

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

OUTROS TRABALHOS EM:  
[www.projetoderedes.com.br](http://www.projetoderedes.com.br)

TECNOLOGIAS DE COMUNICAÇÃO DE DADOS EM ALTAS  
VELOCIDADES SOBRE PLATAFORMAS MMDS

FLÁVIO A. T. IRYODA

ORIENTADORES:  
HUMBERTO ABDALLA JR  
LÚCIO MARTINS DA SILVA  
JEFFERSON J. WANDERLEY

PROJETO FINAL DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE  
REDES DE COMUNICAÇÃO

PUBLICAÇÃO:

BRASÍLIA / DF: SETEMBRO / 2002

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

TECNOLOGIAS DE COMUNICAÇÃO DE DADOS EM ALTAS  
VELOCIDADES SOBRE PLATAFORMAS MMDS

FLÁVIO AUGUSTO TUTIDA IRYODA

PROJETO FINAL DE GRADUAÇÃO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA DA FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO

APROVADA POR:

DATA: BRASÍLIA / DF: 9 DE SETEMBRO DE 2002.

## FICHA CATALOGRÁFICA

IRYODA, FLÁVIO A. T.

Tecnologias de Comunicação de Dados em Altas Velocidades sobre Plataformas MMDS [Distrito Federal] 2002

(xv), (149)p., 297 mm (ENE/FT/UnB, Engenheiro, Engenharia Elétrica, 2002).

Projeto Final de Graduação – Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia.  
Departamento de Engenharia Elétrica.

1. Telecomunicações 2. Redes de Comunicação de Dados  
3. Cable Modem

I. ENE/FT/UnB. II. Título (Série)

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

IRYODA, Flávio A. T. (2002). Tecnologias de Comunicação de Dados em Altas Velocidades sobre Plataformas MMDS. (Projeto Final de Graduação), Publicação XXX/2002, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília , Brasília , DF, (149)p.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Flávio Augusto Tutida Iryoda

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Tecnologias de Comunicação de Dados em Altas Velocidades sobre Plataformas MMDS

GRAU/ANO: Engenheiro/2002.

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias deste Projeto Final de Graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

*"O Brasil é uma República Federativa cheia de árvores e gente dizendo adeus"*

*Carlos Drummond de Andrade*

*Aos meus pais Augusto e Helena,  
e aos meus irmãos Maurício e Natália.*

## AGRADECIMENTOS

Aos meus orientadores Abdalla, Lúcio e Jefferson pela confiança, dedicação, profissionalismo e acima de tudo paciência com o orientando.

Ao departamento de engenharia da ITSA Telecomunicações: Leandro Assunção, Gláucia, Cláudio Navarro, Marcelo Amaral, Francisco de Assis, Elaine, Renildo e Aires.

Ao centro de operações de rede (NOC) da LinkExpress: Alexandre Chaves, Alessandro Machado, Anderson Clei e Felipe.

Ao Estúdio MaisTV: André Gustavo, Franklin, Ricardo, Adélcio, Anderson e Flávio.

Aos companheiros do Núcleo de Multimídia e Internet (NMI) da UnB: Melina Zaban, Ivan Ney, Eduardo Pastor, Flávio Lima, Marcos Assis, Carlos Evangelista, Paulo Ovídio, Flávio Elias e Alessandra Saraiva.

Às meninas da Scouting: Alê, Marina, Maritza, Neuma, Vica e Vivi.

Aos profissionais da Divisão de Comunicação de Dados da Tele Centro Oeste Celular: Darlihanny, Ely, Gilberto e Gustavo, pelo apoio no fim do curso.

Ao pessoal do LabCom, pela ajuda na apresentação: Georges, Leonardo, Priscila e Roque.

Aos meus amigos e a todos que puderam comparecer à minha apresentação: Ayla Regilio, César Borgatto, Gustavo Nunes, Júnior Maranhão, Lucas Salviano, Márcio Madruga, Mulambo (Fábio Arruda), Piuí (Adriano Amaral), Rachid (Marcelo Mariano), Robert (Roberto Ramos), Rogério Meireles, Sandro Damasceno, Téó (Guilherme Afonso), Tião (Tiago Melo) e Vlad (Vladimir Daigele).

A todos que puderam comparecer à minha defesa (obrigado por lotarem a sala!).

## RESUMO

Os sistemas de TV por assinatura, projetados originalmente para a distribuição de sinais de áudio e vídeo têm passado por uma evolução no sentido de encontrar modelos para a convergência de dados e na entrega de novos serviços multimídia. A demanda dos consumidores tem norteado projetistas de redes para a combinação de voz, vídeo e dados numa única infra-estrutura bidirecional. Nos últimos anos, a especificação da interface do sistema de dados sobre cabo (DOCSIS) tornou-se o padrão para redes de TV por assinatura a cabo e demonstrou-se viável em ambientes MMDS. Alguns desafios ainda são encontrados na direção do assinante para a rede (upstream) como a reduzida capacidade de tráfego de dados e a grande quantidade de ruído e interferência.

Este projeto tem por objetivo analisar as novas tecnologias disponíveis no mercado do equipamento central que reside nas instalações da operadora, o CMTS. Cada fabricante inclui características próprias para agregar diferenciação no mercado, mesmo seguindo normas estabelecidas do padrão DOCSIS. Este também é abordado, através de alguns dos principais aspectos, como as características elétricas dos sinais e o processo de registro do equipamento dos assinantes no CMTS. Tal equipamento, o Cable Modem, foi objeto de estudo, onde simples testes laboratoriais tanto de RF quanto de rede foram criados para verificar o correto funcionamento destes, a partir de diversas configurações.

## ABSTRACT

The PayTV systems, designed originally to distribute video signals to homes, has been evolving to better meet new models for network convergence and the delivery of multimedia services. Consumer demand has driven network designers to combine voice, video, and data over a single bidirectional infrastructure. In the last few years the Data Over Cable System Interface Specification (DOCSIS) has taken as a standard for cable networks, but has proven its viability in wireless systems. Some challenges are still encountered in the upstream direction (from the user to the cable network) like the reduced data traffic capacity and large amounts of noise and interference.

Each equipment maker introduces his own characteristics aiming differentiating his product on the market, despite following established rules under DOCSIS standard. This is also analyzed, through some of the main aspects, such as the electric characteristics of signals and the registration process of the subscriber equipment to the CMTS. Such equipment, the Cable Modem, is studied; simple lab tests not only on RF but also on the network were created to verify the proper working of them, departing from several configurations.



# SUMÁRIO

<b>1. CONCEITOS BÁSICOS</b>	<b>1</b>
<b>1.1 HISTÓRICO</b>	<b>1</b>
<b>1.2 A COMPOSIÇÃO DO SISTEMA</b>	<b>2</b>
1.2.1 SINAIS DE VÍDEO	2
1.2.2 COMUNICAÇÃO DE DADOS	4
<b>2. DOCSIS</b>	<b>7</b>
<b>2.1 INTRODUÇÃO</b>	<b>7</b>
<b>2.2 PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO</b>	<b>9</b>
2.2.1 CAMADA DE REDE	9
2.2.2 CAMADA DE ENLACE	10
2.2.3 CAMADA FÍSICA	11
2.2.4 ACIMA DA CAMADA DE REDE	13
<b>3. CMTS 3COM TOTAL CONTROL 1000</b>	<b>17</b>
<b>3.1 INTRODUÇÃO</b>	<b>17</b>
<b>3.2 CARACTERÍSTICAS GERAIS</b>	<b>17</b>
3.2.1 NACs e NICs	18
3.2.2 MIDPLANE	18
3.2.3 UNIDADES DE FONTE DE ALIMENTAÇÃO	20
<b>3.3 CABLE ACCESS ROUTER (CAR)</b>	<b>23</b>
<b>3.4 CABLE ACCESS ROUTER NIC</b>	<b>24</b>
<b>3.5 MODULADOR QAM</b>	<b>25</b>
<b>3.6 UPSTREAM RECEIVER CARD (URC)</b>	<b>26</b>
<b>3.7 GERENCIAMENTO DA REDE (NMC)</b>	<b>27</b>
<b>3.8 FLUXO DE DADOS NA REDE DE CABLE MODEMS BIDIRECIONAL</b>	<b>29</b>
3.8.1 FLUXO DE DADOS NO UPSTREAM	30
3.8.2 FLUXO DE DADOS NO DOWNSTREAM	32
<b>4. CABLE MODEM E SEU PROCESSO DE REGISTRO</b>	<b>34</b>

<b>4.1</b>	<b>PROCESSO DE INICIALIZAÇÃO DO CM</b>	<b>34</b>
<b>4.2</b>	<b>VARREDURA E SINCRONISMO NO CANAL DE DOWNSTREAM</b>	<b>36</b>
<b>4.3</b>	<b>OBTENÇÃO DE PARÂMETROS DO CANAL DE UPSTREAM</b>	<b>36</b>
<b>4.4</b>	<b>RANGING E AJUSTES AUTOMÁTICOS</b>	<b>39</b>
<b>4.5</b>	<b>ESTABELECIMENTO DE CONECTIVIDADE IP</b>	<b>41</b>
<b>4.6</b>	<b>ESTABELECIMENTO DE TOD</b>	<b>43</b>
<b>4.7</b>	<b>TRANSFERÊNCIA DE PARÂMETROS OPERACIONAIS</b>	<b>44</b>
<b>4.8</b>	<b>REGISTRO NO CMTS</b>	<b>45</b>
<b>4.9</b>	<b>OBTENÇÃO DE PARÂMETROS PARA BASELINE PRIVACY</b>	<b>46</b>

---

<b>5. METODOLOGIA PARA ESCOLHA DE NOVAS PLATAFORMAS</b>	<b>47</b>
---	-----------

---

<b>5.1</b>	<b>PREMISSAS</b>	<b>47</b>
<b>5.2</b>	<b>ANÁLISE DAS PLATAFORMAS: METODOLOGIA</b>	<b>48</b>
<b>5.3</b>	<b>EQUIPAMENTO CENTRAL</b>	<b>54</b>
5.3.1	ESCALABILIDADE	54
5.3.2	MODULARIDADE	56
5.3.3	TOLERÂNCIA À FALHAS	57
5.3.4	ADAPTABILIDADE A AMBIENTES RUIDOSOS	58
5.3.5	ADMINISTRAÇÃO DE ACESSO	59
<b>5.4</b>	<b>GERÊNCIA E CONTROLE</b>	<b>60</b>
5.4.1	CONFIGURAÇÃO DE CLASSES DE SERVIÇO	60
5.4.2	CONFIGURAÇÃO DE QUALIDADE DE SERVIÇO	60
5.4.3	CONTROLE DE USO DE BANDA POR USUÁRIO E DO SISTEMA COMPLETO	61
5.4.4	CONTROLE DE ACESSO	61
5.4.5	“OPEN ACCESS”	62
5.4.6	PROVISIONAMENTO	62
5.4.7	FERRAMENTAS DE GERÊNCIA: NOC	62
5.4.8	FERRAMENTAS DE GERÊNCIA: SUPORTE A CLIENTES	63
<b>5.5</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>63</b>

---

<b>6. TESTES LABORATORIAIS DE CABLE MODEMS</b>	<b>75</b>
--	-----------

---

<b>6.1</b>	<b>ANÁLISE PRELIMINAR</b>	<b>79</b>
6.1.1	CONTEÚDO DO PACOTE	79
6.1.2	ASPECTOS FÍSICOS	79
<b>6.2</b>	<b>TESTES DE RF</b>	<b>80</b>

6.2.1	MONTAGEM BÁSICA	80
6.2.2	O PERCURSO DO SINAL DE DOWNSTREAM	82
6.2.3	DOWNSTREAM: NÍVEL DE REFERENCIA (+5 dBmV)	82
6.2.4	DOWNSTREAM: LIMITE INFERIOR (-15 dBmV)	84
6.2.5	DOWNSTREAM: LIMITE SUPERIOR (+15 dBmV)	86
6.2.6	O PERCURSO DO SINAL DE UPSTREAM	87
6.2.7	UPSTREAM: LIMITE SUPERIOR (+58 dBmV)	89
6.2.8	UPSTREAM: LIMITE INFERIOR (+8 dBmV)	91
<b>6.3</b>	<b>TESTES DE REDE</b>	<b>93</b>
6.3.1	METODOLOGIA	93
6.3.2	DOWNSTREAM A 256 Kbps	94
6.3.3	DOWNSTREAM A 768 Kbps	98
6.3.4	DOWNSTREAM SEM LIMITAÇÃO DE VELOCIDADE	101
6.3.5	UPSTREAM A 768 Kbps	104
6.3.6	UPSTREAM SEM LIMITAÇÃO DE TAXA	106
6.3.7	GERENCIAMENTO PELA INTERFACE 3COM CABLE MANAGEMENT SYSTEM	107
<b>6.4</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>112</b>
<b>7.</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>115</b>

