para se criar um roteamento virtual. Como as funções de roteamento tornam-se mais virtuais a medida que a rede cresce, os dispositivos que implementam o roteamento virtual tornam-se mais especializados. Neste plano de migração, os dispositivos de ponta e os *switchs* ATM tornam-se os cavalos de batalha da rede, centrando seus esforços na alta performance de transferência de dados e comutação com baixa latência, e os servidores de roteamento tornam-se os cérebros da rede. Neste modelo básico, os roteadores tradicionais não desaparecem. Ao invés disto, ou eles trabalham de forma totalmente transparente para o MPOA, ou eles migram para fornecerem serviços MPOA, terminação de conexões WAN, ou a filtragem tradicional de *firewall*.

Sem dúvida, a migração e/ou a remodelação da infra-estrutura de rede, aplicando-se as tecnologias integradas numa suíte MPOA, exigem uma grande compreensão e domínio das tecnologias por parte das equipes de suporte, testes exaustivos que garantam a eficácia, estabilidade e confiabilidade dos equipamentos e do modelo de solução implementado e uma integração crescente a rede em produção, continuamente acompanhada e mensurada pela equipe. Todos estes cuidados têm origem na complexidade das tecnologias tratadas, no caráter inovador das soluções de *hardware* e *software* disponibilizadas pelos fornecedores e fabricantes de soluções, e na necessidade de se avaliar o desempenho das novas soluções, de forma a se evidenciar os ganhos em relação a infra substituída e de no mínimo se garantir que não haverá queda de desempenho e/ou interrupção dos serviços.

### 3. QoS em redes ATM

Certamente, a garantia de qualidade de serviços prestados pelas redes em ambientes com múltiplos tipos de tráfego concorrentes, será um dos grandes objetivos das próximas gerações de soluções de rede. Discutiremos como a tecnologia ATM pode ser utilizada para construir a próxima geração de redes multiprotocolo de alta velocidade, para suportar diferentes níveis de qualidade de serviço definidos pelos usuários.

As características de propiciar QoS (Quality of Service) é crítica para a próxima geração de redes, porque é esta tecnologia que permite um efetivo compartilhamento dos recursos de redes entre aplicações distintas. O ATM está preparado para suportar e separar diferentes aplicações multimídia e disponibiliza tecnologia para integração de serviços e por esta razão continua a ganhar interesse e popularidade, tanto no ambiente de LAN como WAN. Numa estratégia básica de migração, muitas aplicações existentes, como as de comunicação de dados, podem ser implementadas no ATM pela interoperação de tecnologia e adaptação dos formatos de dados. As próximas gerações de aplicação como, videoconferência de alta qualidade e comunicação de voz, podem utilizar diretamente QoS em redes ATM, executando os procedimentos de negociação desejados através de API ATM (Interface de Programas de Aplicações).

Em (MacDysan, 2000) verifica-se que mecanismos de QoS objetivaram inicialmente aplicações operando em tempo real, como transmissões de áudio e vídeo. Outro uso para a aplicação de diferentes níveis de QoS, é a separação de

serviços de alto nível de usuários corporativos, interconectados a seu site intranet ou extranet, através da Internet. Estes mecanismos nos permitem dividir o tráfego de uma rede em diversas categorias e limitar o acesso ao meio compartilhado para níveis com baixa prioridade, quando da ocorrência de congestionamentos.

Antes de continuarmos discutindo os mecanismos e ferramentas disponibilizadas pelas soluções ATM, vamos definir exatamente o que vem a ser QoS, o que impacta diretamente sobre nossa capacidade de percepção de qualidade e como podemos avaliar qualidade.

O que QoS em IP e redes ATM significa? No mundo dos negócios, isto determina se você pode conversar normalmente e o quanto uma vídeo-conferência é produtiva, ou se uma aplicação multimídia agrega valor e produtividade ao seu staff. Em casa, ele determina se os descontos fornecidos por um serviço de voz de baixo custo são válidos, ou o nível de seu descontentamento com a qualidade de um filme em vídeo-on-demand. Por todo o mundo milhares de usuários têm buscado alta qualidade para os serviços disponibilizados pela Internet. Literalmente, o que se vê e o que se ouve, é o que se quer.

### **3.1. Qualidade versus percepção humana**

(MacDysan, 2000) coloca que engenheiros de telefonia conhecem a performance requerida para voz, baseados numa larga experiência com telefones digitais. Novas aplicações não dispõem desta base histórica. Desta forma, não sabemos nada sobre os parâmetros de qualidade esperados. Amplamente, como nossos ouvidos ouvem e nossos olhos vêem, determinam uma qualidade aceitável quando usamos em conjunto protocolos de comunicação com sinais de vídeo e

áudio codificados. O piscar de um olho dura aproximadamente 20ms. Quando um monitor mostra frames a taxas de 25 a 30 frames por segundo, usando as características de imagem persistente, utilizadas pelos sistemas de vídeo que trabalham com tubos de raios catódicos, os olhos humanos percebem o movimento contínuo. Quando perdas ou erros interrompem alguns frames em sucessão, o cérebro-olho humano detecta a descontinuidade.

A combinação cérebro-ouvido humano é menos sensível para pequenas interrupções de recebimento, sendo aceitável de 0,5 a 10 por cento de perda, dependendo do tipo de codificação de voz implementada. Este nível de perda pode causar um estalido intermitente ou a perda de uma sílaba. Níveis mais altos podem causar a perda de palavras ou partes de frases. Contudo, várias transações comerciais foram terminadas por causa da baixa qualidade de voz, um canal ruim pode tornar uma conversa tensa, cada vez pior. Se o preço é baixo o suficiente, talvez alguns usuários aceitem reduzir performance para alcançar custos menores. A realidade é que serviços de voz deverão ter qualidade aceitável para serem competitivos. Esta realidade pode ser trazida para as corporações quando tiverem de ser negociados os recursos entre os departamentos e hierarquias funcionais, bem como, na especificação de garantia de recursos para serviços essenciais à entidade.

O ouvido humano é sensível para frequências entre aproximadamente 100 Hz e 10 kHz. Músicas e outros sons ocupam as frequências altas. Os sinais de voz ocupam a frequência de banda abaixo de 4 kHz. Músicas e outros sons ocupam frequências maiores. A combinação ouvido-cérebro é sensível a atrasos em diversos cenários. Uma situação comum encontrada na telefonia ocorre quando

uma pessoa está falando e ouve um eco de sua própria voz. Nestes casos, é necessário o uso de padrões de cancelamento de echo.

(MacDysan, 2000) coloca ainda que comunicações de caminho único como a difusão de vídeo (televisão), ou um sinal de áudio (rádio), podem aceitar atrasos absolutos relativamente grandes. Contudo, atrasos impedem a comunicação bidirecional se a latência excede 300 ms. Por exemplo, conduzir uma conversa de voz sob um enlace de satélite ilustra o problema com longos atrasos. Simplesmente, o ouvinte não sabe se o emissor parou ou fez uma pausa, sendo que, conversas simultâneas são freqüentes.

Vídeo e áudio combinados é muito mais sensível a atrasos diferenciais. A percepção humana é muito apurada para a correta relação entre áudio e vídeo, como acontece quando a fala não está em sincronia com o movimento dos lábios, como ocorre em dublagens de filmes de língua estrangeira. Este tipo de problema tem muita importância para as empresas, visto que a garantia de qualidade em videoconferências e treinamento on-line pode significar o sucesso ou não dos serviços.

### **3.2. Efeitos dos protocolos sobre a percepção humana**

Os protocolos determinam outros aspectos do QoS. Alguns protocolos de áudio e vídeo aceitam erros de recebimento em escalas determinadas. Protocolos de dados não manuseiam erros. Modernos algoritmos de codificação de voz e vídeo muitas vezes escondem pequenos números de bit errados. A perda de todo um frame resulta na perda de parte de uma figura ou uma degradação do áudio.



Muitos protocolos de áudio e vídeo são sensíveis a variação de atraso. Variação de atraso é um parâmetro de QoS que mede a dispersão que ocorre quando da multiplexação de pacotes ou células de múltiplas entradas num sistema final, comutador ou roteador. O efeito resultante é acumulado após passar por diversos routers ou *switches*. Protocolos de sequenciamento de áudio e vídeo implementam um buffer de playback limitado, que calcula a variação de atraso. Se chegam poucos ou muitos dados, enquanto a aplicação está rodando o áudio ou o vídeo, então a aplicação ou espera por dados ou enche o buffer de playback.

Muitos protocolos de dados respondem a perdas ou atrasos através de estratégias de retransmissão que proporcionam retransmissão garantida. Um exemplo é o TCP ou Protocolo de Controle de Transmissão, largamente utilizado para controlar fluxo e transferir textos WWW, imagens, sons e arquivos de vídeo. Aplicações de dados são sensíveis a perda porque elas respondem retransmitindo a informação. Conseqüentemente, o usuário percebe um aumento de atraso, retransmissões simples aumentam o prazo necessário para distribuir um grande arquivo contendo um vídeo ou áudio/imagem. Apenas algumas redes de pacote de dados comutados apresentam uma variação de atraso significativa, aplicações inserem normalmente um atraso substancial antes de iniciar um playback.

Protocolos de comunicação de dados são extremamente sensíveis a erros e perdas. Um erro não detectado pode causar sérias conseqüências se é parte de um programa de que se está fazendo download. Perdas de pacotes ou células freqüentemente requerem retransmissão, o que aumenta o tempo de resposta e diminui o throughput. Por outro lado, alguns protocolos de comunicação de dados são pouco sensitivos a variação de atrasos, apesar de os atrasos variarem por uma

grande fração de segundo, que causa a retransmissão por time-out, resultando na inconsistência do tempo de resposta e perda de produtividade. Falta de um tempo de resposta consistente. Tempo de resposta consistentes afetam como usuários percebem a qualidade de serviços de dados.

O ideal para aplicações interativas é uma latência se aproximando da velocidade da luz na fibra. Um modelo prático é aquele comparável a velocidade dos HD e Cd locais que tem tempo de acesso variando entre 10 e 100 ms. Em outras palavras, o sucesso das redes de alta performance é fazer com que um recurso ou aplicação remota apareça, como se estivessem conectados localmente, para os usuários das estações de trabalho.

Neste contexto (MacDysan, 2000) coloca que a velocidade da luz coloca um limite fundamental para o atraso em algumas redes de comunicação ou dispositivo computacional. A propagação da luz em fibra ótica é de aproximadamente  $5 \mu\text{s/Km}$ . Comunicações de centenas de quilômetros de distância causam atrasos na faixa dos milisegundos. Outros componentes numa rede TDM também causam atraso. Uma regra boa de mostrar é que a velocidade de propagação de qualquer sinal eletromagnético em uma fibra ótica com repetidores e amplificadores eletrônicos é de 1 ms por 100 milhas. Para distâncias acima das centenas de milhas, os mecanismos de sensoriamento humano detectam propagação de atraso. Como nós podemos ver, alta performance, aplicações orientadas a dados cada vez mais encontradas nas redes IP e ATM também são sensíveis ao atraso.

### 3.3. Garantia de serviço leva a desigualdade

Em (Lewis, 1996) constata-se que na realidade, o uso de reserva de recursos para garantia de qualidade gera desigualdades. Requisições de usuários que são aceitas pela rede pegam o QoS e a capacidade solicitada, enquanto usuários que pagam menos ou que estão com pressa não conseguem negociar os recursos solicitados. Esta situação impacta em uma degradação de qualidade para os usuários que disputam por banda, depois de uma reserva de recursos ser aceita. Situações similares acontecem com implementações de esquemas de prioridade para servir um conjunto de usuários em detrimento de outros. Em termos gerais, a reserva de recursos é um procedimento de garantia de qualidade para alguns, mas de restrição de uso com qualidade para outros. A implementação de métodos que consigam harmonizar de forma justa a concorrência por recursos da rede, sem prejudicar a qualidade dos serviços dos que estão disputando estes recursos, é um dos grandes objetivos dos projetistas de redes.

Deve-se ter em mente que a capacidade do meio de transmissão, o nível de qualidade necessário/definido pelos serviços e o número de usuários concorrentes pelo uso do meio de transmissão, são partes de uma operação que define os limites da capacidade de QoS. Quais variáveis devem ser otimizadas: o número de usuários, a qualidade do serviço, ou o compartilhamento do meio?

Situações deste tipo podem levar ao bloqueio do sistema, para usuários com prioridade de uso mais baixa, ou que tenham feito suas requisições em momentos de indisponibilidade ou sobrecarga do recurso. Uma alternativa para estas situações é a oferta de uma degradação adequada do nível de qualidade,

quando da ocorrência por congestionamento através, por exemplo, de adaptação de voz e codificação de vídeo. Entretanto, muitos dos codificadores de voz e vídeo possuem uma grande queda na sua curva de performance, em resposta a um incremento de perda ou variação de atraso. Eles degradam até um ponto em que se tornam inutilizáveis. Em essência, o fator de degradação permitida pode ser colocado como parte do processo de controle de admissão. Alternativamente, o servidor ou a rede pode oferecer diferentes níveis de graduações de serviços por diferentes preços. Alguns projetistas de codificadores de vídeo utilizam perda de prioridade para distinguir entre informações essenciais para a replicação de imagens e detalhes não essenciais. Durante períodos de congestionamento, a rede descarta apenas as informações detalhadas, conseqüentemente o áudio e vídeo continuam utilizáveis. Quando a rede não está congestionada, o usuário recebe áudio e vídeo de alta qualidade. O ATM suporta este conceito de prioridade específica para usuário através dos bits CLP – *Cell Loss Priority* do seu cabeçalho.

### **3.4. Qualidade na orientação a conexão e paradigmas não orientados a conexão**

As diferenças fundamentais entre protocolos orientados a conexão e paradigmas de protocolos não orientados a conexão têm conseqüências significativas sobre o QoS. Por exemplo, o conceito de QoS por conexão não tem significado num protocolo não orientado a conexão como o IP. Por outro lado, alguns protocolos internet aceitam a noção de QoS para um fluxo de pacotes. O primeiro protocolo para reserva de capacidade e distribuição de QoS na *Internet* é o *Resource reSerVation Protocol* (RSVP). RSVP transporta requisições de reserva

entre dispositivos, requisitando que cada dispositivo aceite ou rejeite cada requisição. Isto demonstra alguns aspectos dos serviços orientados a conexão.