---

I. ANEXO 117

II. GLOSSÁRIO 135

III. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 145

# ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1-1: Sistema genérico de TV por assinatura</i>	3
<i>Figura 1-2: Instalações do headend ITSA/MaisTV de Brasília</i>	3
<i>Figura 1-3: Instalações do headend ITSA/MaisTV de Brasília (monitoramento)</i>	4
<i>Figura 1-4: CMTS 3Com utilizado pela ITSA/LinkExpress de Brasília. Abaixo o CMTS operacional e acima o de troca em caso de falha ("spare")</i>	5
<i>Figura 1-5: Sistema de entrega do serviço de TV por assinatura e de comunicação de dados</i>	6
<i>Figura 2-1: Tráfego IP transparente através de um sistema de dados sobre cabo</i>	8
<i>Figura 2-2: Pilha de protocolos</i>	9
<i>Figura 2-3: Exemplo de uma arquitetura de uma rede MMDS para o downstream</i>	15
<i>Figura 2-4: Upstream setorizado e com reuso de frequência</i>	16
<i>Figura 3-1: Visão frontal da plataforma 3Com Total Control 1000</i>	18
<i>Figura 3-2: À esquerda o midplane com visão frontal e à direita, por trás</i>	19
<i>Figura 3-3: Localização da PSU no chassi</i>	21
<i>Figura 3-4: Cartão PSU</i>	21
<i>Figura 3-5: Localização da PSI no chassi</i>	22
<i>Figura 3-6: Cartão PSI</i>	22
<i>Figura 3-7: Roteador CAR</i>	24
<i>Figura 3-8: Interface do roteador CAR</i>	25
<i>Figura 3-9: Modulador QAM</i>	26
<i>Figura 3-10: Placas URC</i>	27
<i>Figura 3-11: Localização da placa HiPer NMC (NAC)</i>	28
<i>Figura 3-12: 10/100 Ethernet Aux I/O (NIC)</i>	29
<i>Figura 3-13: Fluxo de dados no upstream</i>	31
<i>Figura 3-14: Fluxo de dados no downstream</i>	33
<i>Figura 4-1: É mostrado um simples fluxograma do processo de inicialização do CM, sem caminhos de erros</i>	35
<i>Figura 4-2: Fluxo de mensagens durante a obtenção de parâmetros do canal de upstream</i>	38
<i>Figura 4-3: Fluxo de mensagens durante o ranging e ajustes automáticos</i>	40
<i>Figura 4-4: Fluxo de mensagens durante o estabelecimento de conectividade IP</i>	42
<i>Figura 4-5: Uma das implementações de um servidor DHCP</i>	43
<i>Figura 4-6: Fluxo de mensagens durante estabelecimento do tempo do dia</i>	44
<i>Figura 4-7: Uma das implementações de um servidor TFTP</i>	45
<i>Figura 5-1: ADC Cuda 12000</i>	49
<i>Figura 5-2: Arris Interactive Cornerstone CMTS 1500</i>	49
<i>Figura 5-3: Cadant C4</i>	49
<i>Figura 5-4: Cisco uBR7246VXR</i>	50
<i>Figura 5-5: Coresma Quarterback</i>	50

<i>Figura 5-6: Motorola CAS2000.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 5-7: Motorola BSR1000.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 5-8: Motorola BSR64000.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 5-9: Scientific Atlanta Prisma G10.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 5-10: Terayon BE 2000.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 5-11: Terayon BE 2800.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 5-12: Terayon BW 3500.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 5-13: Terayon BW 3200.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 5-14: Vyvo V3000.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 5-15: Downstream para o cenário 1.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 5-16: Upstream para o cenário 1.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 5-17: Downstream para o cenário 2.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 5-18: Upstream para o cenário 2.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 5-19: Downstream para o cenário 3.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 5-20: Upstream para o cenário 3.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 5-21: Upstream para o cenário 3, com detalhes da associação dos canais de downstream com os de upstream e o reuso de frequência.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 5-22: Comparação econômica com as tecnologias finalistas da escolha.....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 6-1: Cable modem Arris Interactive Cornerstone CM 200.....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 6-2: Cable modem RCA DCM 235.....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 6-3: Cable modem Scientific Atlanta WebSTAR DPX 110.....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 6-4: Cable modem Trellis CABTV2.....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 6-5: Cable modem Zoom 5041.....</i>	<i>78</i>
<i>Figura 6-6: Cable modem ZyXEL Prestige 941.....</i>	<i>78</i>
<i>Figura 6-7: Montagem geral para os testes de RF.....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 6-8: Foto da implementação da montagem dos testes laboratoriais.....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 6-9: Detalhe traseiro da implementação.....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 6-10: Ilustração da montagem para testes de downstream.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 6-11: Montagem dos testes de upstream, para alcançar o limite superior.....</i>	<i>88</i>
<i>Figura 6-12: Montagem dos testes de upstream, para alcançar o limite inferior.....</i>	<i>88</i>
<i>Figura 6-13: Teste de CRC.....</i>	<i>94</i>
<i>Figura 6-14: Arquivo de 256 kbps do cable modem Arris Interactive Cornerstone CM 200, verificado através de SNMP.....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 6-15: Arquivo de 256 kbps do cable modem RCA DCM 235, verificado através de SNMP.....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 6-16: Arquivo de 256 kbps do cable modem Scientific Atlanta WebSTAR DPX 110, verificado através de SNMP.....</i>	<i>96</i>
<i>Figura 6-17: Arquivo de 256 kbps do cable modem Trellis CABTV2, verificado através de SNMP.....</i>	<i>96</i>
<i>Figura 6-18: Arquivo de 256 kbps do cable modem Zoom 5041, verificado através de SNMP.....</i>	<i>97</i>
<i>Figura 6-19: Arquivo de 256 kbps do cable modem ZyXEL Prestige 941, verificado através de SNMP.....</i>	<i>97</i>

<i>Figura 6-20: Arquivo de 768 kbps do cable modem Arris Interactive Cornerstone CM 200, verificado através de SNMP.</i>	98
<i>Figura 6-21: Arquivo de 768 kbps do cable modem RCA DCM 235, verificado através de SNMP.</i>	99
<i>Figura 6-22: Arquivo de 768 kbps do cable modem Scientific Atlanta WebSTAR DPX 110, verificado através de SNMP.</i>	99
<i>Figura 6-23: Arquivo de 768 kbps do cable modem Trellis CABTV2, verificado através de SNMP.</i>	100
<i>Figura 6-24: Arquivo de 768 kbps do cable modem Zoom 5041, verificado através de SNMP.</i>	100
<i>Figura 6-25: Arquivo de 768 kbps do cable modem ZyXEL Prestige 941, verificado através de SNMP.</i>	101
<i>Figura 6-26: Arquivo sem limite de taxa do cable modem Arris Interactive Cornerstone CM 200, verificado através de SNMP.</i>	101
<i>Figura 6-27: Arquivo sem limite de taxa do cable modem RCA DCM 235, verificado através de SNMP.</i>	102
<i>Figura 6-28: Arquivo sem limite de taxa do cable modem Scientific Atlanta WebSTAR DPX 110, verificado através de SNMP.</i>	102
<i>Figura 6-29: Arquivo sem limite de taxa do cable modem Trellis CABTV2, verificado através de SNMP.</i>	103
<i>Figura 6-30: Arquivo sem limite de taxa do cable modem Zoom 5041, verificado através de SNMP.</i>	103
<i>Figura 6-31: Teste de gerência do CM Arris Interactive Cornerstone CM 200 pelo 3Com CMS.</i>	108
<i>Figura 6-32: Teste de gerência do CM RCA DCM 235 pelo 3Com CMS.</i>	108
<i>Figura 6-33: Teste de gerência do CM Scientific Atlanta WebSTAR DPX 110 pelo 3Com CMS.</i>	109
<i>Figura 6-34: Gerenciamento do CM Scientific Atlanta WebSTAR DPX 110.</i>	109
<i>Figura 6-35: Teste de gerência do CM Trellis CABTV2 pelo 3Com CMS.</i>	110
<i>Figura 6-36: Gerenciamento do CM Trellis CABTV2 pelo 3Com CMS.</i>	110
<i>Figura 6-37: Teste de gerência do CM Zoom 5041 pelo 3Com CMS.</i>	111
<i>Figura 6-38: Teste de gerência do CM ZyXEL Prestige 941 pelo 3Com CMS.</i>	112

# ÍNDICE DE TABELAS

<i>Tabela 2-1: As características elétricas de saída de um CM.</i>	12
<i>Tabela 2-2: Características elétricas de saída de um CMTS.</i>	12
<i>Tabela 5-1: Evolução do sistema.</i>	73
<i>Tabela 6-1: Característica do pacote.</i>	79
<i>Tabela 6-2: Características físicas dos cable modems analisados.</i>	79
<i>Tabela 6-3: Resumo dos testes de RF, em relação à latência.</i>	113
<i>Tabela 6-4: Resumo das estimativas de velocidades.</i>	113
<i>Tabela 6-5: Resultados da gerência dos CMs.</i>	113
<i>Tabela 7-1: Equipamento Central - Escalabilidade.</i>	118
<i>Tabela 7-2: Equipamento Central - Modularidade.</i>	119
<i>Tabela 7-3: Equipamento Central - Tolerância a Falhas.</i>	120
<i>Tabela 7-4: Equipamento Central - Adaptabilidade ao ambiente wireless.</i>	121
<i>Tabela 7-5: Equipamento Central - Compatibilidade com os padrões da indústria.</i>	122
<i>Tabela 7-6: Equipamento Central - Administração de Acessos.</i>	123
<i>Tabela 7-7: Resultado de Equipamento Central.</i>	124
<i>Tabela 7-8: Controle e Gerência - Configuração de CoS.</i>	125
<i>Tabela 7-9: Controle e Gerência - Configuração de QoS.</i>	126
<i>Tabela 7-10: Controle e Gerência - Controle de uso de banda por usuário.</i>	127
<i>Tabela 7-11: Controle e Gerência - Controle de banda do sistema completo.</i>	128
<i>Tabela 7-12: Controle e Gerência - Controle de Acesso.</i>	129
<i>Tabela 7-13: Controle e Gerência - Open Access.</i>	130
<i>Tabela 7-14: Controle e Gerência - Administração de Acessos.</i>	131
<i>Tabela 7-15: Controle e Gerência - Ferramentas de Gerência.</i>	132
<i>Tabela 7-16: Resultados de Gerência e Controle.</i>	133
<i>Tabela 7-17: Resultado Final.</i>	134

# 1. Conceitos Básicos

## 1.1 *Histórico*

Os sistemas de TV por assinatura surgiram com as operadoras de TV a cabo, criadas em áreas rurais no começo de 1950 nos EUA como um meio de trazer o serviço de televisão para regiões remotas, onde não existiam estações de radiodifusão ou em áreas montanhosas, na qual o terreno bloqueava este sinal de antenas domésticas individuais. A precariedade da qualidade dos canais abertos captados diretamente frente a grande disponibilidade de canais locais, nacionais e internacionais impulsionou a distribuição da TV como uma opção atrativa para comercialização de conteúdo.

Com o intuito de promover a competição com os sistemas de TV a cabo, o órgão regulador das telecomunicações americano FCC (“Federal Communications Commission”) criou um sistema terrestre de distribuição, o Sistema de Distribuição Multiponto Multicanal (MMDS, “Multichannel Multipoint Distribution Service”) em meados dos anos 70 a partir do Serviço Fixo de Televisão Institucional ITFS (“Instructional Television Fixed Service”) reservada a organizações educacionais, religiosas e hospitais. No Brasil este sistema surge em 1992 com atribuição de 3 canais e em 1994 é editada a norma do MMDS pelo Ministério das Comunicações, destinando 31 canais de 6 MHz na faixa de 2,500 a 2,686 GHz para este serviço [MMDS]. No início dos anos 80 surgem os sistemas de transmissão direta de TV por satélite, o DTH (“Direct to Home”). Este serviço é originalmente analógico e transmitido em banda C (3,5 a 4,2 GHz). O elevado custo do aluguel do “transponder” estimulou a digitalização do sistema e migração para banda Ku (13 a 15 GHz).

Hoje estes sistemas são largamente difundidos no país e não estão mais restritos apenas aos serviços de TV por assinatura. Todos estão buscando digitalizar suas bases e oferecer uma plataforma de multiserviços, onde são ofertados serviços interativos como Internet, voz sobre IP (VoIP, “Voice Over IP”), videoconferência, redes privadas virtuais (VPN, “Virtual Private Network”), home banking, home



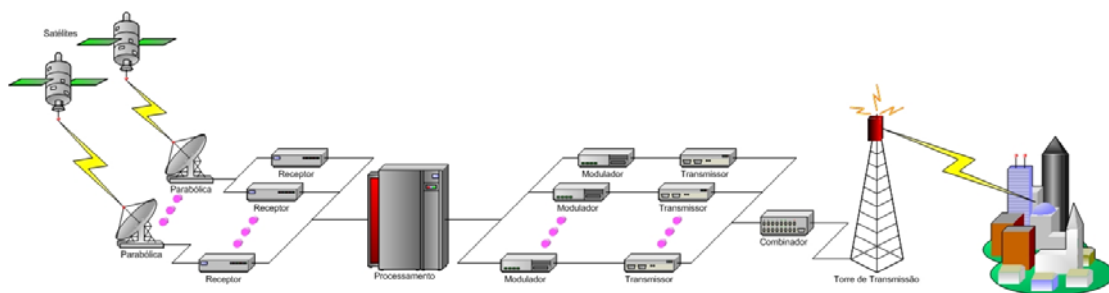
shopping, meteorologia e jogos. Para tal, estes sistemas receberam licenças do Ministério das Comunicações para a transmissão bidirecional em suas redes.

Devido à grande capacidade de transmissão, ao pequeno tempo de latência e ao menor custo de implantação da rede, os sistemas terrestres são os que mais têm sido explorados para a transmissão de dados no país nos últimos anos. Em particular, o MMDS tem grande potencial de crescimento, uma vez que as redes a cabo concentraram-se nas grandes cidades, onde já existe uma grande oferta deste serviço por outras tecnologias [Wndrly1]. Desta forma o atendimento de cidades de pequeno e médio porte pode ser rapidamente atingido pelo sistema MMDS, motivo pelo qual o utilizaremos com exemplo de meio de acesso para a abordagem do uso destas redes para a transmissão de dados.

## **1.2      *A Composição do Sistema***

### **1.2.1      Sinais de Vídeo**

Tradicionalmente nos sistemas de TV por assinatura, o “headend” é o ponto de concentração dos sinais que são entregues aos assinantes. Cada geradora de programação envia seu sinal para os satélites, que são captados e retransmitidos pelo headend. A recepção de cada canal de TV é feita através do conjunto de antenas parabólicas e receptores, onde são feitas a descompressão e decodificação do sinal digital. Cada canal de TV é então processado, codificado, modulado e entregue a seu respectivo transmissor, que o converte para a frequência adequada para o meio de transmissão. Nos sistemas sem fio estes sinais são enviados para a antena de transmissão, prontos para serem recebidos nos receptores dos assinantes. Nos sistemas a cabo o sinal é transmitido para a rede híbrida de fibras óticas e cabos coaxiais (HFC, “Hybrid Fiber/Coax”).



**Figura 1-1: Sistema genérico de TV por assinatura.**

O serviço de comunicação de dados nas redes de TV por assinatura é feito utilizando-se parte dos equipamentos do headend (transmissores, combinadores, linhas de transmissão e antenas).



**Figura 1-2: Instalações do headend ITSA/MaisTV de Brasília.**



**Figura 1-3: Instalações do headend ITSA/MaisTV de Brasília (monitoramento).**

### **1.2.2 Comunicação de Dados**

Para que a rede de TV por assinatura trafegue dados, dois elementos de fundamental importância são adicionados: o terminal do assinante, conhecido como cable modem e; um sistema de terminação de assinantes: o CMTS (“Cable Modem Terminal System”). Este, além de fazer o papel de um roteador, realiza ainda a função de um modulador e demodulador.

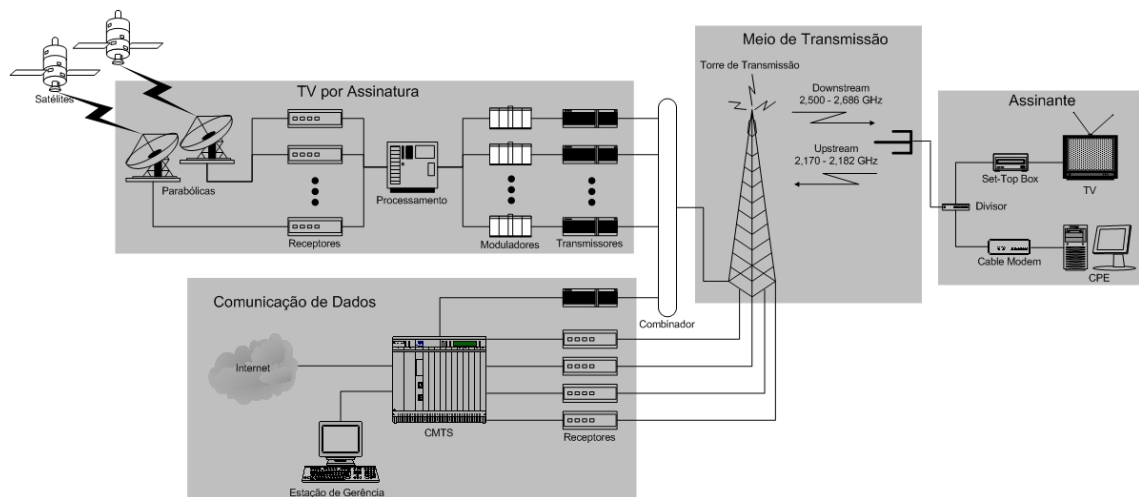
A modulação é utilizada para adequar o sinal trafegado às características do ambiente de propagação. O roteamento deve ser feito para permitir o acesso ao conteúdo da Internet a cada assinante e ainda, que o tráfego de dados entre cable modems da rede com uma certa rota estabelecida (interconexão de redes locais).



**Figura 1-4: CMTS 3Com utilizado pela ITSA/LinkExpress de Brasília. Abaixo o CMTS operacional e acima o de troca em caso de falha (“spare”).**

O terminal do assinante é conhecido como “cable modem” (CM, explorado no Capítulo 6), é o componente responsável pela conversão do sinal de dados presentes na rede de TV por assinatura. A conexão do cable modem ao computador do assinante é feita através de uma interface Ethernet ou USB (“Universal Serial Bus”).

O transporte de dados do headend para o assinante é feito respeitando-se a alocação espectral de canais de 6 MHz típica dos sistemas de TV por assinatura: 91 a 875 MHz nas redes a cabo e 2,500 a 2,686 GHz no MMDS. Este sinal é conhecido com sinal de “downstream”. Na direção do assinante para o headend (“upstream”) a alocação é feita dentro da nova faixa homologada para cada sistema: a faixa de retorno nas redes HFC é feita entre as frequências de 5 a 42 MHz. Nos sistemas MMDS este sinal é irradiado numa faixa de 2,170 a 2,182 GHz para transmissão.



**Figura 1-5: Sistema de entrega do serviço de TV por assinatura e de comunicação de dados.**

A arquitetura típica das redes terrestres é celular. Tanto as redes a cabo, como o MMDS utilizam o conceito de atendimento de áreas a partir de nós da rede. Isto minimiza problemas de interferências e aumenta a capacidade de transmissão. No MMDS além da celularização, também é utilizada a técnica de setorização o que permite o reuso de freqüências com o mínimo de interferência [Wndrly2].

Um esquema típico é uma única célula com uma configuração de transmissão omnidirecional e recepção com 4 setores de 90 graus. Com o embasamento teórico do próximo capítulo, esta configuração poderá ser mais bem analisada (através da Figura 2-3 e da Figura 2-4). No Capítulo 5, Metodologia para Escolha de Novas Plataformas, podem ser vislumbrados mais alguns cenários da arquitetura terrestre celular MMDS.

## **2. DOCSIS**

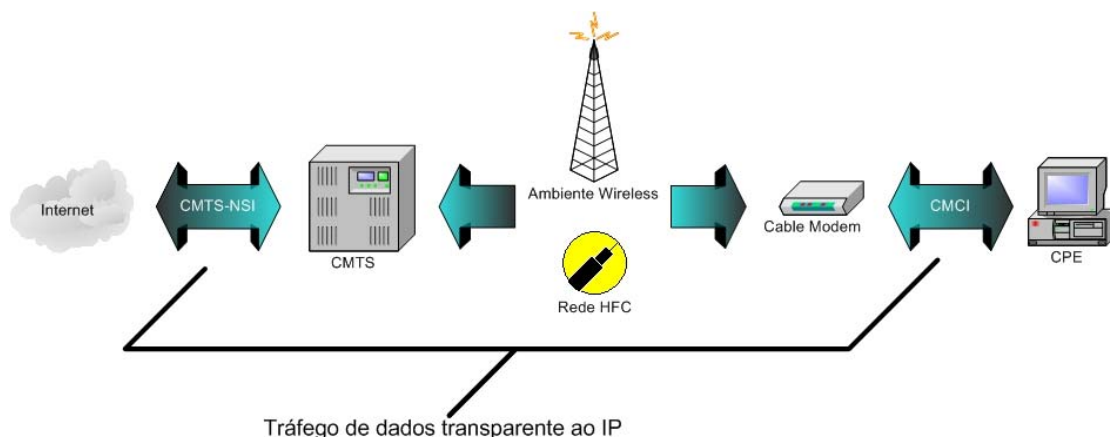
### **2.1     *Introdução***

Para atender ao interesse de operadoras de televisão por assinatura de adicionar a esta plataforma tráfego de dados em alta velocidade, empresas como Comcast Cable Communications, Inc., Cox Communications, Tele-Communications, Inc., Time Warner Cable, MediaOne, Inc., Rogers Cablesystems Limited, e Cable Television Laboratories, Inc. decidiram preparar uma série de especificações de interface que permitem a definição, projeto, desenvolvimento e aplicação de sistemas de dados em uma base interoperável, uniforme, consistente, aberta, não proprietária e multi-vendedor.

O resultado disto foi a definição do projeto Cable Modem certificado CableLabs, que ficou conhecido como DOCSIS. Este é um dos projetos em desenvolvimento na Cable Television Laboratories Inc. (CableLabs). Esta define requisitos de interface para cable modems envolvidos em distribuição de dados em alta velocidade sobre redes de sistemas de televisão por assinatura.

O serviço permite tráfego bidirecional transparente ao protocolo IP entre o headend e seus assinantes, sobre a rede HFC ou ainda em ambientes “wireless”. Tal sistema inclui também elementos de segurança, configuração, performance, falha e gerência de contas.

De um lado têm-se usuários, e do outro, o interesse destes que necessitam acessar um determinado conteúdo na Internet. Para que o acesso dos assinantes ao backbone seja possível, dois são os elementos que possibilitam o tráfego de dados: no assinante o cable modem e nas instalações do headend, o CMTS. Entre estes dois, sinais são trafegados em redes HFC ou ainda em ambientes wireless, como o MMDS.



**Figura 2-1: Tráfego IP transparente através de um sistema de dados sobre cabo.**

A norma DOCSIS especifica várias interfaces de comunicação: no headend, tem-se a interface entre o sistema de terminação de cable modems e o backbone (CMTS-NSI, “Network Side Interface”), especificada em [NSI]. Similarmente, do lado do usuário, é especificada a interface entre o cable modem e equipamento de premissa do assinante, especificada em [CMCI]. A interface entre os dois elementos da rede, o CMTS e o cable modem, é chamada de interface de radiofrequência, que é bem definida em [RFI\_1.0].

Antes do padrão DOCSIS, companhias de TV a cabo tinham que adquirir equipamentos proprietários. Se o fabricante aumentasse o preço, falhasse com o suporte ou saísse do mercado, os operadores tinham que comprar equipamentos de outros fabricantes. Com DOCSIS, os operadores podem adquirir equipamentos de vários fabricantes, seguros de que os equipamentos irão interoperar. Consumidores residenciais podem adquirir um modem de sua escolha em uma loja varejista, sem a necessidade de depender da operadora (através de leasing) e sem a preocupação de problemas de compatibilidade se o cliente mudar de companhia, caso esta tenha equipamentos compatíveis DOCSIS.

Cable modems são certificados, ou seja, assegura-se ao cliente varejista que o cable modem é compatível com as especificações DOCSIS e que este irá interoperar com outros modems certificados e com o CMTS qualificado. CMTSs são qualificados, assegurando o operador de cabo ou ao provedor de serviço banda larga que o equipamento do headend interopera com os cable modems certificados. Nem todos os equipamentos operam da mesma maneira, daí a homologação CableLabs.

## 2.2 *Protocolos de Comunicação*

A função principal do sistema de cable modems é de transmitir pacotes IP de modo transparente entre o headend e o local do assinante.



Figura 2-2: Pilha de protocolos.

Este é o modelo utilizado para a versão 1.0 do protocolo DOCSIS. Existem, até o momento de conclusão desta tese, as versões 1.1 e 2.0, que possuem diferenças nesta pilha de protocolos.

### 2.2.1 **Camada de Rede**

A camada de rede é aquela que deve se preocupar com o roteamento dos dados trafegados entre elementos. O propósito do sistema de dados sobre cabo é de transportar tráfego IP de modo transparente através da plataforma, deste modo, não há nenhum requisito de remontagem de pacotes IP.



### **2.2.2 Camada de Enlace**

A camada de enlace é dividida em subcamadas de acordo com o padrão IEEE 802-1990 (Local and Metropolitan Area Networks: Overview and Architecture), com a adição da segurança da camada de enlace [BPI]:

#### **Controle de Enlace Lógico (LLC)**

Parte do protocolo que define a construção de quadros de enlace e as trocas entre estações, independente de como o meio físico é compartilhado.

#### **Segurança da Camada de Enlace (BPI)**

Esta é uma subcamada definida pela CableLabs que permite segurança de dados no nível da camada 2. São implementados algoritmos de trocas de chaves para a autenticação de cable modems e a criptografia de dados, bem definida em [BPI].

#### **Controle de Acesso ao Meio (MAC)**

Define um único transmissor para cada canal de downstream: o CMTS. Todos os cable modems escutam os frames transmitidos no canal de downstream, desde seu registro (abordado no Capítulo 4: Cable Modem e seu Processo de Registro). Os CMs devem aceitar somente os frames cujos endereços combinam com o destino do CM ou dos CPEs através da interface CMCI. Os cable modems podem se comunicar com outros cable modems da rede necessariamente através do CMTS.

O canal de upstream é caracterizado por vários transmissores (CMs) e somente um receptor (CMTS). O canal de upstream é dividido em slots de tempo, desta forma, fornece-se o múltiplo acesso por divisão do tempo (TDMA), em intervalos regulares. Os intervalos de transmissão podem ser garantidos para CMs em particular, ou podem ainda trabalhar em modo de contenção. Em ambos casos, colisões podem ocorrer e tentativas de retransmissão serão feitas. Algumas das

funcionalidades do protocolo da subcamada MAC incluem: alocação de banda controlada pelo CMTS, stream de mini-slots no upstream, mistura dinâmica de reserva e contenção baseada em oportunidades de transmissão, eficiência de banda pelo suporte de pacotes de comprimento variável, suporte de CoS (classes de serviço) e suporte de diferentes taxas de transmissão.

### **2.2.3 Camada Física**

A camada física é composta de duas subcamadas descritas a seguir:

#### **Convergência de Transmissão (DTC)**

Presente somente em transmissões que vão à direção do headend ao assinante, melhora a robustez no processo de demodulação e possibilita o fornecimento de serviços adicionais futuros, como o de multiplexação de dados e vídeo digital. É mais detalhado em [RFI-1.0].