A mais recente abordagem na Internet aplica a noção de diferenciação de prioridade de serviços, utilizando estatísticas de conduta de tráfego ou contratos de tráfegos para usuários de Redes Virtuais Privadas (VPN – *Virtual Private Network*). Os caminhos fornecidos pelo *Multiprotocol Label-Switched* (MPLS) permitem a garantia de capacidade das soluções VPN, oferecidas pelo QoS habilitado no *Frame Relay* e redes ATM PVC.

### 3.5. Categorias de Serviços ATM e QoS

O ATM define o conceito de QoS, mas de forma muito complicada. O ATM Forum define um grupo de categorias de serviço, relacionando um bit rate e uma especificação de qualidade implícita. Cada definição de categoria de serviço inclui termos que definem os parâmetros de contrato de tráfego e características de QoS. A especificação (ATM Forum Technical Committee, 1997) define as seguintes camadas de categoria de serviços:

- CBR            Constant Bit Rate
- rt-VBR        Real-time Variable Bit Rate
- nrt-VBR      Non-real-time Variable Bit Rate
- UBR           Unspecified Bit Rate
- ABR           Available Bit Rate

O ATM Forum define atributos, características de aplicação e diretrizes de desenho de rede para cada uma das categorias de serviço, como segue:

- A categoria de serviço CBR suporta aplicações de tempo real que solicitam uma importância fixa de capacidade definida pelo PCR. CBR suporta firmemente variações de atraso forçadas. Normalmente, as redes devem alocar uma taxa máxima (peak rate) para estes tipos de entradas. Exemplos de aplicação são voz, constant-bit-rate vídeo, e serviço de emulação de circuito (CES – Circuit Emulation Service).

- A categoria de serviço rt-VBR suporta aplicações sensíveis ao tempo, que também determinam atraso forçado e requisições de variação de atraso, mas transmite de cada vez uma taxa de variação forçada para um PCR e uma taxa média definida pelo SCR e o MBS. Estes três parâmetros PCR, SCR e MBS definem o contrato de tráfego, em termos do pior caso de tráfego de entrada padrão, para o qual a rede terá de garantir um QoS específico. Exemplos de entradas sensíveis a variação de atraso são voz e *variable-bit-rate* vídeo. A rede deve estar apta a fornecer multiplexação estatística para estes tipos de tráfego conjuntamente.

- A categoria de serviço nrt-VBR suporta aplicações que não tenham atraso forçado ou variação de atraso, mas que tenha ainda taxa de variação, características de tráfego *bursty*. Esta classe de aplicações espera um *Cell Loss Ratio* (CLR) baixo. O contrato de tráfego é o mesmo que o do rt-VBR. Exemplos de aplicações são transferências de pacotes de dados, sessões de terminal e

transferência de arquivos. As redes devem efetivamente realizar multiplexação estatística destas entradas VBR.

- A categoria de serviço ABR – *Available Bit Rate* (Taxa de Bits Disponível) trabalha em cooperação com entradas que podem mudar sua taxa de transmissão em resposta a uma taxa base de *feedback* da rede gerada no contexto do fluxo de controle. O ganho do serviço ABR é o de garantir acesso dinâmico a capacidade de recursos, que não está sendo utilizada por outras categorias de serviço, para aqueles usuários que consigam ajustar sua taxa de transmissão em resposta a um feedback da rede. Em troca desta cooperação com o usuário, a rede propicia um serviço com perda muito baixa. Aplicações especificam uma taxa máxima de transmissão (PCR) e uma taxa mínima requerida, chamada de *Minimum Cell Rate* (MCR). Aplicações de tempo real não são boas candidatas para o ABR. Exemplos de aplicações para ABR são interconexões de LAN, transferência de arquivos com alta performance, tráfego não sensível ao tempo e *web browsing*.

- A categoria de serviço UBR, também chamada de serviço de melhor esforço, não requer nem atraso forçado nem variação de atraso. UBR propicia um serviço de qualidade não específica. Este tráfego é conseqüentemente um risco, desde que a rede não proporcione performance garantida para tráfego UBR. Internet e redes locais são exemplos deste tipo de distribuição de performance por melhor esforço. Exemplos de aplicação são LANE, IP Over ATM, tráfegos de missão não crítica. A seguir, são apresentadas duas tabelas que demonstram as características de cada categoria de serviço - Tabela 2.4, e relacionam aplicações com estas categorias de serviço - Tabela 2.5. Estas informações podem ser referenciadas em (McDysan, 2000) e (Giroux&Ganti, 1999).

**Tabela 2.4 – Características das categorias de serviço do ATM Forum**

<b>Garantias</b>					
Categoria de Serviço	Descritor de Tráfego	Perda (CLR)	Variação de Atraso(CDV)	Capacidade Reservada	Controle de Feedback
CBR	PCR	Sim	Sim	Sim	Não
rt-VBR	PCR,SCR,MBS	Sim	Sim	Sim	Não
nrt-VBR	PCR,SCR,MBS	Sim	Não	Sim	Não
ABR	PCR,MCR,...	Sim	Não	Não	Sim
UBR	PCR	Não	Não	Não	Não

**Tabela 2.5 – Aplicações versus Categorias de Serviços**

Aplicações	CBR	rt-VBR	nrt-VBR	ABR	UBR
Dados Críticos	Bom	Adequado	Melhor	Adequado	Não
Interconexão de Redes	Adequado	Adequado	Bom	Melhor	Bom
Transporte de dados WAN	Adequado	Adequado	Bom	Melhor	Bom
Emulação de Circuitos	Melhor	Bom	Não	Não	Não
Telefonia	Melhor	Bom	Não	Não	Não
Videoconferência	Melhor	Bom	Adequado	Adequado	Fraco
Áudio Comprimido	Adequado	Melhor	Bom	Bom	Fraco
Distribuição de Vídeo	Melhor	Bom	Adequado	Não	Não
Multimídia Interativa	Melhor	Melhor	Bom	Bom	Fraco



### 3.6. Componentes do Gerenciamento de Tráfego

De acordo com (Giroux&Ganti, 1999) e (MacDysan, 2000) o Gerenciamento de Tráfego ATM (Traffic Management – TM) pode ser dividido em camadas de funções e procedimentos. A Figura 3.1 descreve o relacionamento dos componentes da camada de gerenciamento de tráfego ATM.

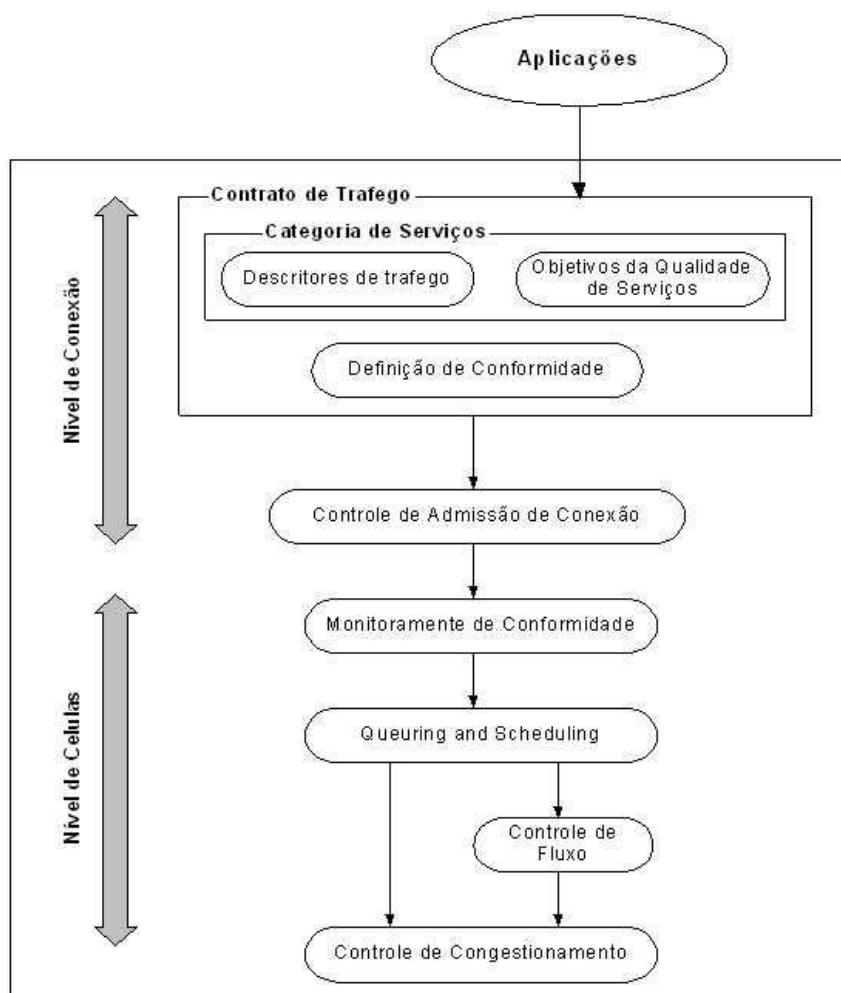


Figura 3.1 - Relacionamento entre as Funções de Gerenciamento de Tráfego

Uma aplicação negocia o contrato de tráfego com a rede para cada conexão virtual. O contrato de tráfego é um entendimento entre a conduta do tráfego gerado e do nível de serviço solicitado para a conexão. Um elemento chave para o contrato de tráfego é a categoria de serviço. A categoria de serviço define a classe de expectativa de qualidade (QoS) e também especifica a conduta do tráfego gerado pela aplicação (descritores de tráfego).

### **3.6.1. Contrato de Tráfego**

Conforme (Giroux&Ganti, 1999) uma aplicação, usando uma rede ATM para transportar seus requerimentos de banda e performance (via sinalização pelo SVC ou via o sistema de gerenciamento da rede pelo PVC) certamente o fará por meio de contrato de tráfego. O contrato de tráfego inclui os seguintes componentes:

- a categoria de serviço;
- a qualidade de serviço requerida (QoS);
- as características de tráfego da conexão;
- a definição de como o tráfego deverá comportar-se (definição de conformidade).

As categorias de Serviços ATM (ver item 2.7.5) são usadas pela camada ATM de qualidade de serviço, que é definida por um conjunto de parâmetros que caracterizam a performance requerida pela conexão. Estes parâmetros QoS quantificam os requerimentos de performance da rede para a camada ATM. Em

termos gerais, o contrato de tráfego define qualidade de serviço entre os limites da rede ATM, excluindo os sistemas finais.

Seis parâmetros de QoS são usados para medir a performance da rede para oferecer a conexão. Três destes poderão ser negociados entre a rede e sistemas finais, como parte do contrato de tráfego:

- *cell loss ratio (CLR)* – taxa de perda de células.
- *maximum cell transfer delay (Max-CTD)*- atraso máximo na transferência de células.
- *peak-to-peak cell delay variation (P2P-CDV)* – pico de variação de atraso de células.

Os outros três parâmetros não são negociados como parte do contrato de tráfego:

- *cell error ratio (CER)* – proporção de erro de células.
- *severely errored cell block ratio (SECBR)* – proporção de blocos de células severamente errados.
- *cell missinsertion rate (CMR)* – taxa de células mal inseridas.

### **3.6.2. Controle de conformidade**

A alocação de recursos pelo Controle de Admissão de Conexão (CAC) não é suficiente para assegurar que o QoS foi encontrado. A conexão poderá (intencional ou acidentalmente) exceder os descritores de tráfego contratados e poderá permitir um QoS degradado. A implementação de mecanismos que evitem

esta situação é crítica e fundamental para assegurar que uma conexão esta em conformidade com o contrato de tráfego agregado.

É improvável que o tráfego de uma aplicação se comporte de acordo com os descritores de tráfego. Para prevenir degradação de QoS, as conexões tem de conceber o tráfego para poderem concordar com os descritores de tráfego contratados. Muito embora não seja exigido, as aplicações terão de desenvolver modelagem de tráfego de acordo com os descritores de tráfego, evitando problemas com tratamento de tráfego de células fora do padrão, enquanto a rede busca assegurar os parâmetros de QoS.

Alguns destes mecanismos são o *traffic-shaping* (modelagem de tráfego), *traffic-policing* (policimento de tráfego) e *soft-policing* (policimento fraco). Estes mecanismos podem ser implementados a partir da aplicação de algoritmos de policimento como o GRCA – *generic cell rate algorithm*. Este algoritmo permite que se policie o tráfego e se tomem ações sobre os tráfegos não adequados. Desta forma, pode-se identificar tráfegos que não estejam em conformidade com os descritores de tráfego e/ou atrasar o envio até que esteja qualificada conforme o GRCA (*traffic-shaping*), ou bufferizar o tráfego até que ele possa ser aceito pela rede (*soft-policing*).

### **3.6.3. Controle de Admissão de Conexão**

Para se garantir QoS numa conexão ATM, os recursos em todos os pontos do caminho ATM deverão estar reservados. Geralmente eles dizem respeito a capacidade de buffer e largura de banda requerida, para servir a conexão naquele ponto. A este conjunto de procedimento que determinam a aceitação de uma

conexão em um *Switch* ATM chamamos *connection admission control* (CAC) – controle de admissão de conexão.

Os seguintes procedimentos são realizados para configurar uma conexão:

- Mapeia os descritores de tráfego associados a uma conexão com um modelo de tráfego.
- Usar este modelo de tráfego e um modelo de enfileiramento apropriado para estimar se existem recursos para atender os objetivos do QoS.
- Alocar recursos, se eles forem suficientes e admitir a conexão.

Um CAC eficiente deveria produzir um ganho estatístico máximo sem violar o QoS, mas a eficiência do CAC depende de como e quanto os modelos de tráfego e enfileiramento se aproximam da realidade. Deve-se ter em mente que o CAC não pode ser muito dispendioso computacionalmente, porque será executado em tempo real pelos *Switches* e poderá causar overhead de processamento e atrasos no estabelecimento de conexões.