#### **Dependente do Meio Físico (PMD)**

Define as características elétricas e os protocolos que possibilitam a interoperabilidade entre os cable modems e o CMTS [RFI\_1.0]. O cable modem deve necessariamente produzir na saída um sinal modulado de características delineadas na Tabela 2-1. O CMTS deve também necessariamente produzir na saída um sinal com características definidas na Tabela 2-2.

**Tabela 2-1: As características elétricas de saída de um CM.**

Parâmetro	Valor
Frequência	5 a 42 MHz
Modulação	QPSK e/ou 16-QAM
Taxa de Símbolos	160, 320, 640, 1.280, 2.560 ksym/s
Largura do Canal	200, 400, 800, 1.600, 3.200 kHz
Fator de Rolloff	25%
Nível de Potência	+8 a +58 dBmV (QPSK) +8 a +55 dBmV (16-QAM)
C/N	12 dB
Impedância de Saída	75 $\Omega$

**Tabela 2-2: Características elétricas de saída de um CMTS.**

Parâmetro	Valor
Frequência	91 a 857 MHz
Modulação	64-QAM e 256-QAM
Taxa de Símbolos	5,056941 Msym/s (64-QAM) 5,360537 Msym/s (256-QAM)
Largura do Canal	6 MHz
Fator de Rolloff	~18% (64-QAM) ~12% (256-QAM)
Nível de Potência	-15 a +15 dBmV
C/N	24 dB
Impedância de Saída	75 $\Omega$

#### **2.2.4 Acima da Camada de Rede**

Assinantes são capazes de utilizar as capacidades do IP transparente como um portador de serviços de camadas mais altas. O uso destes serviços é transparente para o CM. Além do transporte de dados do usuário, algumas capacidades de gerência e operação da rede dependem da camada de rede.

- **SNMP:** para gerência de rede, este protocolo [RFC1157] é um protocolo da camada de aplicação, desenvolvido para facilitar a troca de informações de gerenciamento entre dispositivos de rede. Os dispositivos gerenciáveis podem ser hubs, bridges, roteadores, servidores e hosts. As informações transportadas pelo SNMP podem ser do tipo: utilização de memória e do processador, taxa de bits de entrada e saída em interfaces de rede, habilitação ou desabilitação de interfaces, verificação de softwares instalados, definição de rotas e etc. O SNMP permite aos administradores de rede gerenciar o desempenho da rede de forma remota, de modo a encontrar e solucionar os problemas para o planejamento do futuro crescimento da rede.
- **TFTP:** um protocolo muito simples de transferência de arquivos, especificado em [RFC1350], para download de software e configuração de informações. Acima do UDP, foi projetado para ser pequeno e fácil de ser implementado, desta maneira, perde muita das características quando comparado com o FTP. A única função é de ler e escrever em um servidor remoto, não lista diretórios nem possui provisionamento para autenticação de usuários.
- **DHCP:** uma estrutura que transfere informações de configuração para “hosts” numa rede TCP/IP. Com o uso do protocolo IP, cada máquina na rede necessita de um endereço IP, que é único. Baseado no protocolo BOOTP, o DHCP [RFC2131] permite que administradores da rede gerenciem de modo centralizado e automático a atribuição de endereços IP.

Com as características das especificações do protocolo DOCSIS mencionadas acima, pode-se exemplificar um esquema típico de arquitetura MMDS através das duas próximas figuras:

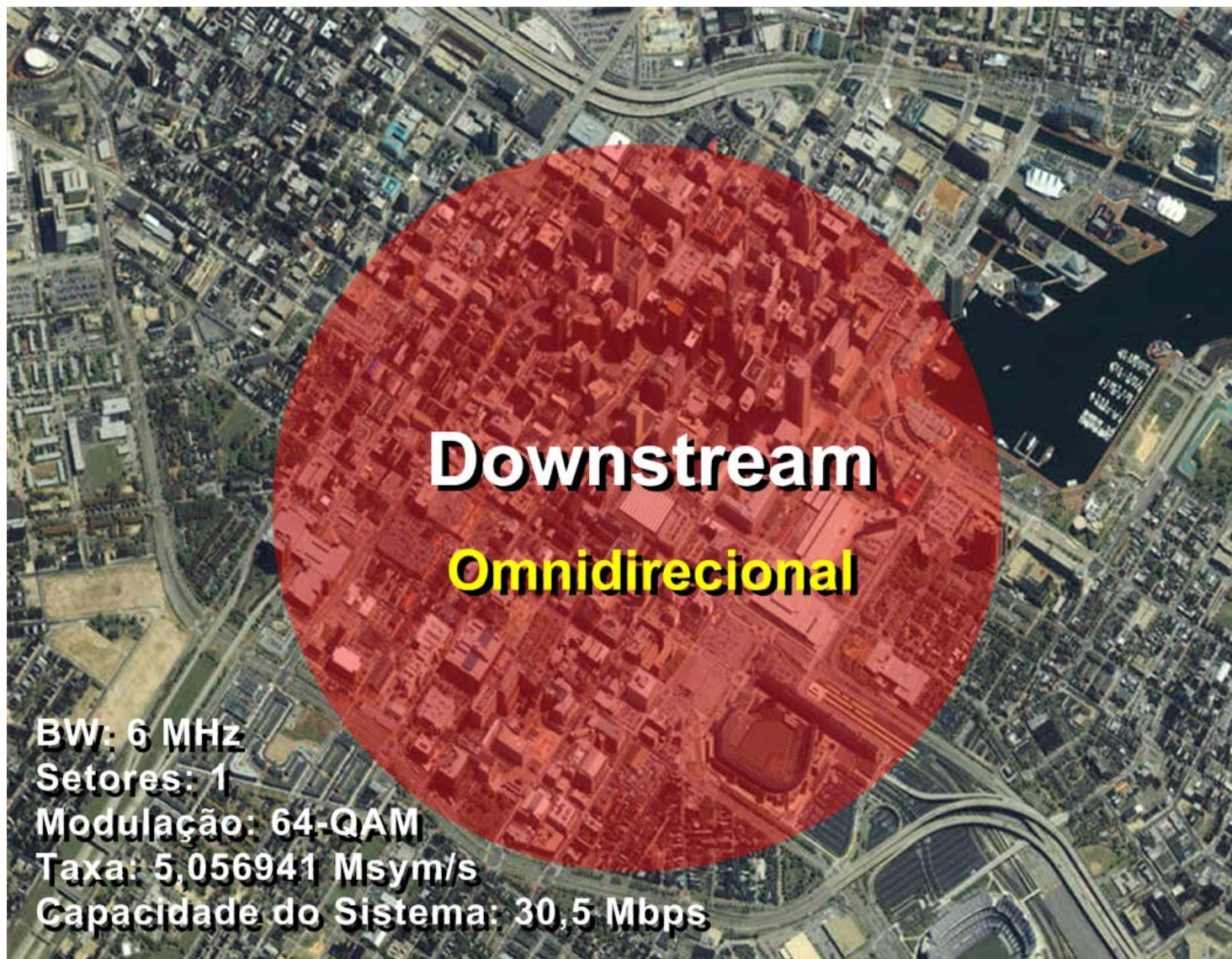


Figura 2-3: Exemplo de uma arquitetura de uma rede MMDS para o downstream.



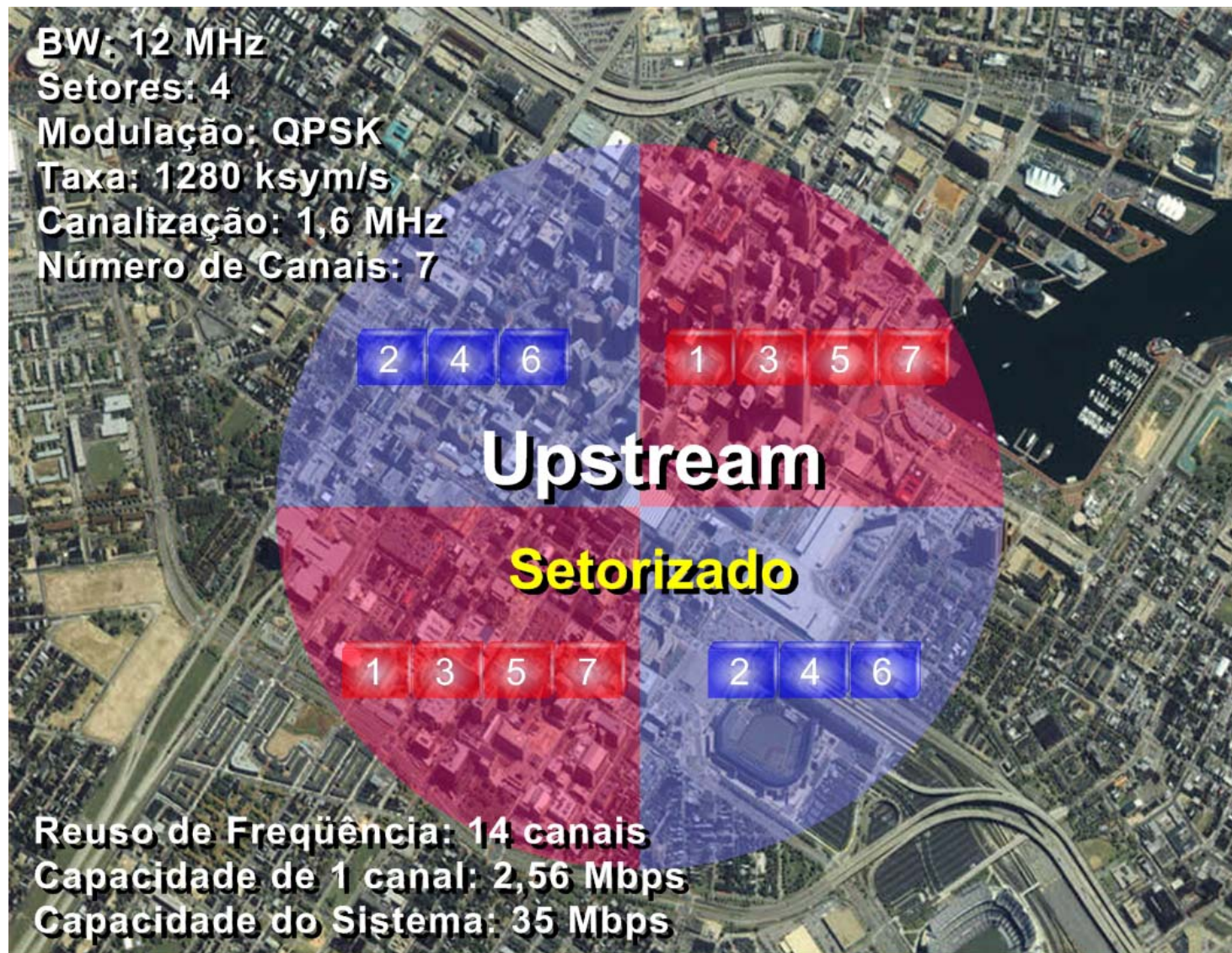


Figura 2-4: Upstream setorizado e com reuso de frequência.

## **3. CMTS 3Com Total Control 1000**

### **3.1     *Introdução***

O sistema terminal de cable modems (CMTS) possui três principais características: demodular, rotear e modular. Para que seja possível descrever as funções principais deste elemento, seu papel no tráfego de dados bidirecional e sua interação com os outros equipamentos do headend, este estudo será exemplificado através da plataforma 3Com Total Control 1000. Diferentemente das soluções de outros fabricantes, a implementação 3Com possui módulos específicos com as funções mencionadas anteriormente bem definidas. Será feita uma abordagem individual a cada módulo.

### **3.2     *Características Gerais***

O Total Control possui largura de 48,26 cm, com slots para 17 placas e duas unidades de fonte de alimentação (PSUs). O chassi apresenta um midplane (barramento interno) para conectar cartões pela frente e por trás. O midplane contém 5 barramentos para dispor caminhos de sinalização entre as placas. Os slots para as placas são numerados na frente do chassi, começando com 1 à esquerda. A temperatura recomendada de operação do chassi é de 25° C e a máxima interna, 40° C [Inst&Man].





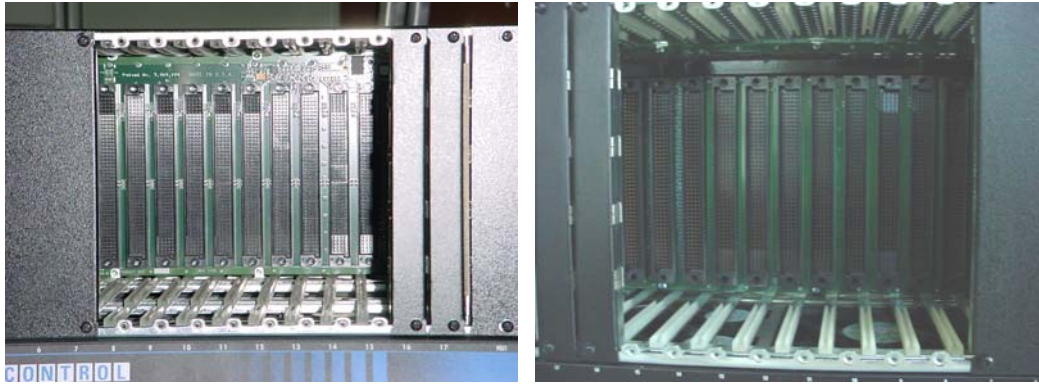
**Figura 3-1: Visão frontal da plataforma 3Com Total Control 1000**

### **3.2.1 NACs e NICs**

As NACs são placas processadoras de dados inteligentes e roteadores, que fazem sua comunicação através do midplane para prover conexão full-duplex com redes externas. NICs são placas que fornecem a interface física de rede para os dados processados pelas NACs. As NACs devem ser instaladas na frente do chassi e as NICs, por trás.

### **3.2.2 Midplane**

O midplane possibilita a comunicação entre as NACs e as NICs através dos múltiplos barramentos de dados existentes. Fornece 17 conexões na frente do chassi para as NACs e para NMC e, um número igual para conectar as NICs por trás do chassi.



**Figura 3-2:** À esquerda o midplane com visão frontal e à direita, por trás.

O midplane apresenta uma arquitetura de barramento quádruplo para transmissão de dados. Existe ainda um barramento de gerenciamento de todas as placas no chassi. O barramento de gerenciamento controla os slots de 1 a 17, sendo o último reservado para a placa de gerenciamento da rede NMC. É constituído de dois barramentos, um para as NICs e outro para as NACs.

Os quatros barramentos para dados são:

- Barramento PCI: barramento paralelo de 32 bits e 25 MHz, que possibilita a comunicação entre uma NAC e sua respectiva NIC (também chamado de barramento “de trás para a frente”, Back to Front Buses).
- Barramento ISA: barramento paralelo de 16 bits e 8 MHz, que possibilita a comunicação entre algumas NACs e suas respectivas NICs.
- Barramento TDM: estende-se aos slots de 1 a 16 no chassi e permite a comunicação entre todas placas. Não é utilizado no CMTS bidirecional, somente nos sistemas unidirecional e tridirecional. O barramento TDM carrega tráfego entre dispositivos de chaveamento de circuitos, como um cartão T1 e um modem digital. Este barramento consiste de várias vias TDM de dados seriais síncronos, que possibilitam 256 timeslots de 64 Kbps cada.
- Barramento de pacotes: barramento de 10 MHz, 32 bits, que permite a comunicação entre todas as placas de 1 a 16 no chassi. O NMC, localizado no slot 17 não possui acesso a este barramento.

É adicionado ainda um barramento de gerência, utilizado para transferir informação de gerenciamento para NICs inteligentes, ou seja, aqueles que possuem a presença de uma interface UART [Inst&Man].

Este barramento permite uma linha de dados de downstream serial comum do NMC (localizado no slot 17) para todas as outras NICs. Já para o upstream, cada NIC individual possui uma linha de dados dedicada para o NMC. A comunicação consiste numa linha serial de dados half-duplex assíncrona TTL com clock de 9,6 Kbps.

O barramento de gerência NAC transfere informação de gerenciamento entre o NMC e todos os 16 NACs, com taxas de 512 Kbps. O NMC possui um caminho serial de dados dedicado full-duplex para cada NAC, que consiste de linhas de dados de transmissão, recepção e de fluxo. O controle de fluxo via hardware permite a troca de dados entre o NMC e um cartão NAC sem causar um overflow do receptor de um ou outro dispositivo.

### **3.2.3 Unidades de Fonte de Alimentação**

PSUs estão disponíveis em alimentação AC ou DC, com correntes de 35 A, 45 A, 70 A ou 130 A. Uma PSU pode suportar um chassi completamente cheio, de qualquer modo, uma segunda PSU é recomendada para redundância. Esta configuração suporta a comutação automática entre PSUs em caso de falhas e, a potência é dividida em 80/20. Em condições de curto-circuito e tensão elevada, o desligamento automático é utilizado. Todas as PSUs podem ser inseridas ou removidas sem desligar o chassi. PSUs com a utilização de energia AC ou DC com diferentes taxas (35 A, 45 A, 70 A ou 130 A) não podem ser utilizadas no mesmo chassi.



**Figura 3-3: Localização da PSU no chassi**



**Figura 3-4: Cartão PSU**

Os chassis de 70 e 130 A consistem de uma PSU frontal e uma interface inserida por trás no chassi (PSI), ambas unidades conectadas no midplane. As PSUs/PSIs podem detectar automaticamente as tensões entre 100 e 240 VAC @ 50-60 Hz. Para a PSU/PSI DC, o intervalo de tensão de entrada pode ser entre -42 a -56 VDC [Inst&Man].



**Figura 3-5: Localização da PSI no chassi**



**Figura 3-6: Cartão PSI**

### **3.3      *Cable Access Router (CAR)***

Componente central do CMTS, que oferece o roteamento na Internet ou em um backbone intranet para a rede RF.

- Suporta especificações DOCSIS 1.0 e DOCSIS 1.1 (qualificado 1.0 somente [Qlfc]), de software e hardware, que possibilita a interoperabilidade com cable modems que suportem estas especificações;
- Possibilita a funcionalidade unidirecional (retorno telefônico), bidirecional (retorno RF) e tridirecional (combinação de retorno telefônico e RF);
- Suporta o uso de duas CARs em um único chassi;
- Suporta até oito classes de serviço (CoS), que restringe a máxima taxa de upstream e downstream disponíveis para cable modems;
- Para que usuários trafeguem informação de modo seguro, é suportada a interface de segurança DOCSIS-BPI.

Esta placa pode ser instalada em qualquer slot disponível (de 1 a 16) no chassi Total Control. Baseada no cartão HiPer ARC, provê roteamento, bridging e algumas funções de gerência para o funcionamento do CMTS no headend. É um gateway de rede com processador RISC de 32 bits a 200 MHz, com 64 MB de RAM, expansível para 256 MB [CAR\_UG].

Suas principais funções são:

- Receber e processar dados da URC;
- Receber e processar dados de uma rede externa pela CAR NIC;
- Processar e enviar dados do CAR NIC para o modulador QAM;
- Fazer o roteamento de dados para a rede externa ou para o modulador QAM.





Figura 3-7: Roteador CAR.

### 3.4 *Cable Access Router NIC*

Provê interfaces de RF e de rede para: a LAN Ethernet, o NIC do modulador QAM e para a estação de gerenciamento. Algumas das suas funções [CAR\_UG]:

- Receber pacotes IP da LAN através de sua interface Ethernet, e enviá-los para a CAR NAC;
- Transmitir frames MPEG do CAR NAC para a NIC do modulador QAM.



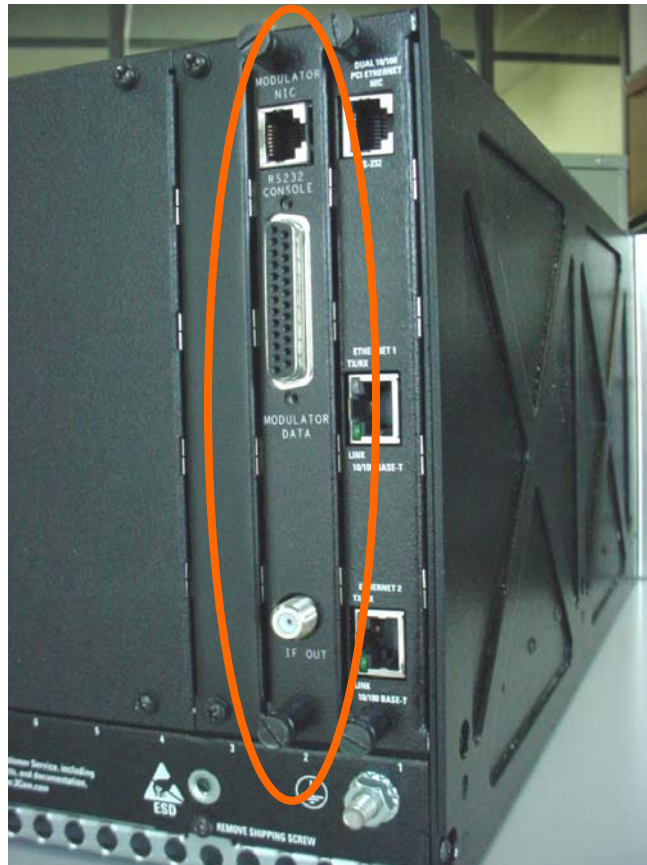
**Figura 3-8: Interface do roteador CAR.**

### **3.5      *Modulador QAM***

O NIC do modulador QAM é compatível com o padrão DOCSIS (64/256 QAM), que possui um sinal de saída de 44 MHz (FI). Esta placa processa todos os dados de downstream roteados pelo CAR. O modulador QAM é um NIC compatível com ambos retorno telefônico (unidirecional) e retorno RF (bidirecional). As principais funções do modulador são: receber dados enviados do CAR em formato MPEG e transmitir dados MPEG em FI para o transmissor (upconverter) localizado no headend. Como a portadora do sinal de vídeo analógico está centrada a 1,75 MHz abaixo da frequência central, a frequência de conversão do transmissor deve ser ajustada para o centro do canal, já que se trata de um sinal digital.

Este cartão pode processar até 27 Mbps em 64-QAM ou 38 Mbps em 256-QAM. Processa dados para 1 canal de downstream, múltiplos canais de upstream podem ser designados a um único modulador QAM e, compatível com ambos retorno telefônico e retorno RF [QAM].





**Figura 3-9: Modulador QAM.**

### **3.6 Upstream Receiver Card (URC)**

A URC é placa necessária para a funcionalidade de retorno RF (bidirecional) do CMTS. Sua função é processar todo o sinal de upstream dos CMs para o headend. Suas principais funções são:

- Demodular os dados que chegam ao CMTS.
- Descriptografar os dados.
- Controlar a geração do protocolo de alocação de mensagens MAP (“Message Allocation Protocol”), que identifica os slots de tempo para os cable modems (mais detalhado no próximo capítulo).
- Controlar a geração de descritor de canais de upstream UCD (“Upstream Channel Descriptor”), necessários para o processo de registro dos cable modems, analisados em 4.3 (Obtenção de parâmetros do canal de upstream).

- Faz a alocação de banda para os canais de upstream associados.

Este cartão hot-swap possui dois canais de upstream por placa e, múltiplas URCs podem ser associadas a uma CAR e um uma QAM.



Figura 3-10: Placas URC.

### 3.7 Gerenciamento da Rede (NMC)

O NMC gerencia todos os dispositivos no chassi Total Control sob o comando do software Total Control Manager (TCM), instalado em um PC, chamado de estação de gerência (MS). A MS pode gerenciar de modo remoto, com a utilização do protocolo SLIP ou de modo direto por uma conexão pela LAN (com o protocolo SNMP).

O NMC deve ser instalado no slot 17 e faz a comunicação entre os demais cartões pelo barramento de gerência (com o uso do protocolo proprietário 3Com MBP) e não faz roteamento de nenhum dado que entra ou sai do chassi. O HiPer NMC deve ser utilizado com a NIC 10/100 Ethernet Aux I/O, para que a MS envie mensagens para o NMC.



**Figura 3-11: Localização da placa HiPer NMC (NAC)**

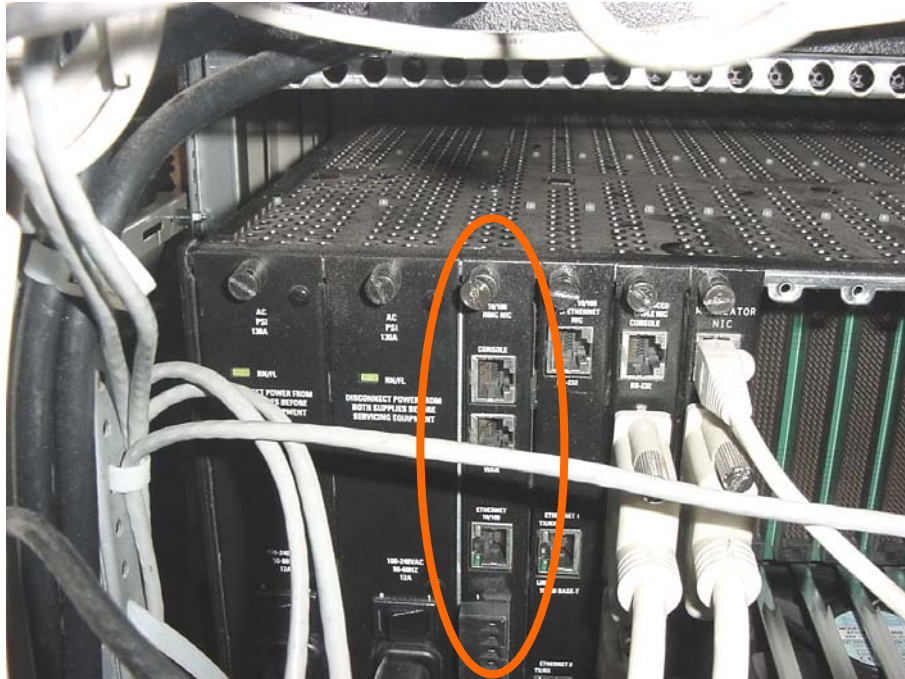


Figura 3-12: 10/100 Ethernet Aux I/O (NIC).

### **3.8 Fluxo de dados na rede de cable modems bidirecional**

A arquitetura bidirecional é toda construída dentro do padrão DOCSIS e utiliza ambas transmissões RF para o downstream e upstream [InstPlan]. Três redes separadas estão envolvidas:

- Internet e qualquer extensão de seu backbone;
- Rede de TV por assinatura;
- Uma LAN Ethernet no ROBO/SOHO ou uma NIC Ethernet no CPE.

Os principais elementos do CMTS que estão envolvidos neste processo são:

- Chassi Total Control;
- CAR;
- QAM;

- URC(s).

Este fluxo ilustra o acesso de um usuário a algum conteúdo da Internet (upstream) e sua respectiva resposta (downstream). Será utilizado como exemplo a arquitetura de rede MMDS setorizada de acordo com o Capítulo 2, através da Figura 2-3 e da Figura 2-4 (um canal omnidirecional de downstream e quatro setores de upstream).