#### **3.6.4. Queuing e Scheduling**

O *Queuing* (enfileiramento) e *Scheduling* (agendamento ou programação), acontecem a partir da necessidade de se compartilhar recursos entre diversos serviços. A contenção de recursos inicia porque estes compartilhamentos e uma estrutura de enfileiramento são necessários para armazenar células temporariamente. O Ponto onde cada contenção de recursos ocorre é conhecido como *queuing* ou *connection point*. Um *Switch* pode implementar mais de um tipo

de mecanismo de enfileiramento. O *Schedule*/agenda existe para cada estrutura de enfileiramento (fila) e determina qual célula deverá ser servida para encontrar seus objetivos de QoS. A estrutura de enfileiramento e o algoritmo de *schedule* correspondente tentam atingir os seguintes objetivos:

- Flexibilidade – para suportar uma variedade de serviços e facilmente expandir para suportar novos serviços.
- Escalabilidade – ser simples o bastante para permitir um crescimento para um grande número de conexões a um custo versus benefício adequado.
- Eficiência – para maximizar a utilização do enlace de rede.
- Garantia de QoS – para prover pequenas oscilações e atrasos em sistemas *end-to-end* para tráfego em tempo real.
- Isolamento – para reduzir a interferência de outras classes de serviços e conexões.
- Justiça – para permitir rápida e justa redistribuição de largura de banda que possa ser dinamicamente disponibilizada.

### **3.6.5. Controle de Congestionamento**

Complexos mecanismos de controle de fluxo e scheduling não garantem que em determinadas situações não ocorrerá um *overflow* de buffer ou tráfego, que poderão ser causados por tráfegos maiores que as taxas de serviços. A frequência com que ocorre depende da carga e do conjunto de serviços suportados. Como exemplo uma rede com conexões GFR e UBR ativos mais provavelmente

encontrará um *overflow* que uma rede que suporte apenas tráfegos CBR e ABR.

Para interagir com condições de saturação de *buffers*, é necessária a implementação de mecanismos que garantam os objetivos do QoS, mesmo nestas situações. Estes mecanismos terão de ser estabelecidos em todos os pontos de contenção. Os objetivos do controle de congestionamento são:

- Permitir o uso eficiente dos recursos de buffer.
- Distribuir os recursos de buffer de forma justa entre as conexões concorrentes.
- Evitar que conexões afetem o QoS das outras.
- Para VBR, prevenir que células com CLP=1 afetem o QoS de células com CLP=0.
- Minimizar a distribuição parcial de frames AAL5.

### **3.7. Controle de Recursos em Redes ATM Multiprotocolo**

(MacDysan, 2000) e (Giroux&Ganti, 1999) colocam que as próximas gerações de aplicações rodando sobre IP, ATM e redes híbridas necessitarão de características que não existem nas redes IP ou ATM atuais, ou em seus paradigmas de arquitetura. Um dos problemas críticos a serem resolvidos na construção da próxima geração de redes multiprotocolo sobre ATM é combinar roteamento, multidifusão e as facilidades da qualidade de serviço de maneira acessível para o nível de aplicação, independente do que está por baixo da tecnologia de rede. Adicionalmente, estas facilidades devem ser interoperáveis

através de redes mistas, permitindo que computadores conectados em redes legadas comuniquem-se diretamente com computadores numa rede ATM pura.

Para encaminhar estes assuntos, um esforço significativo terá de ser feito no projeto e desenvolvimento de tecnologia que resolva os problemas comuns às tecnologias das camadas 2 e 3 do modelo OSI e permita o desenvolvimento de comunicação com suporte as requisições de QoS.

Redes ATM nativas fornecem mecanismos de QoS via parâmetros de controle ATM, contratos de tráfego e técnicas de gerenciamento de tráfego, mas estes benefícios não são suportados e não são facilmente transportados para o enorme número de clientes e aplicações IP-routing e IP-multicast existentes. Protocolos de roteamento como o RIP e DVMRP, fornecem roteamento tradicional e capacidades de multidifusão para transportar entradas das camadas de aplicação, mas tradicionalmente sentem a falta de suporte para qualidade de serviço para as camadas inferiores do modelo OSI.

Os problemas enfrentados na construção de protocolos de roteamento e multidifusão de larga escala é objeto de intensa pesquisa. E muitas destas tecnologias podem ser consideradas maduras, frente aos problemas de proporcionar garantias de QoS. No centro deste problema está o desejo da indústria de disponibilizar meios para que programas de aplicação façam requisições independentemente dos recursos de rede utilizados, em teoria, fornecendo melhor performance que se a requisição não fosse feita.

Além disso, existem complexos problemas relacionados com o fornecimento de garantia de serviço pela necessidade de se negociar quais



parâmetros devem ser negociados para garantir o fornecimento de QoS. Estes valores precisam ser passados na negociação de QoS/negociação de mensagens e, neste ponto, deve determinar o nível de tolerância aceitável antes de uma requisição ser aceita.

Num alto nível de abstração, os problemas enfrentados na construção de redes multiprotocolo que suportem QoS podem ser divididos em um conjunto de problemas a serem resolvidos. Considere quatro atividades que precisam ser encaminhadas na construção de uma rede que suporte qualidade de serviço e permita uma larga integração com um modelo multiprotocolo ATM:

- Um protocolo de transporte especializado para aplicações real-time precisa ser utilizado. Deverá ser utilizado um protocolo que melhore e otimize a performance em tempo real dos protocolos atuais.

- Um protocolo de diagnóstico utilizado para checar o estado das conexões e da QoS. Este protocolo de controle é um ponto crítico porque é um mecanismo de *feedback* que, controlará as entradas e reportará para a QoS o que está sendo recebido.

- Um método para requisitar conteúdo como áudio e vídeo. Este protocolo deve ser utilizado para realizar requisições de conteúdo num servidor de tempo real.

- Um método para requisitar diferentes escalas de serviço na rede. Este é um protocolo de sinalização que é usado pelos *hosts* para fazer requisições de reserva de QoS.

### 3.8. Reserva de Recursos e QoS em Redes MPOA

Para (MacDysan, 2000), (Schmidt&Minoli, 1997) e (Giroux&Ganti, 1999) a habilidade de se propiciar qualidade de serviço garantida pode ser vista em dois sentidos. Primeiramente, pode-se realizar uma provisão estática de prioridade para certos tipos de pacotes. Isto poderá ser utilizado, por exemplo, para evitar situações em que e-mail que estão sendo transportados em enlaces *Internet* congestionados, enquanto o tráfego regular WWW é derrubado. Este método é simples porque os roteadores são configurados para reconhecer os bits padrão de diferentes tipos de dados *Internet*. Apesar disto, apresenta um sério problema de flexibilidade. Uma alternativa, é permitir que um programa consiga requisitar uma prioridade mais alta a qualquer momento. Esta segunda opção utiliza um protocolo conhecido como *Resource reSerVation Protocol* (RSVP), que controla em tempo real o provisionamento de qualidade de serviço entre os usuários e os dispositivos de rede.

O protocolo de sinalização RSVP pode ser considerado como um protocolo de controle de rede para serviços de tempo real em redes não orientadas a conexão. RSVP é um protocolo de sinalização que utiliza as redes IP tradicionais. Como deve se interconectar com *switches* ATM, rodando protocolos MPOA, terá que levar as mensagens de reserva de recursos das origens para os destinos. Ao longo deste caminho, entre a origem e o destino, as requisições de recursos são usadas para negociar permissões com o *software* de controle de admissão relativas a disponibilidade dos recursos desejados. Desta forma, requisições de recurso restabelecem e garantem o estado da reserva. Quando uma

requisição desejada não pode ser cumprida totalmente, uma mensagem de falha na requisição será gerada.

Este é o ponto crucial que diferencia os dois modelos, porque permite dar ao usuário uma rede que é uma única conexão física e nesta conexão ele pode dar qualidade de serviço dinâmica. Os usuários de uma rede que implemente RSVP poderão escolher diversas formas de como quer transmitir pacotes IP, através da *Internet*. A partir disto, poderá se saber que tipo de largura de banda cada usuário requisita, qual a latência requisitada e que tipo de serviço ele espera. Neste momento, pode-se cobrar por grades de serviços de qualidade diferentes.

O conhecimento das habilidades do ATM no fornecimento de garantia de serviços e QoS, aliado as necessidades crescentes dos usuários por recursos de rede para execução de tarefas que consomem muita largura de banda, possibilitarão aos projetistas e administradores de redes, implementar soluções que garantam não só a estabilidade dos serviços existentes, mas forneçam a infra-estrutura necessária para os novos serviços. Certamente, estratégias corporativas de médio e longo prazo para infra-estrutura de rede terão de considerar alternativas que satisfaçam as demandas cada vez maiores por recursos de rede.

## 4. Proposta de Trabalho

### 4.1. Descrição dos Testes

#### 4.1.1. Ambiente de Testes

O laboratório, ver Figura 4.1 - Modelo do Laboratório, foi preparado com 4 CPU. Foi criado um Domínio do Windows NT chamado LABORATÓRIO e as quatro CPU que compõem este Domínio foram definidas da seguinte forma: uma como servidor de rede rodando Windows NT 4.0 como PDC (Controlador de Domínio Primário), duas como Windows NT 4.0 Server e outra como estação Windows 98. Duas máquinas utilizaram placas adaptadoras de rede IBM ATM 25 Mbps ou uma placa ATM 155 Mbps da Interphase, mais duas máquinas utilizando interface de rede 3Com *Ethernet* de 10/100 Mbps. Foi utilizado 1 *Switch* IBM 8285 ATM com módulo de expansão e um IBM 8271 *Ethernet*. A conexão entre os *switches* foi estabelecida da seguinte forma: o *Switch Ethernet* foi conectado ao *Switch* IBM 8285 através de uma porta ATM de 155 Mbps disponível no mesmo, esta conexão por definição do fabricante usa uma interface UNI. A configuração lógica da rede do ambiente de testes ficou da seguinte forma:

Nome	Função	Sistema Operacional	IP
Analizador	PDC do Domínio NT	Windows NT	192.168.5.2
Estação1	Servidor do Domínio NT	Windows NT	192.168.5.1
Estação3	Servidor do Domínio NT	Windows NT	192.168.5.3

Estação4	Estação de Trabalho	Windows 98	192.168.5.4
Switch8285	Componente de rede	-	192.168.5.8
Switch8271	Componente de rede	-	192.168.5.10

O Analisador de Protocolo (DominoNAS Chassis) estará conectado entre a estação nomeada como ANALISADOR e o *Switch* ATM 8285.

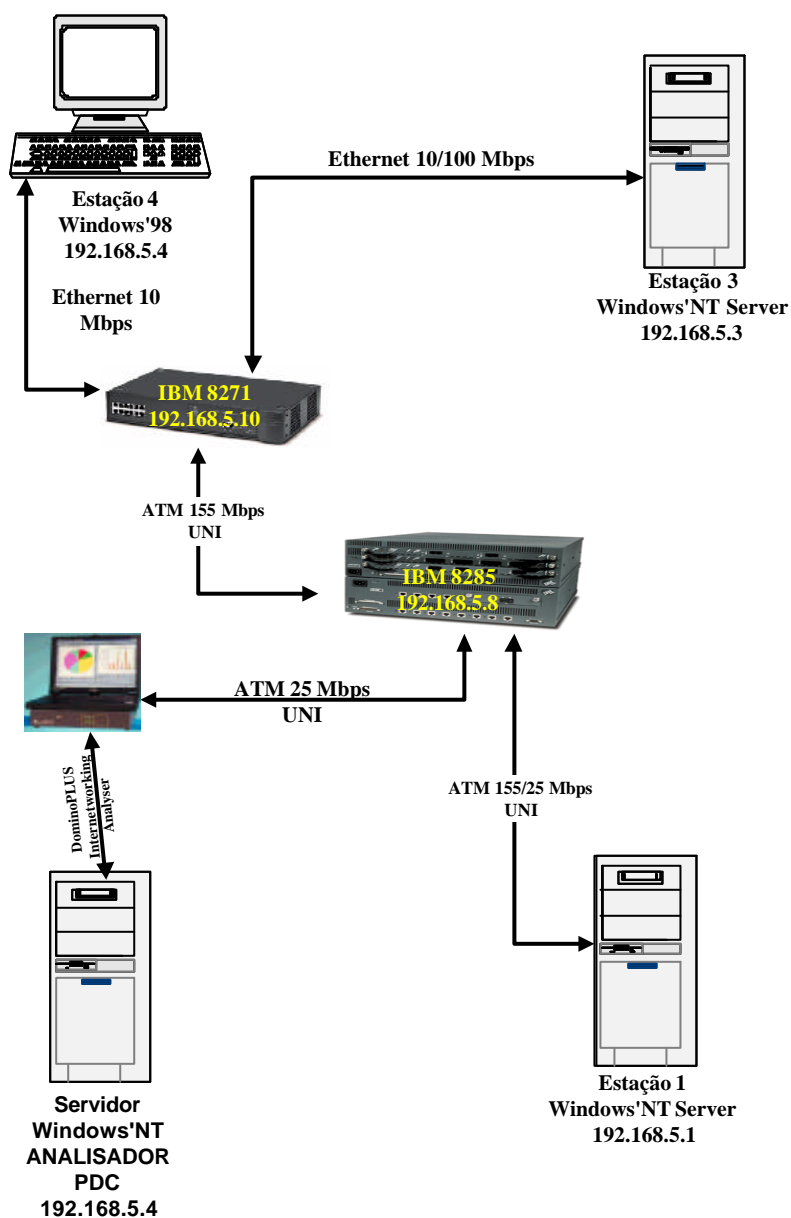


Figura 4.1 - Modelo do Laboratório

#### 4.1.2. Software/Hardware de Geração/Monitoramento de tráfego

A solução para monitoramento e geração de tráfego que foi utilizada nos testes de laboratório possui componentes de *hardware* e *software*. Abaixo relacionamos os módulos de *hardware* utilizados, bem como, os aplicativos. Para cada componente descrevemos suas características e funcionalidades, além de salientarmos aquelas que foram efetivamente implementadas no laboratório.