### **3.8.1 Fluxo de dados no Upstream**

1. Uma vez que um CM faz seu registro, um pacote TCP/IP é enviado pela NIC Ethernet do PC para o CM.
2. O CM atua como uma bridge sobre o pacote IP, encapsula o conteúdo em formato MPEG e modula em QPSK.
3. O sinal do cable modem é convertido para a frequência de 2,170 a 2,182 GHz (espectro de retorno), através de uma antena com conversor, residente nas dependências do assinante.
4. O sinal chega em uma das quatro antenas de recepção e é entregue ao seu respectivo receptor de upstream, que faz a conversão em frequência do sinal para a faixa de 22 a 34 MHz (FI).
5. O receptor envia o sinal para a URC no chassi do CMTS. Este demodula e decripta o pacote. Através do midplane, os pacotes são enviados para o CAR NAC.
6. O CAR NAC faz o roteamento do pacote, desencapsula em MPEG, encapsula em Ethernet e envia os dados para o CAR NIC.
7. O CAR NIC envia os pacotes para o default gateway.
8. O default gateway remove o cabeçalho Ethernet do pacote TCP/IP e envia para a Internet.

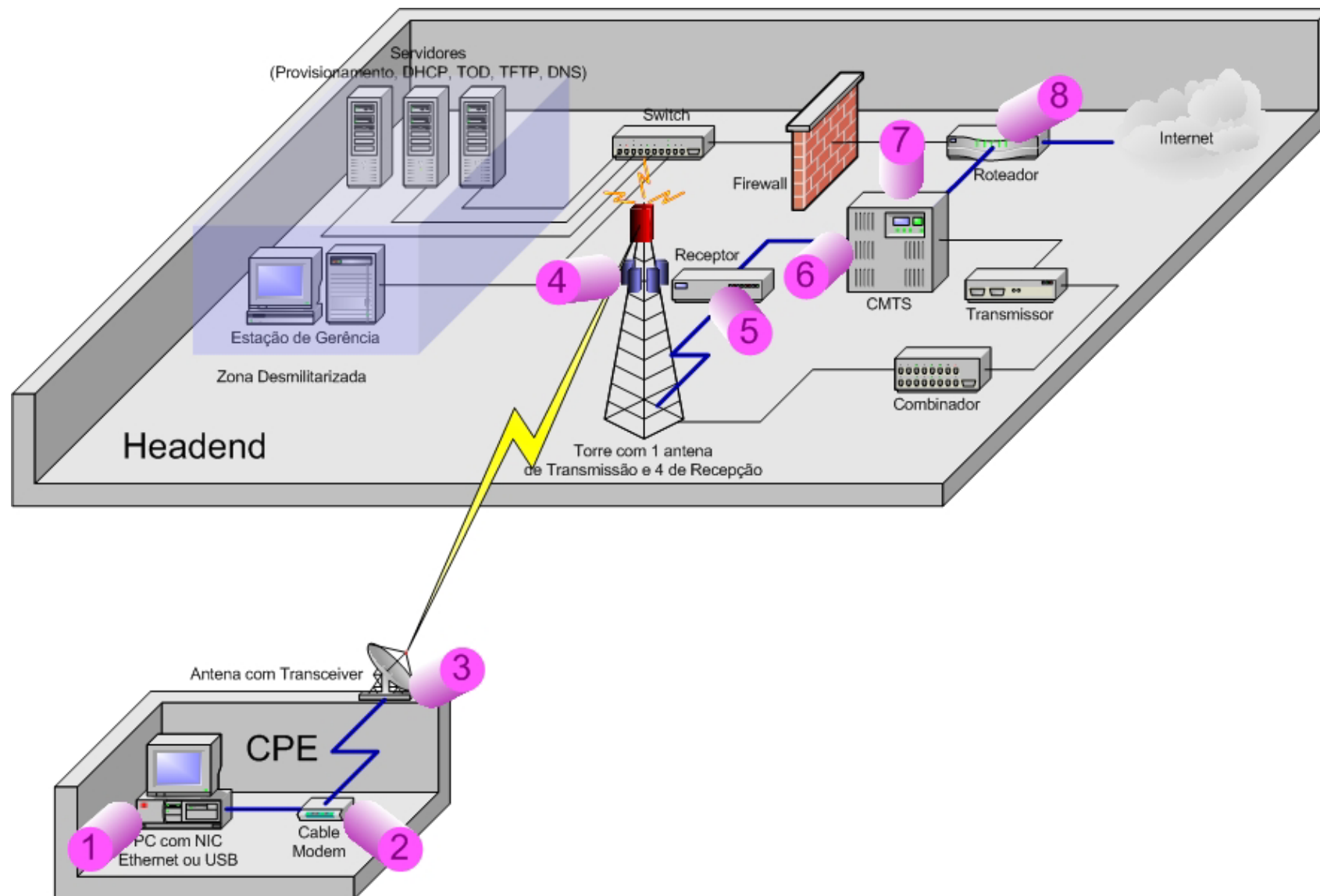


Figura 3-13: Fluxo de dados no upstream.

### **3.8.2 Fluxo de dados no Downstream**

1. O pacote TCP/IP é enviado para o roteador do headend.
2. O roteador encapsula em Ethernet os pacotes e envia para o CAR NIC.
3. Os dados são passados do CAR NIC para o CAR NAC através do midplane. O CAR NAC executa o roteamento do pacote, encapsula num frame MPEG e envia para a NIC do modulador QAM. A NIC QAM modula o sinal em 64-QAM, converte para FI e envia para o transmissor um canal de dados de 6 MHz de acordo com as normas DOCSIS.
4. O transmissor faz a conversão do canal digital (que está dentro da frequência do MMDS, 2,500 a 2,686 GHz) e o envia para o combinador.
5. O combinador faz a soma entre os sinais de dados e de TV e faz a entrega para a antena transmissora.
6. A antena transmissora faz a distribuição dos sinais combinados de vídeo e de dados na frequência do MMDS.
7. A antena receptora do usuário capta o sinal combinado de dados e TV, passa por um downconverter e é entregue ao cable modem.
8. O CM demodula o sinal 64-QAM e desencapsula o quadro MPEG-2.
9. É feita a entrega ao PC para processamento.



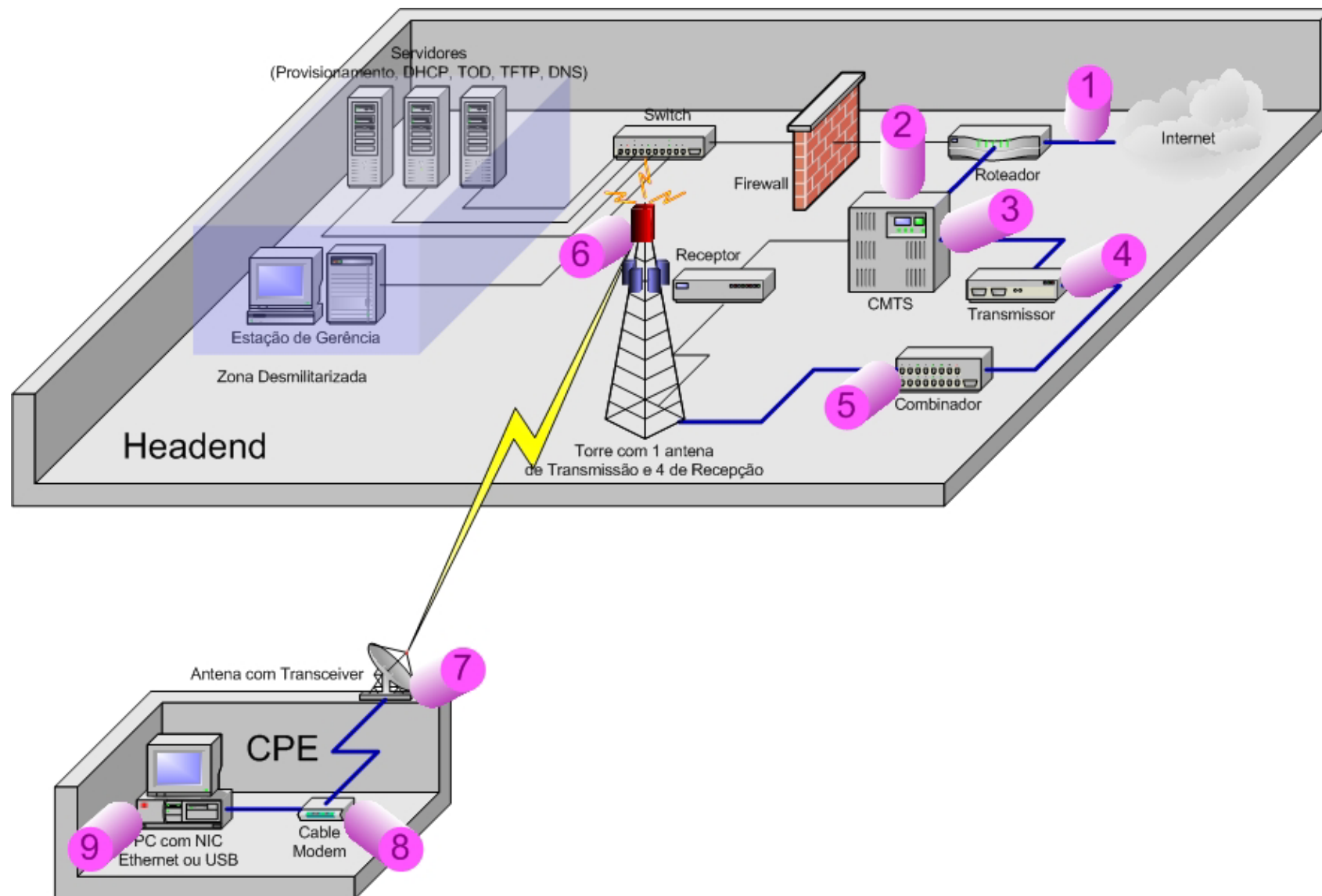


Figura 3-14: Fluxo de dados no downstream.



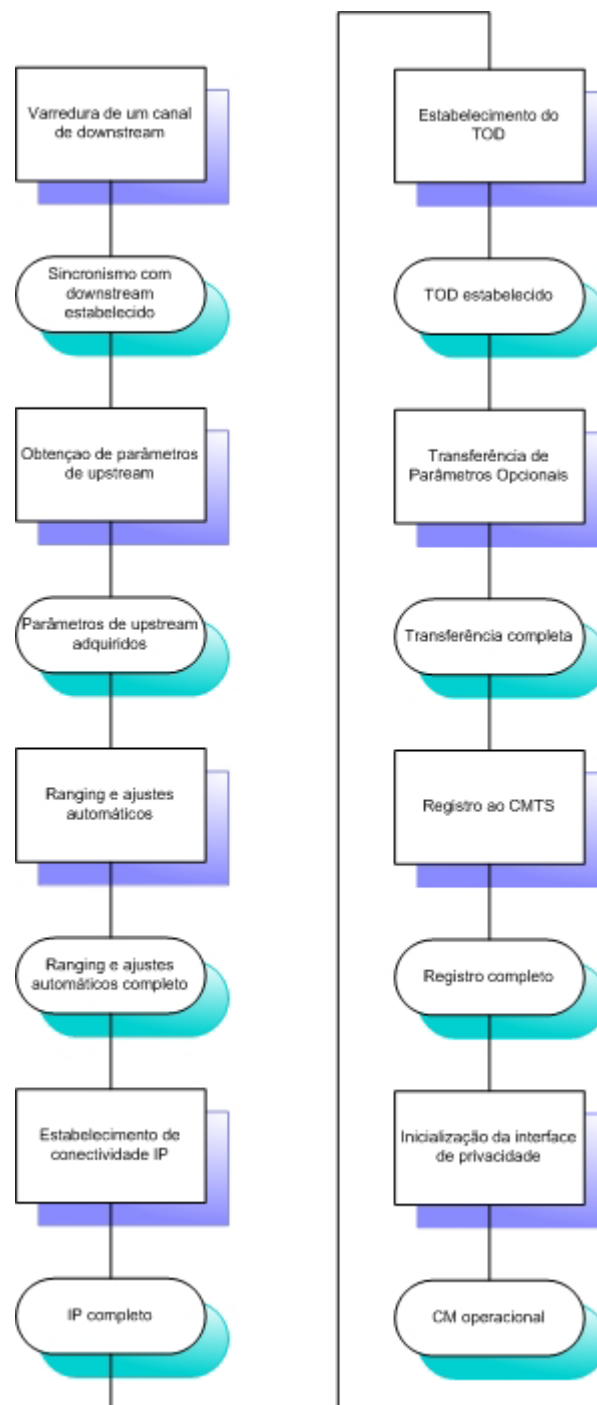
## **4. Cable Modem e seu Processo de Registro**

As plataformas qualificadas DOCSIS 1.0 devem cobrir os requisitos necessários para a interação entre o CM e o CMTS. Este processo é dividido em cinco passos: inicialização, autenticação, configuração, autorização e sinalização [RFI\_1.0]. Os elementos envolvidos neste processo são: cable modem, CMTS e os servidores DHCP, TOD e TFTP.

### **4.1 *Processo de Inicialização do CM***

O procedimento de inicialização de um cable modem deve obrigatoriamente seguir o fluxograma da Figura 4-1, que pode ser dividido nas seguintes etapas:

1. Varredura e sincronismo no canal de downstream;
2. Obtenção de parâmetros do canal de upstream;
3. Ranging e ajustes automáticos;
4. Estabelecimento de conectividade IP;
5. Estabelecimento de TOD;
6. Transferência de parâmetros operacionais;
7. Registro;
8. Inicialização de BPI, se o CM é provisionado.



**Figura 4-1: É mostrado um simples fluxograma do processo de inicialização do CM, sem caminhos de erros**

Cada CM possui um único endereço MAC IEEE 802 de 48 bits, designado durante o processo de fabricação, que identifica o modem aos vários servidores de provisionamento durante sua inicialização. Outra informação que é entregue ao modem pelo fabricante, é o de segurança utilizado para autenticação do CM definido em [BPI].