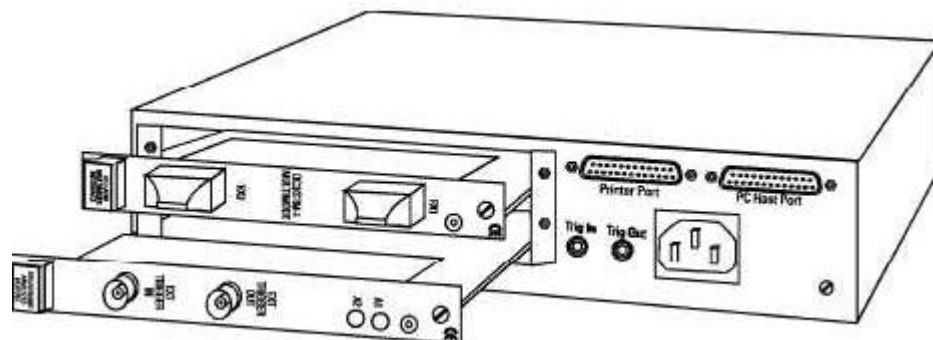
A parte de *Hardware* é composta pelo DominoPLUS *Chassis Internetwork Analyzer* - DA360, módulos de interface de rede e *Broadband Analyzer Module* (BAM).

Foi utilizada a solução de Análise de Sistemas de Rede da WWG – Wavetek Wandel Goltermann o WWG Domino NAS 3.0. O Domino NAS, *Network Analysis Suite* é uma solução composta por um conjunto de *softwares* aplicativos para análise, captura, monitoramento, geração e filtragem de dados da rede. O conjunto de aplicações que compõem o suíte Domino interagem com o *Chassis DominoPLUS-DA360 Internetworking Analyser*.



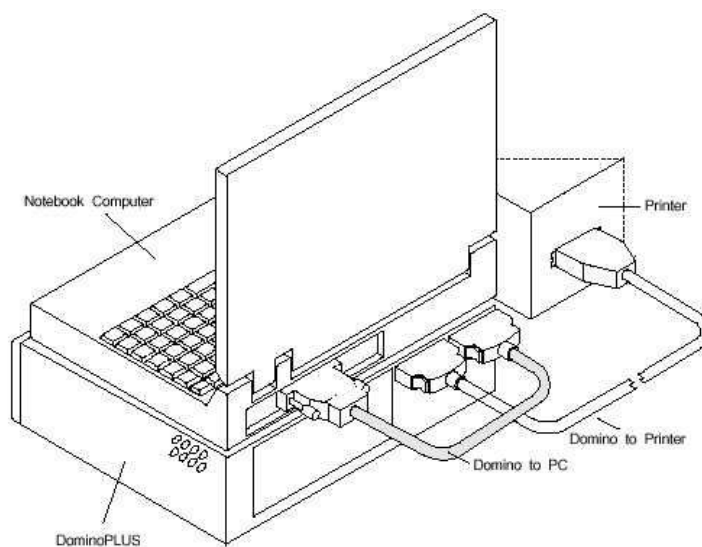
**Figura 4.2 - DominoPLUS Chassis – DA360 e módulos de interface**

Foram utilizados módulos de interface para ATM 25 e 155 Mbps. O Chassis só permite a instalação de um módulo de interface de rede por vez.

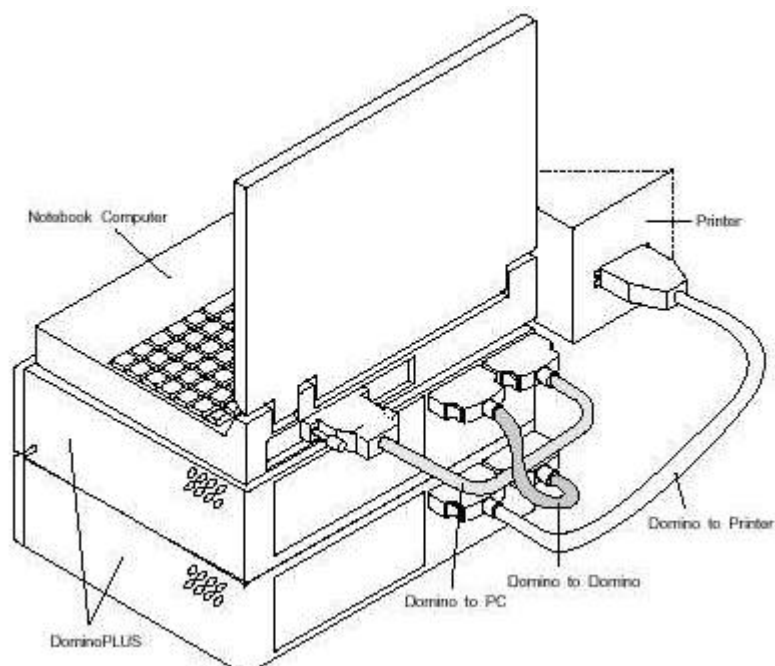


**Figura 4.3 - Painel traseiro do DA360**

Além da conexão simples do DA360, ver Figura 4.4, é possível a conexão de múltiplos Chassis DA-360, o que permitiria o monitoramento de diversos pontos de rede paralelamente. O DA-360 possui portas para conexão de impressora e de um PC que servirá como *host* que rodará as aplicações Domino para análise e simulação de tráfego de rede. Estas portas servem também para conectar múltiplos DA-360, como na Figura 4.5 abaixo.



**Figura 4.4 - DA360 Conexão Simples**



**Figura 4.5 - DA360 Conexão Múltipla**

O conjunto de aplicações que compõem o Suíte Domino, são:

O **DominoNAS Launcher** disponibiliza uma interface para acesso e início das aplicações DominoNAS, além de mostrar o status dos dispositivos e permitir a customização do *software* as necessidades de cada usuário.

O **LinkView Agent** permite uma análise completa de redes *Ethernet* e *Token Ring*, incluindo monitoramento, captura, análise e decodificação de protocolos.

O **ATM Analysis Application** permite o monitoramento, captura e transmissão de tráfego ATM e avaliação de QoS.

O **Domino Core** controla a operação do *Domino Analyser* em diversos protocolos.



O **Mentor** permite a execução de análise de tráfego de rede, identificando áreas de problemas, inclusive indicando passos para resolver os problemas.

O **LinkView Console** é utilizado para controle remoto de agentes LinkView. Os agentes podem ser colocados em máquinas localizadas em segmentos LAN distintos para análise e captura de tráfego.

O **Examine** permite uma detalhada decodificação de protocolos. Aplicando filtros e critérios variados.

Utilizaremos principalmente os módulos DominoNAS Launcher e o ATM Analysis Application. As funcionalidades e aplicabilidades de cada módulo foram discutidas ao longo da descrição dos experimentos realizados. Para o monitoramento do percentual de uso do backbone da Itaipu será utilizado o software MRTG Vs 2.9.12 (Multi Router Traffic Graphic).

## **4.2. Objetivos dos Testes**

Os experimentos realizados em laboratório têm a finalidade de avaliar a eficácia do controle de reserva de recursos e QoS em redes ATM, justificando a aplicação deste tipo de recurso no ambiente corporativo, como solução para problemas de disponibilidade de banda e na liberação de serviços de rede que necessitem de grande largura de banda e garantia de qualidade de serviço, tais como, treinamento on-line e vídeo-conferência. Para tanto, estão sendo utilizados equipamentos cedidos pela própria Itaipu Binacional, buscando tornar o ambiente o mais próximo possível da realidade das corporações. A comprovação das habilidades do ATM em gerenciar e garantir reserva de recursos e QoS, permite

que se expandam os resultados dos experimentos para os problemas das corporações. Como os equipamentos da rede em produção nas redes baseadas na tecnologia ATM suportam soluções MPOA e permitem a configuração de parâmetros de reserva de recursos e QoS, pode-se propor testes com estas tecnologias em períodos futuros. Mesmo as estratégias e políticas para implementação de uma Rede MPOA discutidas e propostas em capítulos anteriores podem ser adaptadas para serem empregadas no processo de customização e implementação dos recursos de QoS e reserva de recurso na rede ATM da entidade.

### **4.3. Montagem do Laboratório**

#### **4.3.1. Infraestrutura de Hardware**

Foram encontradas diversas dificuldades para compreensão e configuração da infra-estrutura de rede. Além do material reduzido, os mesmos não trazem todas as informações necessárias.

#### **4.3.2. Principais características do *Switch 8285***

Permite no máximo dois Servidores de Emulação de Rede (LES). Como cada rede emulada está relacionada a um LES, podem ser criadas duas LANE.

Permite um número máximo de 128 clientes para o conjunto de servidores LES configurados.

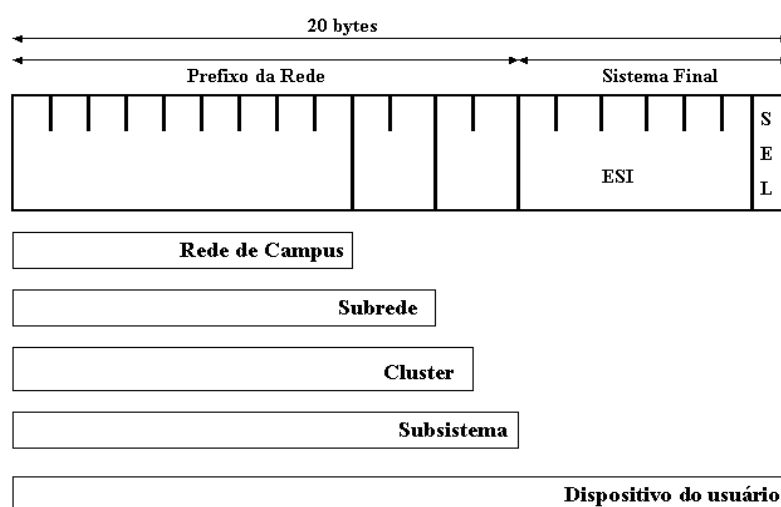
Permite LES para redes *Ethernet* e *Token Ring*.

Permite a configuração de até dois Clientes de Emulação de Rede (LEC). Que podem rodar concorrentemente. Cada cliente pode ter até 30 conexões

concorrentes. Para cada rede emulada deve ser criado um cliente no próprio *Switch*.

Aceita as classes de qualidade de serviços CBR, VBR-rt (é suportada como CBR), VBR-nrt (também é suportada como CBR), UBR e ABR.

Trabalha com um endereço ATM de 20 *bytes* que forma a hierarquia dos componentes de rede, ver Figura 4.6 Endereço ATM no *Switch* 8285 abaixo:



**Figura 4.6 - Endereço ATM no *Switch* 8285**

Os 12 primeiros *bytes* servem para especificar de forma única uma rede ATM dentro de uma Rede de campus (primeiros 9 *bytes*), uma sub-rede específica dentro dela (10 e 11 *byte*), um cluster dentro da sub-rede (*byte* 12) utiliza um ACN ou ATM Cluster Number e pode endereçar até 255 Clusters), um componente dentro do cluster (*byte* 13) (subsistema – utiliza um Hub Number e pode endereçar até 255 entradas num cluster) e o endereço do dispositivo do usuário que é formado por 6 *bytes* de identificação do sistema final (ESI – *End System Identifier*)

que é único no subsistema ATM e um *byte* como campo seletor que deverá ser utilizado pelo dispositivo do usuário. O *Switch* distribui os endereços ATM para os dispositivos finais através do protocolo *Interim Local Management Interface* (ILMI).

Por padrão o Switch 8285 impõe alguns limites de taxas de transferência que são os seguintes:

#### Switch 8285

Taxa nominal de largura de banda	256,2 Mbps
Taxa real de largura de banda	212 Mbps
Taxa máxima de reserva de banda	180 Mbps (85% bw real)

#### Portas 25 Mbps

Taxa nominal de largura de banda	25,6 Mbps
Taxa real de largura de banda	21,2 Mbps
Taxa máxima de reserva de banda	18 Mbps (85% bw real)

#### Portas 155 Mbps

Taxa nominal de largura de banda	155 Mbps
Taxa real de largura de banda	127 Mbps
Taxa máxima de reserva de banda	108 Mbps (85% bw real)

As diferenças entre as taxas de largura de banda nominal e real, é que internamente o *Switch* 8285 utiliza células de 64 *bytes* para transportar células de 53 *bytes*.

Iniciou-se a montagem do laboratório com uma estação com um Windows NT *Server* que foi conectada a console do *Switch* 8285, utilizando o Hyperterminal através da porta RS-232, para configuração do mesmo. Foram realizados os seguintes passos na configuração do *Switch* 8285:

**Set device name ATM8285Lab**

**Set device location Laboratorio de QoS sobre ATM**

**Set device contact Alexandre dos Santos Pacheco**

**Set device ip-address 192.168.5.110 ff.ff.ff.00**

**Set device default\_gateway 192.168.5.2**

Foram realizados os seguintes passos para criação e configuração das ELAN no *Switch* 8285:

Definição dos servidores de emulação de rede locais (Max. 2 no 8285):

**Set lan\_emul server 1 start eth 64 1516 LabQoS1**

**Set lan\_emul server 2 start eth 64 1516 LabQoS2**

As instruções acima configuram e iniciam os servidores de emulação de rede local para *Ethernet*, criando um servidor com 64 usuários e relacionado a LANE LabQoS1 e um servidor com outros 64 usuários relacionados a LANE LabQoS2. A utilização de 2 servidores de LANE *Ethernet* no *Switch* 8285 depende do uso de um LECS – *Lane Emulation Configuration Server* externo, normalmente um 8260. Por causa disto todas as estações ficaram na LANE LabQoS1. A soma dos clientes dos servidores de emulação não pode exceder 128. Ver resultado na Figura 4.7 - Configuração dos LES no *Switch* 8285 abaixo:

```

ATM8285Lab> show lan_emul_servers
-----
LAN Emulation Server 1
-----
Status           : Running.
LAN type         : Ethernet.
Actual ELAN name : "LabQoS".
Desired ELAN name : "LabQoS".
Actual max frame size : 1516.
Desired max frame size: 1516.
ATM address      : 39.11.22.33.44.55.66.77.88.99.00.01.11.40.82.85.0E.01.02.02
LEC Id Range     : 1 to 64.
Current number of operational clients : 3.
-----
LAN Emulation Server 2
-----
Status           : Running.
LAN type         : Token Ring.
Actual ELAN name : "LabQoS2R".
Desired ELAN name : "LabQoS2R".
Actual max frame size : 1516.
Desired max frame size: 1516.
ATM address      : 39.11.22.33.44.55.66.77.88.99.00.01.11.40.82.85.0E.01.02.03
LEC Id Range     : 1 to 64.
Current number of operational clients : 1.
ATM8285Lab>

```

**Figura 4.7 - Configuração dos LES no Switch 8285**

Na seqüência deve-se configurar o *switch* como cliente dos dois servidores de emulação de rede criados, para tanto se executam os seguintes comandos:

```

Set device lan_emulation_client eth ip_address:192.168.5.8 emulated_lan_name
LabQoS1      eth_type:DIX      subnet_mask:ff.ff.ff.00      mac_address:4082850e0102
no_lecs_with_les:39.11.22.33.44.55.66.77.88.99.00.01.11.40.82.85.0e.01.02.02

```

O endereço ATM fornecido no parâmetro `no_lecs_with_les` é o endereço do servidor de emulação para a ELAN fornecida.

```

Set device lan_emulation_client eth ip_address:192.168.5.9 emulated_lan_name
LabQoS2      subnet_mask:ff.ff.ff.00      mac_address:4082850e0102
no_lecs_with_les:39.11.22.33.44.55.66.77.88.99.00.01.11.40.82.85.0e.01.02.03

```

Foram realizados os seguintes passos para configuração das portas do *Switch* 8285:

Todas as portas foram configuradas como UNI e foram utilizadas as portas 1.09 (Módulo 1, porta 9), 1.10, 1.13, 2.01, sendo que a porta 1.13 foi

utilizada para conectar o *Switch* 8285 ao 8271. O comando utilizado para configuração e inicialização das portas foi:

**Set port xx.xx enable uni signalling\_version:sign\_3\_1.**

Ver resultado na Figura 4.8– Configuração Porta 1.13 no *Switch* 8285:

```
ATM8285Lab> show port 1.13 verbose
-----
      Type Mode      Status
-----
1.13:UNI enabled  UP

Signalling Version : 3.1
> Oper Sig. Version : 3.1
ILMI status        : UP
ILMI vci           : 0.16
RB Bandwidth       : unlimited
Signalling vci     : 0.5
Administrative weight: 5040
VPI.VCI range     : 15.1023 (4.10 bits)
Connector          : SC DUPLEX
Media              : multimode fiber
Port speed         : 155000 kbps
Remote device is active

Frame format       : SONET STS-3c
Scrambling mode    : frame and cell
Clock mode         : internal
ATM8285Lab> _
```

**Figura 4.8 - Configuração Porta 1.13 no *Switch* 8285**

Foram realizados os seguintes passos para configuração do *Switch* 8271:

O *Switch* foi configurado para o endereço IP 192.168.5.10 através da opção *Management Setup* e na seqüência foi configurado o módulo ATM através da opção *ATM Configuration* da menu, ver Figura 4.9 – Menu *Switch* 8271, Figura 4.10 – Configuração Módulo ATM do *Switch* 8271 e Figura 4.11 – Configuração do LEC do 8271 e criação de uma VLAN.







A instalação do dispositivo de monitoramento DominoPlus Chassis DA360 é extremamente simples, basta conectar o *patch cord* que vai até o micro numa das portas do Módulo ATM 25 e outro *patch cord* saindo da segunda porta do Módulo ATM 25 até o *Switch* ATM 8285. Conectou-se o Analisador ao DominoPlus Chassis através de uma porta paralela (*Console PC Host*) no módulo Domino.

A criação de PVC no *Switch* 8285, é feita com a seguinte instrução:

```
Set pvc 1.9 100 2.01 1 channel * * reserved_bandwidth 18000
```

Este comando estabelece uma Conexão Virtual Permanente entre as portas 1.9 e 2.01, identificada pelo id 100 com reserva de banda de 18 Mbps. Conexões Virtuais Permanentes foram criadas diversas vezes durante o laboratório. O IBM 8285 implementa PVC mapeando internamente SVC. Ele também suporta tanto conexões ponto a ponto, como ponto – multiponto. No IBM 8285 os PVC podem estar baseados em *channel* (canais) e *path* (caminhos) e ainda admitem protocolos de Reserva de Banda e Melhor esforço para controle de tráfego do PVC. Conexões Virtuais Permanentes foram criadas diversas vezes durante o laboratório.

#### 4.4. Instalação das aplicações

A instalação do *software* apresentou problemas principalmente para integração e reconhecimento dos dispositivos de HW. Principalmente pela necessidade de se adaptar os recursos disponíveis dentro das necessidades dos testes. A compreensão da forma de atuação do Analisador de Rede e suas diversas variações também foi problemática devido a não realização de capacitação no uso deste tipo de solução. Os cuidados ficaram por conta da instalação dos módulos do DominoPlus. Após a conexão dos módulos, o serviço que faz o reconhecimento do módulo deve ser resetado para que possa reconhecer o dispositivo. Ver Figura 4.12 – Tela do Domino NAS. Na seqüência é executado o módulo ATM Analyser Application do *software* DominoNAS que permite a ativação da captura e análise dos dados da rede ATM Ver Figura 4.13 – Tela do ATM Analysis Application.



Figura 4.12 - Tela do DominoNAS

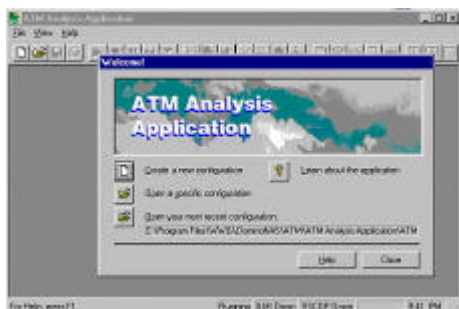
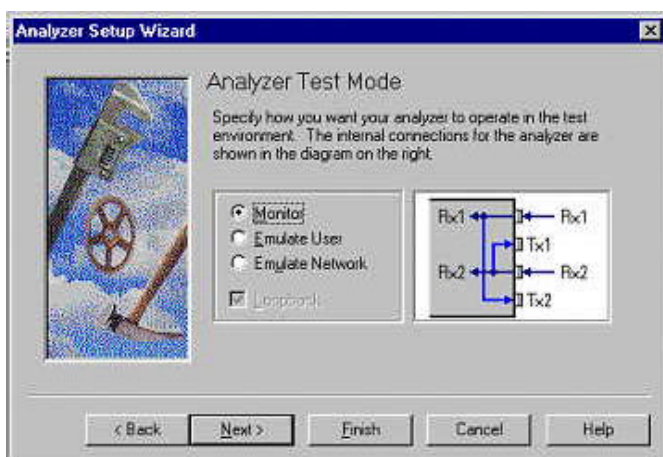


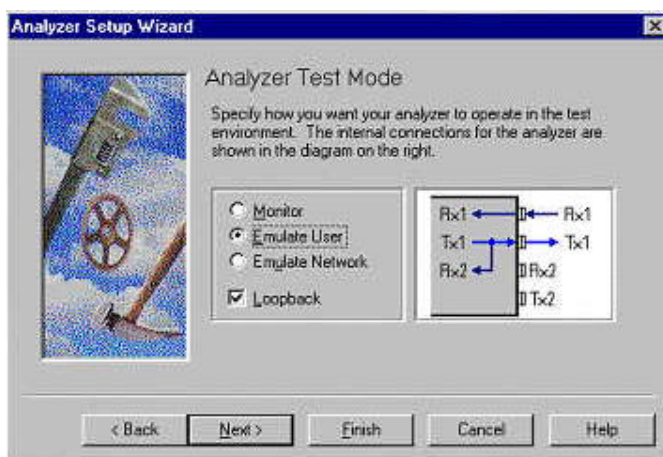
Figura 4.13 - Tela do ATM Analysis Application

Este módulo permite a utilização do Analisador DominoNAS de diversas maneiras. As quais foram implementadas em momentos diferentes do laboratório. Basicamente se pode criar configurações padrões que permitem que o Analisador trabalhe como um Monitor, um Usuário, ou uma Rede. A seguir se descreve cada uma destas funções e qual sua relevância para o laboratório.

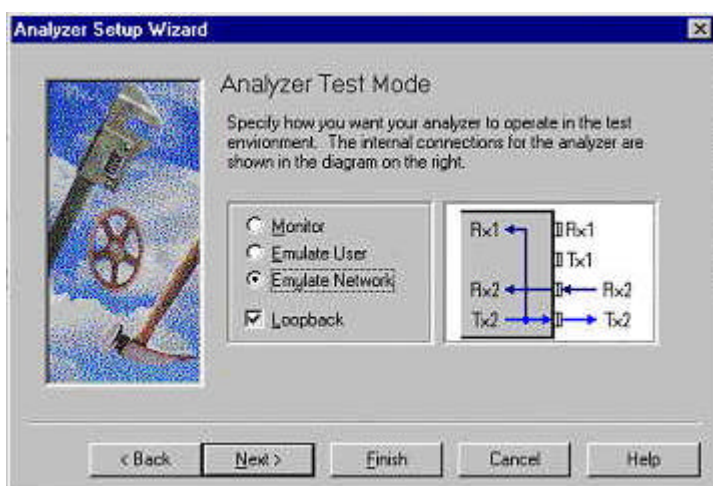
Configura-se o módulo *ATM Analyser Application* como Monitor, *Emulate User* e *Emulate Network*, veja as Figuras 4.14 – Modo Monitor, 4.15 – Modo Usuário e 4.16 – Modo Rede:



**Figura 4.14 - Modo Monitor**



**Figura 4.15 - Modo Usuário**



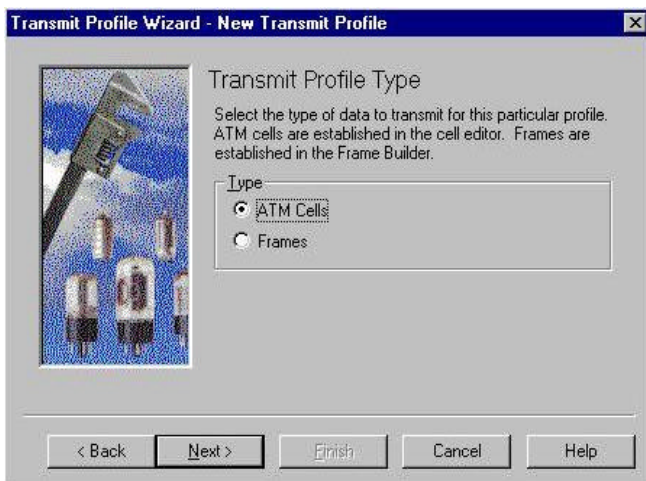
**Figura 4.16 - Modo Rede**

Note que para cada modo utilizado é feita uma utilização diferenciada dos fios/cabos Tx e Rx dos *patch-cords* conectados ao Domino Chassis. No modo Monitor o Analisador está ativo para monitorar os dois lados da linha. O sinal recebido em Rx1 é passado para Tx2 e o sinal recebido em Rx2 é passado para Tx1. No modo de Emulação de Usuário o Analisador está habilitado para gerar tráfego em Tx1 e receber tráfego em Rx1. Se o *loopback* está habilitado, a geração de tráfego é internamente passada para Rx2 o que permite o monitoramento interno. Neste caso, a conexão com a rede está perdida. No modo de Emulação de Rede o Analisador poderá gerar tráfego em Tx2 e receber em Rx2. Se o *loopback* estiver ativo, o tráfego gerado é internamente redirecionado para Rx1, permitindo o monitoramento interno. Funções de *out-of-service* do QoS não são disponíveis neste modo. Se o *loopback* estiver ativo também se perde a conexão da estação analisadora com a rede, visto que as estatísticas registradas de Rx1 estão vindo do tráfego gerado e não da rede. Algumas restrições e funcionalidades são resultantes destas possibilidades de configuração:

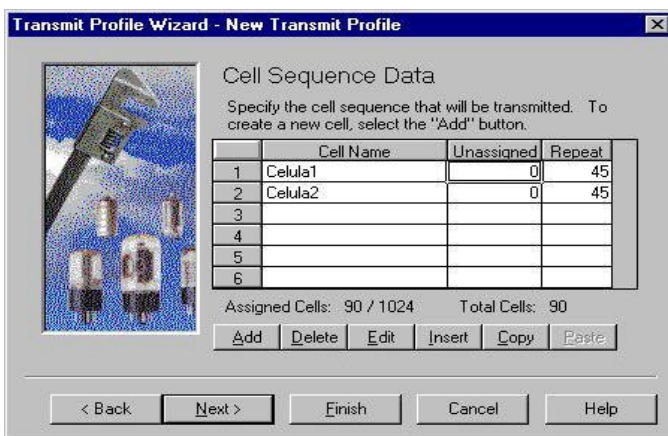
- Realizar baterias de testes com configurações diferentes do Analisador.
- Combinar a solução DominoNAS com outras soluções para Geração e Monitoramento de tráfego.
- Utilizar uma solução para geração de tráfego por *software*, disponibilizando o ATM *Analisis Application* para monitoramento.
- Utilização de um *software* de monitoramento para disponibilidade do uso do ATM *Analisis Application* no modo rede para aproveitar a capacidade de gerar tráfego vinculado a PVC específicos.
- Criar duas ELAN *Ethernet*, com PVC e parâmetros de reserva de banda distintos, segmentando a rede do laboratório e verificando além da funcionalidade dos serviços de garantia de recursos, a performance do *Switch* ATM 8285.