## **4.2 Varredura e sincronismo no canal de downstream**

Durante a inicialização do CM ou após a perda de sinal, o modem deve adquirir um canal de downstream. O cable modem deve possuir uma fonte de memória não volátil para que os últimos parâmetros operacionais sejam guardados e deve primeiro tentar readquirir este canal de downstream. Se isto não acontecer, o CM deve varrer continuamente o canal de 6 MHz de downstream até encontrar um sinal de downstream válido.

Após ligar o CM ou após a perda de sinal, este faz uma varredura para procurar o canal de downstream que contém dados encapsulados no formato MPEG-2.

Encontrado este stream de dados MPEG-2 que o CMTS transmite, o CM sincroniza com os símbolos QAM, quadros FEC, empacotamento MPEG-2 e reconhece SYNC de mensagens MAC.

Uma vez sincronizado, o cable modem retém o canal de downstream.

## **4.3 Obtenção de parâmetros do canal de upstream**

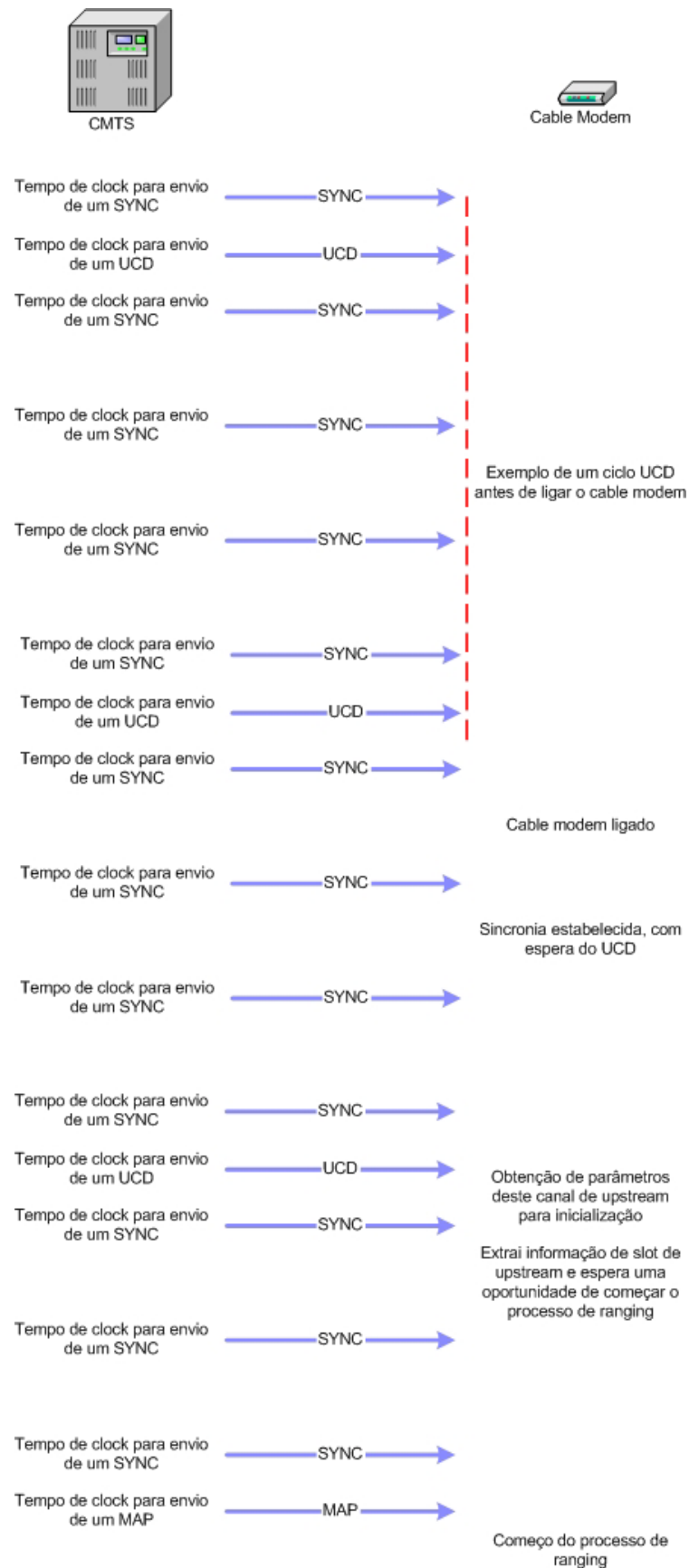
Após o sincronismo, o CM então espera por um UCD, que provê informações necessárias para um possível canal de upstream. Estas mensagens são transmitidas periodicamente do CMTS para todos os canais de upstream disponíveis, endereçados a todos os transmissores MAC.

O cable modem utiliza informações deste canal para sintonizar o canal de upstream apropriado. O CM deve também determinar quando utilizar o canal de upstream através dos parâmetros fornecidos pelo UCD.

O CM deve coletar todos os UCDs, aqueles que diferem no campo “channel ID”, para formar uma lista de canais utilizáveis. Se o canal não for utilizável, o CM deve tentar o próximo “channel ID” até que encontre um. Se o canal é utilizável, o cable modem deve reter os parâmetros deste canal de upstream do UCD, esperar para a próxima mensagem de SYNC, extrair desta o timestamp do mini-slot de upstream e esperar por um mapa de alocação de banda para o canal selecionado. Cada CM na rede deve transmitir em um tempo diferente para prevenir

colisões de dados. Para prevenir que isto aconteça, timestamps nos mini-slots são designados para cada modem. Se nenhum UCD for encontrado após um tempo determinado, o modem deve continuar sua varredura para encontrar outro canal de downstream.

O CM deve fazer ranging inicial ao menos uma vez, o processo de ranging é descrito na próxima sessão. Se o ranging inicial não for bem sucedido, deve ser escolhido então outro channel ID e, o procedimento deve ser reiniciado.



**Figura 4-2: Fluxo de mensagens durante a obtenção de parâmetros do canal de upstream**

## **4.4 Ranging e ajustes automáticos**

Após concluir os passos da sincronia com o downstream e depois conhecer as características do canal de upstream através do UCD, os CMs devem adquirir o correto offset de tempo na qual as transmissões dos cable modems estão alinhadas no limite correto dos mini-slots. Neste ponto, o cable modem deve procurar a mensagem MAP (“Upstream Bandwidth Allocation Map”) para verificar o campo de manutenção inicial. Do lado do CMTS, este deve ter certeza de que os sinais dos CMs estão sendo transmitidos com potência suficiente para que uma relação sinal interferência mínima seja satisfeita.

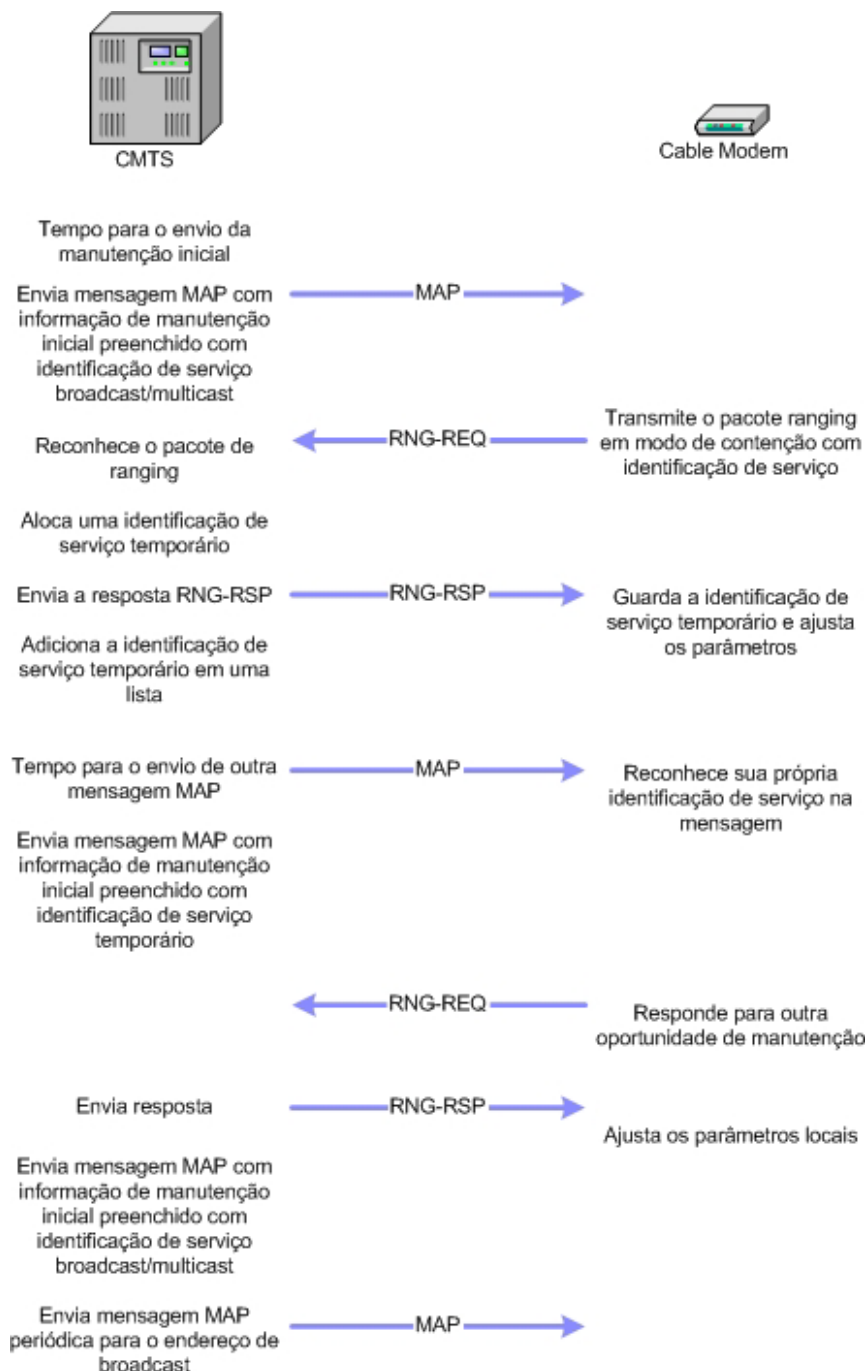
Após a aquisição da mensagem MAP, o cable modem deve colocar um RNG-REQ no campo manutenção inicial. O processo de ranging ajusta cada cable modem da rede RF como se o CM estivesse ao lado do CMTS. O CMTS recebe do CM um RNG-REQ (“ranging request”) para que o primeiro possa determinar se o cable modem está transmitindo com potência suficiente para o headend.

Uma vez que o CMTS recebeu a mensagem RNG-REQ, ele deve enviar um RNG-RSP endereçado ao cable modem, individualmente. A mensagem deve conter também informações do ajuste de nível de sinal, de frequência e de correções de tempo. Baseado nos parâmetros do RNG-RSP (“ranging response”) enviado do CMTS para o CM, este ajusta o nível de potência para que a URC, localizada no chassi do Total Control, possa reconhecer as transmissões.

CM envia outro RNG-REQ ao CMTS para determinar se o cable modem respondeu ao ranging response apropriadamente. Este deve conter as correções de nível de sinal e de offset de tempo.

O CMTS deve retornar outro RNG-RSP ao cable modem para um ajuste fino adicional caso necessário. Após um período de ajustes de nível de ranging, o CMTS aceita o RNG-REQ do CM e envia um RNG-RSP que pode instruir o cable modem a parar de enviar ranging requests. Os passos RNG-REQ e o RNG-RSP devem ser continuados até que a resposta contenha uma notificação de ranging bem sucedido.

A partir deste ponto, a transferência de dados entre o CM e o CMTS está habilitada. No documento [RFI\_1.0] é mostrado máquinas de estado, a aplicação de contadores de tentativas e valores de tempo para o processo de ranging.



**Figura 4-3: Fluxo de mensagens durante o ranging e ajustes automáticos**

O ajuste de potência deve começar de um valor mínimo a menos que um valor válido de potência está disponível de um local de armazenamento não-volátil. Neste caso, este deve ser o ponto de começo do ranging. O nível de potência deve também ser capaz de ser reduzido por uma quantidade especificada numa mensagem RNG-RSP. Se durante a inicialização o valor de potência é ajustado para o máximo, deve-se voltar ao valor mínimo. O cable modem deve fazer este processo

de ranging em cada canal de upstream apropriado antes de tentar encontrar algum outro canal de downstream disponível.