#### **4.4.1. Geração de Tráfego**

O Módulo ATM Analyser do DominoNAS permite que se criem conjuntos de células que serão utilizados pelo gerador de tráfego durante a realização dos experimentos com a rede. A seguir veremos (Figuras 4.17 a 4.22) como podemos configurar estas células e quais as possibilidades de tipos de geração de fluxos de células disponibilizados pelo software.



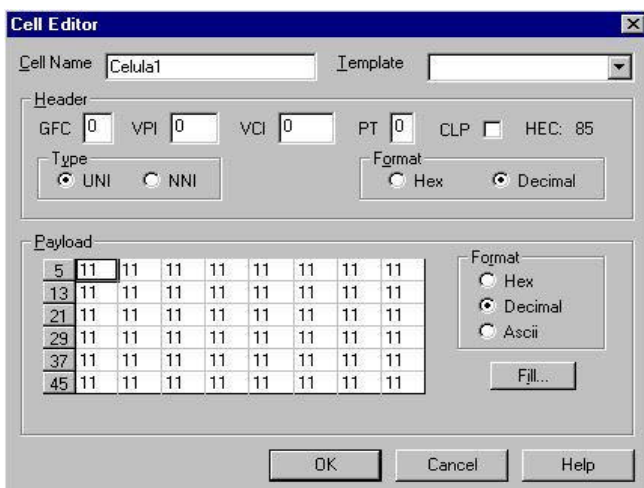
**Figura 4.17 - Tipo de perfil transmitido**



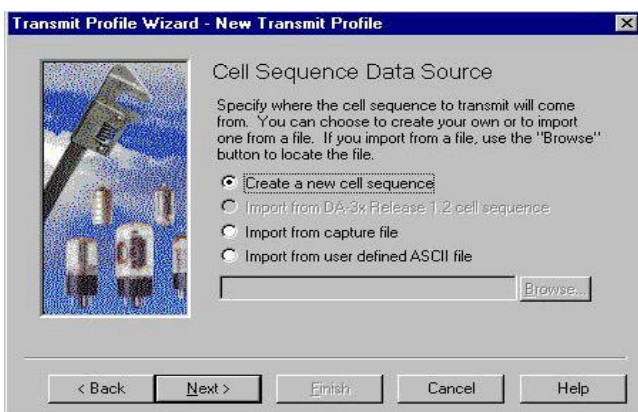
**Figura 4.18 - Sequência de células de dados de entrada**



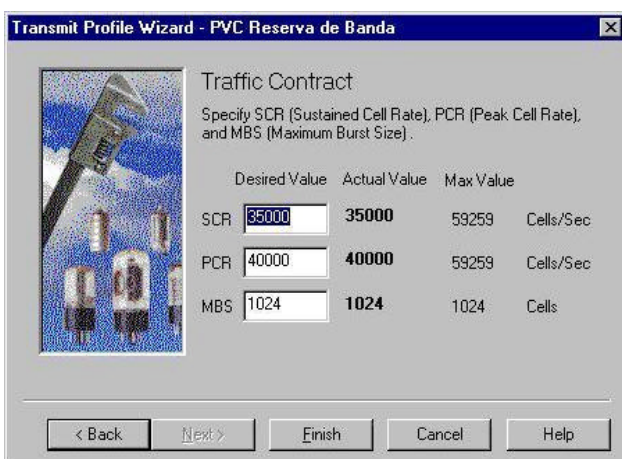
**Figura 4.19 - Sequência de células criadas**



**Figura 4.20 - Editor de células**



**Figura 4.21 - Características de Transmissão**



**Figura 4.22 - Contrato de tráfego**



Inicialmente definimos o tipo de tráfego que pretendemos gerar, Células ou Frames, na seqüência de se desejamos criar uma nova seqüência de dados ou utilizar algum arquivo já existente. O próximo passo é definir a seqüência de células que se quer utilizar na transmissão de tráfego na rede, neste ponto definimos as células que desejamos transmitir, o número de repetições de envio de cada célula e as células que vamos descartar. É possível alterar o conteúdo de qualquer das células ou mesmo incluir novas células através do Editor de Células. O Editor permite que se mude o conteúdo de dados de cada célula, bem como os dados do cabeçalho, permitindo a especificação de prioridade para a célula, o canal virtual e/ou caminho virtual que deve utilizar, permite a definição de células UNI e NNI, permitindo ainda a utilização de Templates pré-definidos, entre outras opções de configuração. Após definida a seqüência e conteúdo das células que serão transmitidas, deve-se definir as características da transmissão, número de vezes e modelo de tráfego, sendo que, no caso de se selecionar a opção de Contrato de Tráfego deverão ser estipulados os limites de PCR e SCR que definirão as condições da conexão. Todas estas opções foram utilizadas na realização das simulações de tráfego no ambiente de testes.

#### **4.5. Definição da Metodologia de testes**

Foi realizada a geração gradativa de tráfego buscando comprovar as taxas de transferência admitidas pelo *Switch* 8285.

Estes testes foram realizados com e sem controle de fluxo.

Foram definidas Conexões Virtuais Permanentes com reserva de banda, que serão testadas através da geração gradativa de tráfego até os limites estabelecidos e acompanhando a atuação dos protocolos de controle.

Foi gerado tráfego com especificações de QoS e será monitorado o comportamento dos componentes de rede no reconhecimento e tratamento do mesmo.

Após a realização de cada passo previsto foram gravados os dados monitorados e foram gerados gráficos de desempenho e comportamento dos componentes ATM no ambiente simulado.

Foi monitorado o backbone ATM da Itaipu Binacional para aferição do percentual de uso do mesmo, para análise da necessidade de implementação de controles de reserva de recurso ou QoS.

Foram propostas soluções e discutidos ambientes que atendam os problemas de gestão da infra-estrutura de rede das corporações, mais especificamente a liberação de serviços de forma segura e controlada sem prejuízo aos serviços em operação.

#### **4.6. Análise dos Resultados dos Testes**

Foram criados PVC baseados em canais virtuais, Ver Figura 4.23 - Status dos PVC no 8285, um com reserva de banda de 18 Mbps, PVC 10 VCI 94 e outro de melhor esforço PVC 20 VCI 95. Ambos estabelecidos entre as portas 1.09 e 1.10 do *Switch*. Isto permite que se estabeleça a concorrência entre os canais

por largura de banda entre as portas. O tipo de tráfego gerado é de fluxo contínuo, o que implica na total utilização da banda disponível.

```

ATM8285Lab> show pvc 1.09 10 all verbose
-----
PVC:Port 1.09 (id=10,Primary,RB) PTP-PVC VP/VC=0/94
-> Party:(id=0) VP/VC=0/44 STATUS:Active
    39.11.22.33.44.55.66.77.88.99.00.01.11.42.00.00.00.01.0A.00(port 1.10)
Reserved Bandwidth : fwd=18000, bwd=18000 kbit/s
Frame discard : No.
Last Active Date : 20:07:47 24 Sep 2001 (0 failures)
ATM8285Lab>
ATM8285Lab> show pvc 1.09 20 all verbose
-----
PVC:Port 1.09 (id=20,Primary,BE) PTP-PVC VP/VC=0/95
-> Party:(id=0) VP/VC=0/45 STATUS:Active
    39.11.22.33.44.55.66.77.88.99.00.01.11.42.00.00.00.01.0A.00(port 1.10)
Best Effort.
Frame discard : Yes.
Last Active Date : 20:08:42 24 Sep 2001 (0 failures)
ATM8285Lab>

```

**Figura 4.23 - Status dos PVC no 8285**

Foi gerado tráfego para definição da capacidade máxima de transferência de células, que ficou em torno de 59000 cel/s. Foi gerado tráfego para ambos os PVC o que resultou na total utilização da banda disponível, mas respeitando a largura de banda reservada para o PVC 10 (0:94) de 18 Mbps. Ver

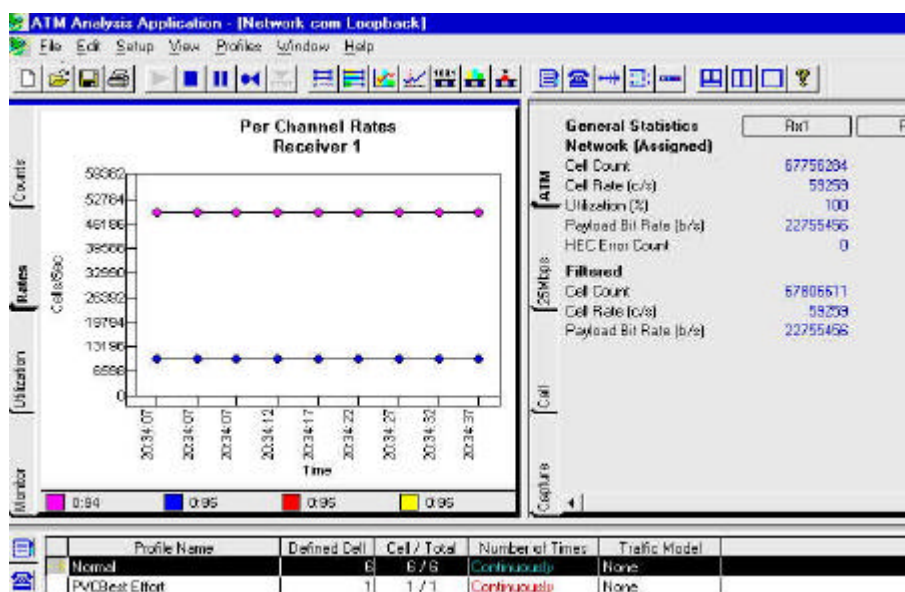


Figura 4.24 - Uso dos PVC 10 e 20 concorrente

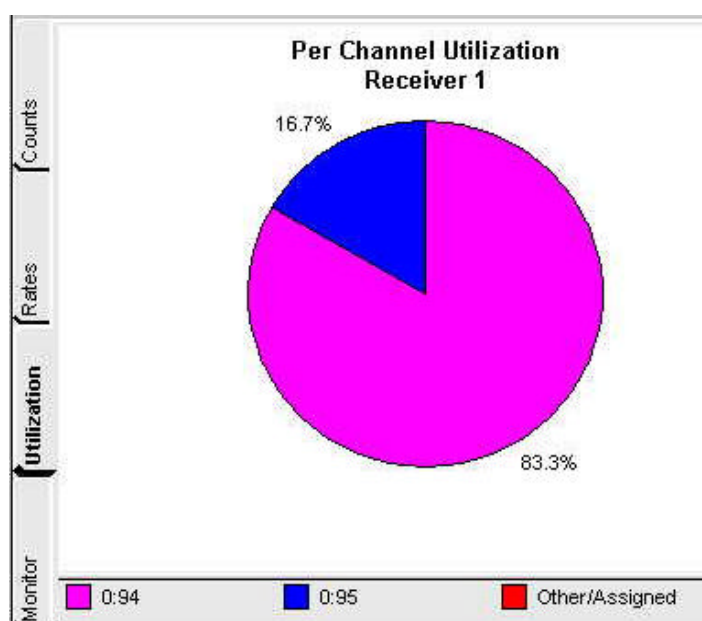


Figura 4.25 - Uso percentual do link dos PVC 10 e 20

A utilização do DominoNAS como gerador de tráfego permite que sejam criadas seqüências de células e que se direcione as mesmas para os caminhos e canais desejados. Permitindo ainda a utilização de células com padrões pré-definidos, a combinação de diversos tipos de células, a configuração de células com tratamento de CLP e transmissão das células de forma contínua, com intervalo entre as células e com definição de SCR, PCR e MBS. Uma característica importante detectada é a de que, caso não exista concorrência, os PVC criados buscam independentemente utilizar toda a banda disponível, ou seja, a reserva de banda é válida para a garantia de recursos no caso de falta do mesmo. Efetivamente a reserva de banda atua quando a concorrência por recurso for superior a taxa real de transferência do meio e a banda reservada estiver sendo totalmente requisitada. Complementarmente a reserva de recurso não significa exclusividade de uso e sim garantia de disponibilidade caso seja requisitado o recurso. Ver esta situação na Figura 4.26 – Tráfego PVC 10/VCI 94 e Figura 4.27 – Tráfego PVC 20/VCI 95:

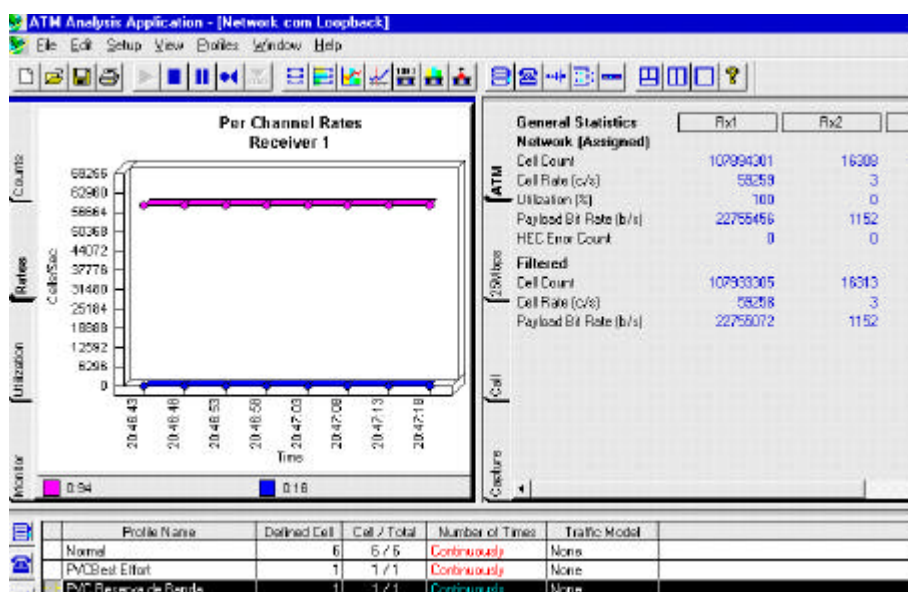


Figura 4.26 - Tráfego PVC 10/VCI 94

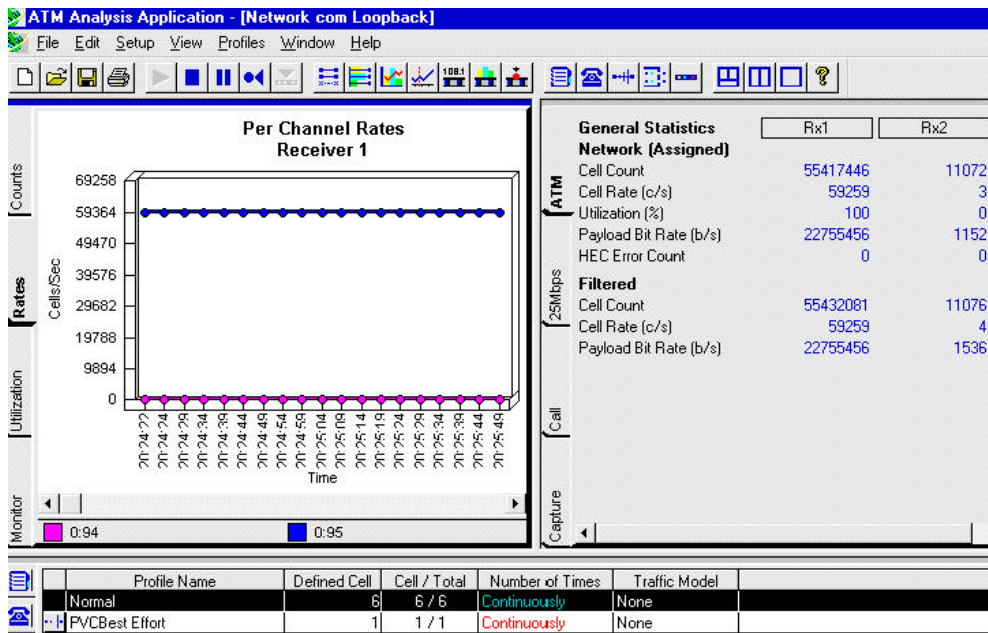


Figura 4.27 - PVC 20/VCI 95

Uma das características interessantes do DominoNAS, que permite uma avaliação mais apurada das funcionalidades e da potencialidade de gerenciamento do tráfego ATM é a transmissão de células com a definição de valores limites de SCR – *Sustainable Cell Rate* e PCR – *Peak Cell Rate*. Ao se aplicar o mesmo conjunto de testes anterior, só que com transmissão das células com definição de valores limites para contrato de tráfego, mais especificamente SCR valendo 35000 cel/s e PCR valendo 40000 cel/s, independentemente dos valores definidos para o PVC (Reserva de banda), os valores são interpretados pelo dispositivo e tratados adequadamente. Os resultados destes testes podem ser observados nas figuras a seguir, onde se demonstra o comportamento da rede com geração de tráfego com definição de PCR e SCR em ambos os PVC de forma concorrente, demonstrando que para aquele tráfego gerado, os limites respeitados são os do contrato de tráfego.

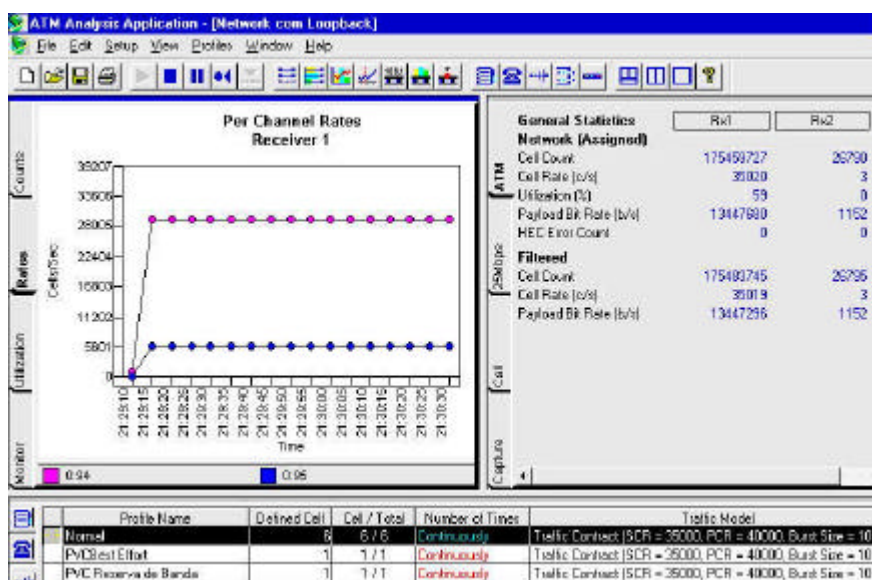


Figura 4.28 - PVC 10 e 20 com SCR/PCR

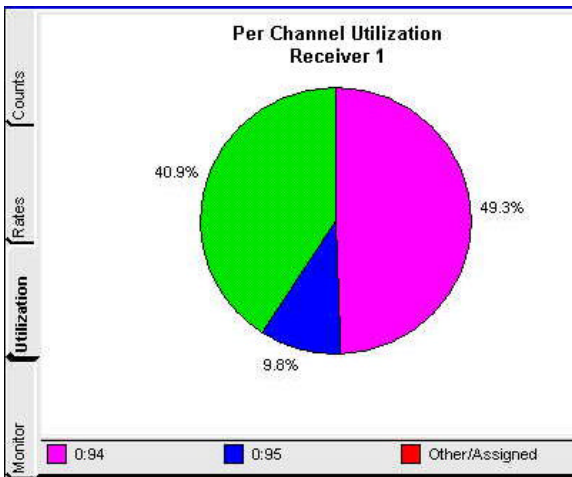


Figura 4.29 - PVC 10 e 20 com SCR/PCR Utilização percentual

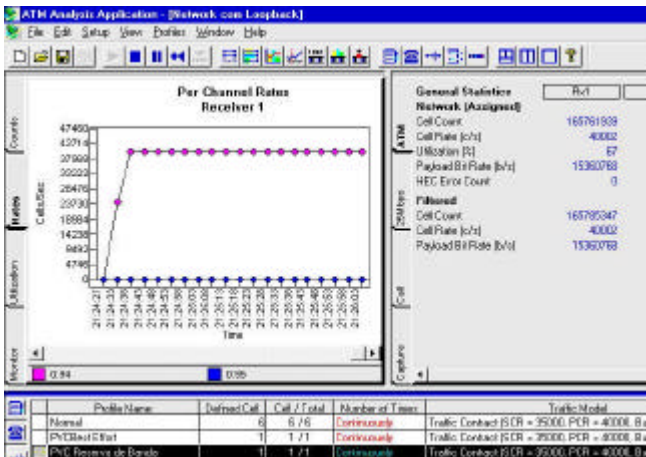


Figura 4.30 - PVC 10 c/SCR e PCR

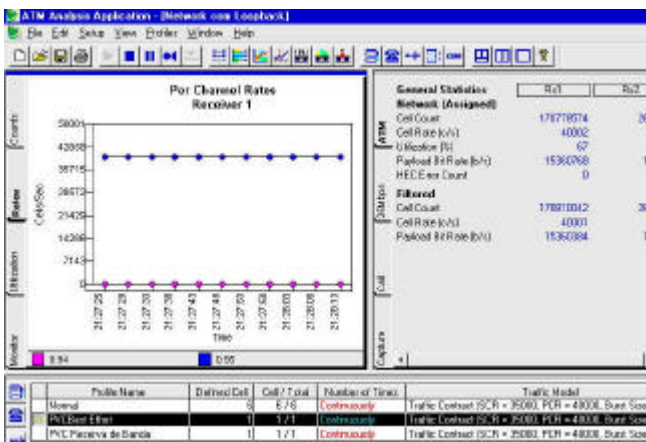


Figura 4.31 - PVC 20 c/SCR e PCR

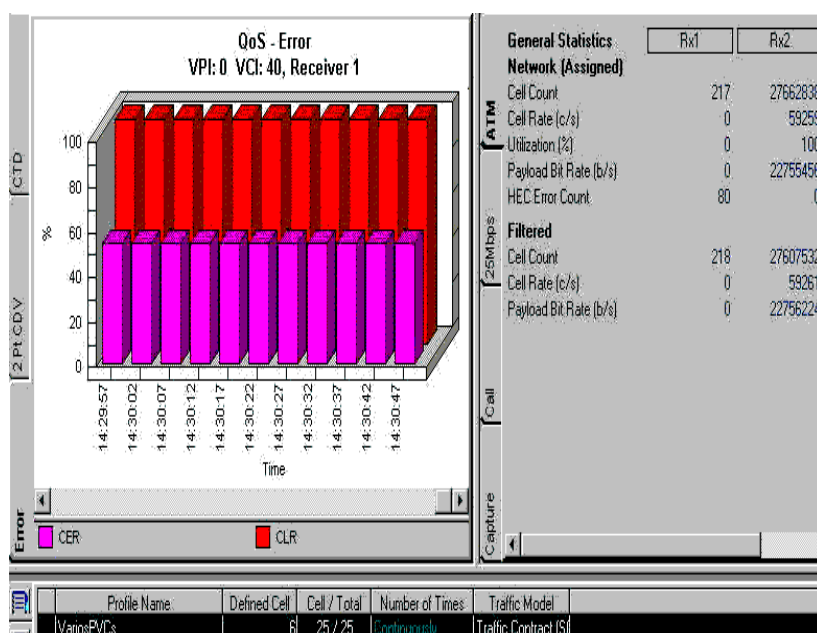


Observe nos gráficos das Figuras 4.30 e 4.31 que os limites de PCR não são extrapolados em nenhum dos experimentos e mesmo quando existe concorrência pela banda disponível os limites estipulados no contrato de tráfego são respeitados e sustentados. Também nestes testes, não havendo concorrência pela banda disponível, o PVC ativo busca ocupar toda a largura de banda que for necessária, neste caso a contratada através do estabelecimento de um PCR. Em contrapartida, no caso de concorrência, um percentual correspondente à reserva de recursos total solicitado (18 Mbps para o PVC 10/ VCI 95) é garantido dentro dos limites do PCR definido (40000 cel/s), ou seja, os 18 Mbps reservados correspondem a aproximadamente 72% da taxa de transferência total da conexão, desta forma, serão garantidos aproximadamente 72% do PCR (40000 cel/s) definido, para o PVC 10 aproximadamente 28800 cel/s. Desta forma se constata a eficácia do dispositivo em reconhecer e tratar o tráfego gerado com limites de contrato de utilização de banda.

Uma solução alternativa à criação de PVC com reserva de banda no *Switch* 8285 é a definição da reserva de banda na configuração da porta, esta situação se torna interessante, para configurações onde se necessite garantir largura de banda para um determinado serviço ou usuário, independente da utilização geral do *Switch* ou mesmo do conhecimento do tipo de utilização existente no meio. Ou seja, mesmo que toda a capacidade do *Switch* esteja sendo utilizada (212 Mbps), a reserva de banda configurada para a porta será garantida. Neste caso, a reserva feita será distribuída entre os SVC criados para aquela conexão. A reserva de banda não impede a criação de PVC adicionais com reserva de banda, desde que, se respeitem os limites máximos de reserva por porta (18 Mbps numa porta de 25

Mbps). Esta situação torna-se particularmente interessante quando se deseja garantir um serviço ou conexão em determinados limites de utilização independente do tipo de uso e demanda dos outros serviços que utilizam o meio.

Foi realizada a geração de tráfego com parâmetros de QoS, porém o equipamento utilizado no experimento não reconheceu as células geradas e provocou erro Ver Figura 4.32 – Tráfego QoS x 8285. Foi colocada a situação para o setor de Teleprocessamento que verificou a necessidade de atualização do microcódigo, para habilitação do uso de UNI 3.1/4.0 que reconhece e trata QoS e contrato de tráfego, mas infelizmente não foi possível realizar a atualização. Não havia uma nova versão do microcódigo disponível para download e não foram respondidos os questionamentos feitos ao pessoal de suporte técnico do fabricante.



**Figura 4.32 - Tráfego QoS x 8285**

## 4.7. Monitoramento da utilização do backbone da Itaipu

### Binacional

Apesar da preocupação dos gestores da rede com o percentual de uso da capacidade do backbone da rede da Itaipu Binacional, ficou constatado a partir do acompanhamento dos comutadores IBM 8265 que constituem o backbone, que a utilização do link é baixa, apresentando uma ocupação média 2,6% da banda e picos de até 44,6% da capacidade total do link, ver Figura 4.33 – Utilização do backbone da Itaipu – Diário e Figura 4.34 – Utilização do backbone da Itaipu - Semanal. Desta forma os possíveis gargalos se encontram no momento de distribuir o tráfego do backbone principal para os comutadores IBM 8285 e 8271 (utilizado nos testes) e para as sub-redes da entidade. Esta situação de baixa utilização do backbone pode ser evidenciada em trabalhos correlatos com redes similares a da que foi utilizada como referência como o de Avaliação de desempenho do serviço LANE sobre ATM realizado na Rede Metropolitana de Alta Velocidade de Florianópolis – RMAV – FLN ver (Melo et al, 2000).

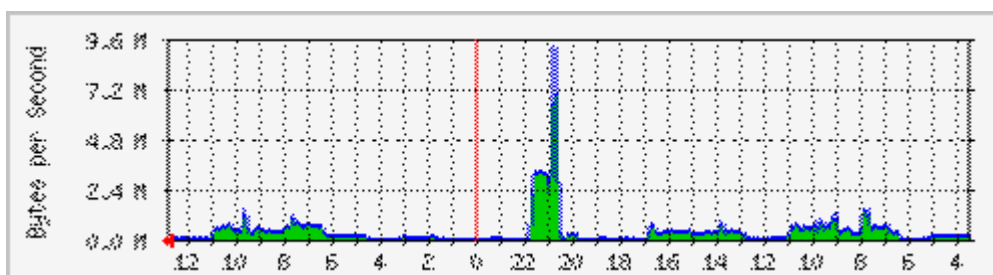
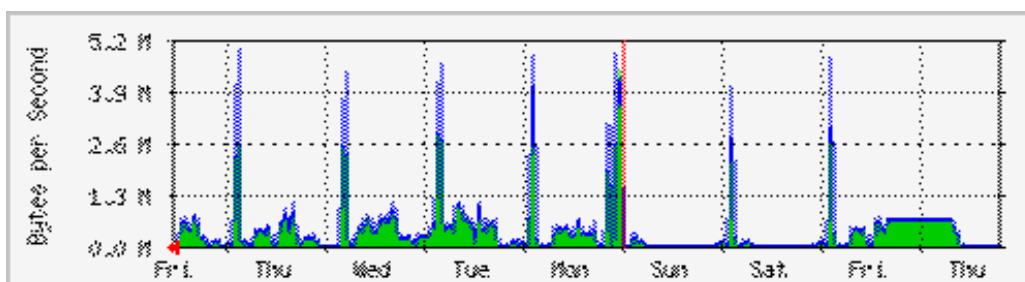


Figura 4.33 - Utilização do backbone da Itaipu - Diário



**Figura 4.34 - Utilização do backbone da Itaipu - Semanal**

Nas Figuras 4.33 e 4.34 a área preenchida com verde representa o tráfego de entrada e em azul o tráfego de saída. Ambos estão representados em bytes por segundo. O pico de utilização diário do link atingiu 9272,7 kB/s, que corresponde a 74181,6 Mb/s ou 47,9 % da capacidade da porta do comutador para o backbone. A média de utilização diária ficou em 439,5 kB/s correspondente a 3516 Mb/s ou 2,3% da capacidade do link. Valores que se reproduziram no gráfico semanal apesar de a periodicidade de leitura dos dados no gráfico diário ser de 5 minutos e no semanal de 30 minutos, o que pode provocar diferenças em relação ao pico de utilização do link. Em ambos os gráficos os picos de utilização foram atingidos quando da realização dos backups de Ciudad Del Este e da Margem Direita que são processadas em unidade de fita DLT de alta capacidade no CPD da Itaipu Binacional.

## 5. Conclusões Gerais

Foram comprovadas algumas das potencialidades do ATM na gestão dos recursos de rede, tais como, segmentação de banda e reserva de recursos, o que vem de encontro a uma demanda crescente nas corporações por qualidade e garantia de serviço. Aliás, qualidade de serviço está diretamente ligada à garantia e disponibilidade dos recursos solicitados por um usuário ou serviço. Isto pode ser verificado na análise dos dados da Figura 1.1 - Fatores importantes para usuários de telecomunicações. Com a disseminação das soluções da Internet nas redes internas das corporações estas necessidades e expectativas também estão sendo portadas, o que se traduz num impacto significativo para os gerentes de rede no que diz respeito à garantia do ambiente de produção dentro de limites adequados. Com as redes não orientadas à conexão ou sem utilizar as potencialidades das redes orientadas à conexão, é impossível se liberar um serviço de videoconferência ou vídeo sob demanda com garantia de que estes não causarão impactos no ambiente em produção. Estas situações têm pressionado cada vez mais os profissionais de TI na busca e implementação de soluções que lhes permitam algum tipo de inferência sobre a gestão dos meios de transmissão nas redes corporativas. Mais especificamente é discutida a necessidade de garantir alguns serviços corporativos contra a possibilidade deste tipo de impacto negativo na performance da solução. De imediato pode ser utilizada a configuração de reserva de banda tanto através da criação de PVC como na configuração das portas dos comutadores para garantir a disponibilidade pretendida para o recurso, independente da utilização do meio. Um exemplo forte são os servidores de correio

Notes conectados diretamente aos comutadores IBM 8265 que formam uma das pernas no tripé que constitui o backbone da Itaipu que neste caso serviu como exemplo para a hipótese levantada, situados no CPD da entidade e no Edifício de Produção. Estes servidores fazem parte de um *cluster* Notes de contingência. Como o cluster é estabelecido entre placas adaptadoras adicionais conectadas diretamente ao comutador, pode-se fazer a reserva de banda diretamente na porta do comutador de forma a garantir o serviço de replicação dos dados independentemente do percentual de utilização do link, garantindo desempenho e confiabilidade. Isto pode ser feito também para qualquer outro dispositivo final ATM. Administrando-se adequadamente as reservas de banda entre as portas pode-se priorizar o uso do meio, minimizando a possibilidade de degradação do desempenho de soluções específicas ou prioritárias. Esta solução pode ser transportada para os comutadores IBM 8285 e 8271, que estabelecem uma segmentação física do ambiente de infra-estrutura de redes da entidade. Atualmente os comutadores IBM 8285, estão conectados aos comutadores IBM 8265 através de portas ATM de 155 Mbps e ligados aos IBM 8285 estão os comutadores IBM 8271 através de portas ATM de 155 Mbps. Se desejarmos garantir um valor de banda fixo disponível para um grupo de dispositivos finais (estações conectadas um comutador IBM 8271), para um workgroup (comutador IBM 8285) ou para uma conexão ao backbone principal (servidores ou comutadores IBM 8285 conectados ao comutador IBM 8265), basta configurarmos a reserva de banda na porta de conexão que atende ao comutador ou dispositivo final correspondente. Uma configuração que traz os mesmos resultados é a criação de PVC entre conjuntos de portas específicas com reserva de banda.

Neste caso se prefere garantir uma faixa da capacidade do link para as conexões utilizadas por estes serviços e os demais concorrem pelo restante da capacidade de banda. Na medida que se incluírem novos serviços os mesmos deverão ser avaliados e tomadas medidas relativas ao controle de acesso e utilização da rede.

As instalações de redes ATM nas corporações aproveitam somente a velocidade da tecnologia e esquecem de utilizar as demais capacidades da tecnologia, que inicialmente foram um dos pontos fortes para a aquisição do ATM. Por força desta situação, muitas vezes criadas pelo desinteresse ou desconhecimento dos próprios fornecedores ou responsáveis pelas instalações, os critérios para aquisição e contratação de soluções tem sido cada vez mais criteriosos quanto às funcionalidades, compatibilidade e integração dos componentes de conectividade e aplicações. Soluções que suportem MPOA, suportem diversos parâmetros de negociação de QoS, que possibilitem a implementação de protocolos NHRP e suporte a protocolos de negociação de contratos de serviços, muito mais que preocupações, passaram a ser requisitos integrados aos cadernos de licitação das entidades.

Dando continuidade à proposta do trabalho, foi apresentada uma metodologia de implantação de novas soluções tecnológicas que permitam uma assimilação gradativa das mesmas sem causar impactos no ambiente de produção. O que vem de encontro ao atual estágio de desenvolvimento da tecnologia de TI da entidade e permite a execução de testes pilotos de forma controlada e padronizada.

No ambiente da empresa, os aspectos mais difíceis de serem manipulados neste momento, devido principalmente as limitações de alguns equipamentos e aplicações é o controle de QoS. Os comutadores utilizados no experimento

apresentaram problemas no reconhecimento de tráfego com diferentes classes de QoS gerados pelo módulo DominaNAS ATM Analysis. O Suporte técnico do fabricante não retornou nenhum posicionamento positivo em relação à solução ou constatação do problema até a escrita deste texto. Neste aspecto nos parece fundamental que sejam disponibilizados por fornecedores de soluções interfaces baseadas em padrões abertos que permitam às aplicações a negociação do contrato de tráfego desejado. De qualquer forma discussões e trabalhos de avaliação do ambiente e das necessidades de adequação a médio e longo prazo, têm considerado estas alternativas, principalmente, no ambiente Internet.

Como complemento deste trabalho buscou-se identificar e discutir soluções que minimizassem os problemas de comunicação em redes ATM e mais particularmente das redes WAN que tem diversas sub-redes conectadas. Devido a rede em estudo ser inicialmente totalmente roteada existe ainda uma série de sub-redes IP lógicas que atendiam as sub-redes existentes inicialmente e que implicam na resolução de diversos segmentos de endereços IP desnecessários. Neste sentido foi sugerida a eliminação das sub-redes IP lógicas classe C e a sua substituição por um segmento IP classe B, o que eliminou a necessidade de resolução de diversos segmentos de endereços IP, que por conseguinte, minimizou o tráfego de controle e o trabalho dos comutadores na resolução de endereços, atividades que causam perdas devido aos atrasos gerados pela necessidade de processamento adicional.

Uma outra solução proposta, que está sendo implementada, visa a diminuição do tráfego entre os segmentos a partir da centralização dos servidores no CPD da entidade e diminuição do número dos mesmos, o que elimina consideravelmente a



necessidade de troca de informações de segurança, estabelecimento e controle de conexões e resolução de endereços através da rede.

Adicionalmente, uma solução que tem crescido a partir da constatação da dificuldade em se medir o impacto da disponibilização de novos serviços na rede é a utilização de serviços de terminal, que centralizam os processamentos nos servidores, transmitindo para as estações usuárias somente o produto resultante do uso do aplicativo, minimizando drasticamente o uso dos recursos de rede.

Todo o conhecimento adquirido sobre este vasto conjunto de tecnologias foi apresentado aos profissionais da Itaipu Binacional e colaboradores que estão envolvidos com a infra-estrutura de redes, o que tem permitido uma crescente interação com a área de redes da entidade, e tem fomentado diversas idéias e questionamentos que tem originado novos projetos, que por sua vez tem permitido uma contínua especialização dos profissionais e aprimoramento do ambiente de TI.

### **5.1. Problemas encontrados**

A disponibilidade de recursos para a realização dos laboratórios certamente foi um dos principais problemas encontrados para a implementação deste projeto. A impossibilidade de se disponibilizar recursos que representassem de forma fiel a infra-estrutura de redes pretendidas; e num segundo plano, a inexistência de componentes MPOA para os dispositivos de rede utilizados no laboratório e o não reconhecimento de tráfego com especificação de QoS pelos dispositivos de rede utilizados. Logicamente, os planos para os laboratórios ficaram prejudicados, bem como os cronogramas de tempo para a sua realização. Adicionou-se a estas, a falta de material bibliográfico atualizado no Brasil e a

necessidade de se importar livros com custos relativamente altos. Conseguiu-se algum material graças a participação da Itaipu Binacional, mais especificamente do Departamento de Teleprocessamento - SITT.GG que adquiriu um conjunto de livros que serviram como referencial para este estudo. Mesmo assim o recebimento efetivo dos livros sofreu grande atraso, foram pedidos em novembro/2000 e o primeiro só chegou em maio/2001, o segundo e terceiro em agosto/2001, e o quarto, até a data da escrita deste texto ainda não havia chegado. Outra dificuldade foi à falta de suporte técnico qualificado para a configuração dos equipamentos de conexão de rede e mesmo respostas para as dúvidas colocadas.

## **6. Trabalhos Futuros**

Diversos trabalhos podem ser desenvolvidos como continuidade deste projeto. Estudos que conceituem e desenvolvam testes com redes MPOA, que comparem MPOA e MPLS, que desenvolvam aplicações que façam uso dos recursos de QoS, possibilitando a administração das necessidades de recursos pelos próprios usuários, ou mesmo criando bibliotecas que possam ser referenciadas por aplicações para solicitar e gerenciar QoS e reserva de recursos. Outros trabalhos poderiam ser desenvolvidos na análise de desempenho de protocolos de próximo salto (NHRP) e os protocolos de reserva de recurso (RSVP), que podem ser avaliados quanto a sua eficácia, estrutura e métodos de implementação.

## 7. Referências Bibliográficas

Chiong, John A., 'Internetworking ATM for the Internet and Enterprise Networks', McGraw-Hill, 1997.

Naufal, Jamil Kalil Jr., 'Princípios Básicos para interconexão entre os protocolos IP e ATM', RTI-MAR/ABR, 2000.

Vilella, Bernardo Antunes Maciel, 'IP Over ATM', UFRJ, 1998.

Laubach, Mark, 'RFC1577 – Classical IP and ARP over ATM', Hewlet-Packard Labs-January, 1994.

Mello, Juliano de, 'Redes ATM', Dissertação de Mestrado, Novembro, 1999.

Jain, Raj, 'MPOA Multiprotocol Over ATM', The Ohio State University, 2000.

Soares, Luiz Fernando Gomes Soares; Lemos, Guido; Colcher, Sérgio, 'Das LANs, MANs e WANs às Redes ATM', Editora Campus-1997.

Tanenbaum, Andrew S., 'Redes de Computadores', Editora Campus-1996.

Schmidt, Andrew G.; Minoli, Daniel, 'Multiprotocol over ATM Building State of the Art ATM Intranets', Manning – 1997.

McDysan, David; 'QoS & Traffic Management in IP & ATM Networks', McGraw-Hill – 2000.

Lew, H. Kim; McCoy, Spank; Stevenson, Tim; Wallace, Kathleen; Downes, Kevin, 'Internetworking Troubleshooting Handbook', Cisco Press – 1999.

The ATM Forum Technical Committee, 'Multiprotocol Over ATM. AF-MPOA-0114.000, Version 1.1.', Maio, 1999.

Giroux, Natalie; Ganti, Sudhakar, 'Quality of Service in ATM networks', Prentice Hall PTR – 1999.

The ATM Forum Technical Committee, 'ATM Forum Traffic Mangement Specification. AF-TM-0056.000, Version 4.0', Abril - 1996,

Lewis, C., 'QoS: Creating Inequality In An Equal World', Networking Computing

On Line, <http://techweb.cmp.com/nc/809/809wshtml>, Maio - 1996.

The ATM Forum Technical Committee, 'ATM Service Categories: The Benefits to the User', Fevereiro – 1997.

IBM ATM Workgroup Solutions. International Technical Support Organization – IBM – 1996.

Heinanen, Juha, 'RFC1483 – Multiprotocol Encapsulation over ATM Adaptation Layer 5', Telecom Finland, Julho – 1993.

Melo, Edílson; Sari, Solange; Siqueira, Walter, 'Avaliação de desempenho do serviço LANE sobre ATM', NewsGeneration - RNP, <http://www.rnp.br/newsgen/0007/art3.shtml>, Volume 4, No 4, 28 de Julho - 2000.