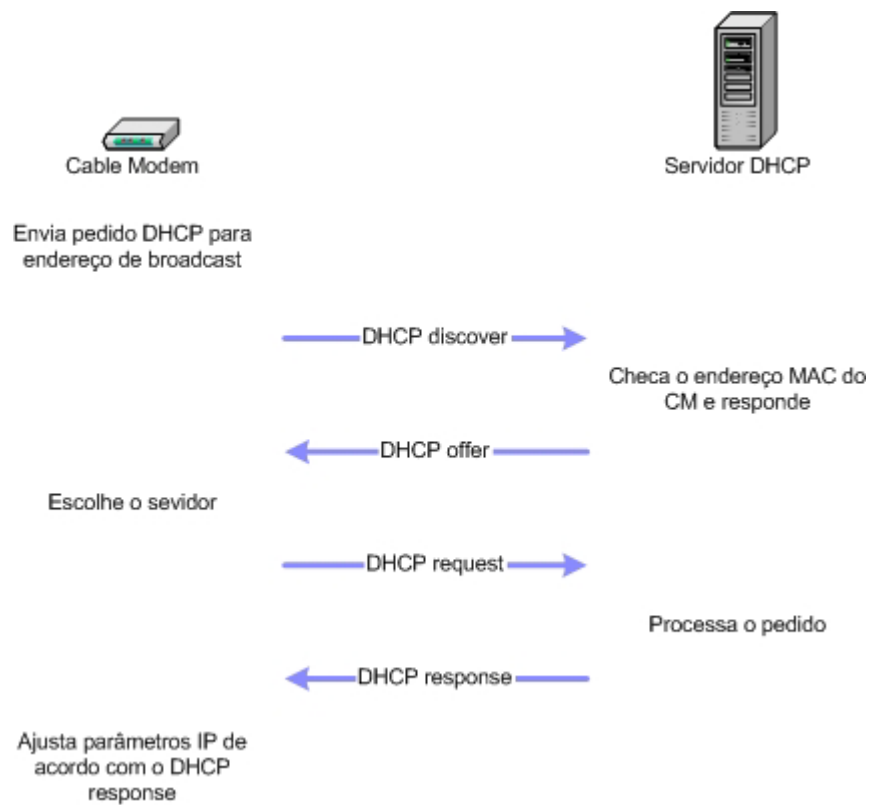
## **4.5      *Estabelecimento de conectividade IP***

Para que o processo de transferência de dados entre o CMTS e o CM continue, o cable modem deve obter um endereço IP. O processo é feito através de mecanismos DHCP. DHCP é o protocolo que fornece o mecanismo de alocação dinâmica de endereços IP, para que seja feito reuso.

1. O CM envia um DHCP DISCOVER para o CMTS.
2. O CMTS responde com um DHCP DISCOVER para o servidor DHCP na LAN.
3. O servidor DHCP checa o endereço MAC do CM e responde com um DHCP OFFER. O CMTS repete o DHCP OFFER do servidor DHCP para o CM.
4. O CM escolhe o servidor e faz um DHCP REQUEST baseado na oferta que ele acabou de receber.
5. O servidor DHCP processa a requisição com um DHCP RESPONSE através do CMTS para o CM. A partir deste ponto o CM possui todos os parâmetros IP que ele necessita:

- O endereço IP que o CM utilizará durante esta sessão;
- O endereço IP do servidor TFTP e o nome do arquivo de configuração do CM que está localizado no servidor TFTP;
- O endereço IP do servidor TOD;
- Outras opções DHCP como o endereço IP do default gateway, se a Baseline Privacy está habilitada ou não, etc.





**Figura 4-4: Fluxo de mensagens durante o estabelecimento de conectividade IP**

Um exemplo de uma implementação do servidor DHCP pode ser observado na figura abaixo. Este é o servidor DHCP contido no pacote do Windows 2000 Server.

The screenshot shows the DHCP console interface. On the left is a tree view of the DHCP configuration, including scopes like 'Superscope Home Internet - Temp' and 'Scope [10.0.0.0] Rede de Cables'. The right pane displays a table of 'Address Leases'.

Client IP Address	Name	Lease Expiration	Type
10.0.2.171		Infinite	DHCP
10.0.2.172		Infinite	DHCP
10.0.2.173		21/2/2003 09:54:32	DHCP
10.0.2.174		4/3/2003 04:08:37	DHCP
10.0.2.175		Infinite	DHCP
10.0.2.176		Infinite	DHCP
10.0.2.177		6/3/2003 20:51:52	DHCP
10.0.2.178		4/3/2003 00:56:40	DHCP
10.0.2.179		2/3/2003 20:29:58	DHCP
10.0.2.180		4/3/2003 00:55:14	DHCP
10.0.2.181		6/3/2003 20:58:39	DHCP
10.0.2.182		4/2/2003 07:19:24	DHCP
10.0.2.183		3/3/2003 03:43:48	DHCP
10.0.2.184		Infinite	DHCP
10.0.2.185		6/3/2003 20:25:39	DHCP
10.0.2.186		6/3/2003 20:55:38	DHCP
10.0.2.187		15/7/2002 13:12:46	DHCP
10.0.2.188		6/3/2003 21:13:58	DHCP
10.0.2.189		6/3/2003 21:37:11	DHCP
10.0.2.190		6/3/2003 20:59:04	DHCP
10.0.2.191		7/3/2003 00:12:01	DHCP
10.0.2.192		2/3/2003 21:00:52	DHCP
10.0.2.193		6/3/2003 22:33:52	DHCP
10.0.2.194		4/3/2003 09:19:00	DHCP
10.0.2.195		17/2/2003 19:03:46	DHCP
10.0.2.196		6/3/2003 22:48:18	DHCP
10.0.2.197		6/3/2003 20:57:41	DHCP
10.0.2.198		6/3/2003 21:06:50	DHCP
10.0.2.199		23/2/2003 06:19:03	DHCP
10.0.2.200		27/2/2003 22:06:45	DHCP
10.0.2.201		6/3/2003 21:10:46	DHCP
10.0.2.202		2/3/2003 01:37:17	DHCP
10.0.2.203		6/3/2003 21:03:58	DHCP
10.0.2.204		Infinite	DHCP
10.0.2.205		7/3/2003 00:27:57	DHCP
10.0.2.206		17/2/2003 19:07:43	DHCP

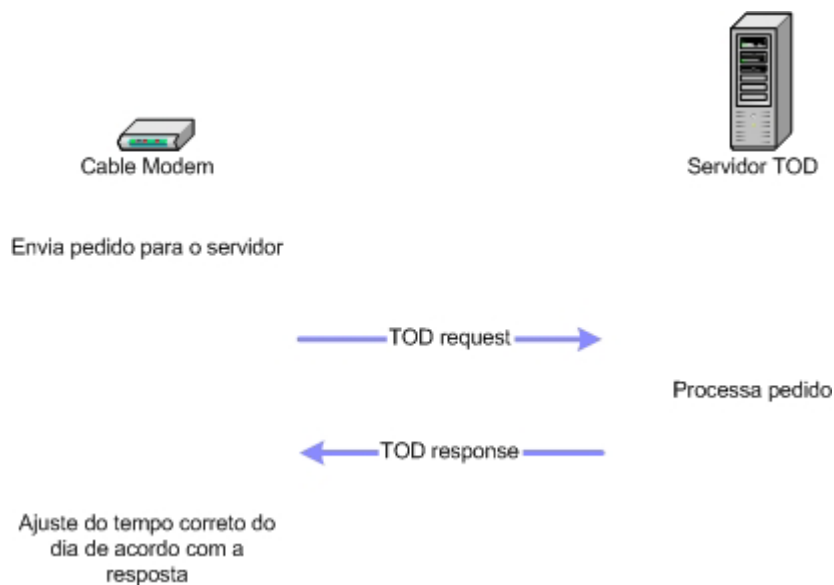
Figura 4-5: Uma das implementações de um servidor DHCP.

## 4.6 Estabelecimento de TOD

O CM e o CMTS necessitam do tempo e da data atuais para que eventos registrados com o time-stamp possam ser revistos pelo sistema de gerência. A sincronia com o servidor TOD é feita da seguinte maneira:

O CM faz um pedido ao servidor TOD através do protocolo NTP.

O servidor TOD processa o requerimento e responde ao CM, com o tempo de referência e, ao CMTS para que este use este tempo para marcar a duração da sessão.



**Figura 4-6: Fluxo de mensagens durante estabelecimento do tempo do dia**

## **4.7 Transferência de parâmetros operacionais**

O arquivo de configuração fornece ao CM a configuração e o provisionamento de dados que é necessário para a inicialização e a conexão com sucesso com a rede.

O CM envia um pedido TFTP para o arquivo de configuração especificado na resposta DHCP.

O servidor TFTP faz um download do arquivo de configuração pedido para o CM.

Se um CM faz a transferência de um arquivo contendo um canal de upstream e/ou frequência de downstream diferente do qual o modem está utiliza, este não deve enviar um requerimento de registro para o CMTS. O modem deve obrigatoriamente fazer ranging inicial com os novos canais de upstream e/ou frequência de downstream.

Uma implementação de um servidor TFTP pode ser observada na figura abaixo. Este é o 3CServer, uma implementação de um servidor TFTP e FTP, utilizado para esta etapa de registro dos cable modems.

Start Time	Type	Peer	Bytes	Command	Status
14:03:16	Tftp Srv	10.0.0.108	76	GET C:\Vtftpdroot\Nb2_9_1.out	TFTP: Successful. Total bytes transferred: 76
14:03:10	Tftp Srv	10.0.0.47	76	GET C:\Vtftpdroot\Nb2_9_2.out	TFTP: Successful. Total bytes transferred: 76
14:03:07	Tftp Srv	10.0.0.10	76	GET C:\Vtftpdroot\Nb2_9_1.out	TFTP: Successful. Total bytes transferred: 76
14:02:47	Tftp Srv	10.0.1.132	76	GET C:\Vtftpdroot\Nb2_12_1.out	TFTP: Successful. Total bytes transferred: 76
14:02:03	Tftp Srv	10.0.2.214	76	GET C:\Vtftpdroot\Nb2_11_1.out	TFTP: Successful. Total bytes transferred: 76
14:01:38	Tftp Srv	10.0.1.97	76	GET C:\Vtftpdroot\Nb2_11_2.out	TFTP: Successful. Total bytes transferred: 76
14:01:15	Tftp Srv	10.0.0.227	76	GET C:\Vtftpdroot\Nb2_9_1.out	TFTP: Successful. Total bytes transferred: 76
14:01:13	Tftp Srv	10.0.0.108	76	GET C:\Vtftpdroot\Nb2_9_1.out	TFTP: Successful. Total bytes transferred: 76
14:00:53	Tftp Srv	10.0.2.100	76	GET C:\Vtftpdroot\Nb1.out	TFTP: Successful. Total bytes transferred: 76
14:00:38	Tftp Srv	10.0.0.59	76	GET C:\Vtftpdroot\Nb2_13_1.out	TFTP: Successful. Total bytes transferred: 76
14:00:26	Tftp Srv	10.0.0.108	76	GET C:\Vtftpdroot\Nb2_9_1.out	TFTP: Successful. Total bytes transferred: 76
14:00:10	Tftp Srv	10.0.0.25	76	GET C:\Vtftpdroot\Nb2_11_1.out	TFTP: Successful. Total bytes transferred: 76
13:59:55	Tftp Srv	10.0.0.95	76	GET C:\Vtftpdroot\Nb2_11_2.out	TFTP: Successful. Total bytes transferred: 76
13:59:08	Tftp Srv	10.0.0.95	0	GET C:\Vtftpdroot\Nb2_11_2.out	No more retries left. Aborting
13:58:36	Tftp Srv	10.0.2.15	76	GET C:\Vtftpdroot\Nb2_13_1.out	TFTP: Successful. Total bytes transferred: 76
13:58:14	Tftp Srv	10.0.0.226	76	GET C:\Vtftpdroot\Nb2_9_2.out	TFTP: Successful. Total bytes transferred: 76
13:57:21	Tftp Srv	10.0.0.108	0	GET C:\Vtftpdroot\Nb2_9_1.out	No more retries left. Aborting
13:55:29	Tftp Srv	10.0.0.95	76	GET C:\Vtftpdroot\Nb2_11_2.out	TFTP: Successful. Total bytes transferred: 76
13:55:07	Tftp Srv	10.0.2.71	76	GET C:\Vtftpdroot\Nb1.out	TFTP: Successful. Total bytes transferred: 76
13:54:37	Tftp Srv	10.0.1.132	76	GET C:\Vtftpdroot\Nb2_12_1.out	TFTP: Successful. Total bytes transferred: 76
13:54:31	Tftp Srv	10.0.0.230	76	GET C:\Vtftpdroot\Nb2_14_1.out	TFTP: Successful. Total bytes transferred: 76
13:54:31	Tftp Srv	10.0.0.95	0	GET C:\Vtftpdroot\Nb2_11_2.out	No more retries left. Aborting
13:54:12	Tftp Srv	10.0.0.108	76	GET C:\Vtftpdroot\Nb2_9_1.out	TFTP: Successful. Total bytes transferred: 76
13:54:11	Tftp Srv	10.0.2.94	76	GET C:\Vtftpdroot\Nb1.out	TFTP: Successful. Total bytes transferred: 76
13:53:37	Tftp Srv	10.0.0.95	76	GET C:\Vtftpdroot\Nb2_11_2.out	TFTP: Successful. Total bytes transferred: 76
13:52:25	Tftp Srv	10.0.0.233	76	GET C:\Vtftpdroot\Nb2.out	TFTP: Successful. Total bytes transferred: 76
13:52:12	Tftp Srv	10.0.0.95	76	GET C:\Vtftpdroot\Nb2_11_2.out	TFTP: Successful. Total bytes transferred: 76
13:51:16	Tftp Srv	10.0.1.69	76	GET C:\Vtftpdroot\Nb2_9_2.out	TFTP: Successful. Total bytes transferred: 76
13:51:10	Tftp Srv	10.0.2.69	76	GET C:\Vtftpdroot\Nb2_9_2.out	TFTP: Successful. Total bytes transferred: 76
13:51:01	Tftp Srv	10.0.0.108	76	GET C:\Vtftpdroot\Nb2_9_1.out	TFTP: Successful. Total bytes transferred: 76
13:50:17	Tftp Srv	10.0.1.47	76	GET C:\Vtftpdroot\Nb2_11_1.out	TFTP: Successful. Total bytes transferred: 76
13:48:44	Tftp Srv	10.0.0.227	76	GET C:\Vtftpdroot\Nb2_9_1.out	TFTP: Successful. Total bytes transferred: 76
13:48:02	Tftp Srv	10.0.0.108	76	GET C:\Vtftpdroot\Nb2_9_1.out	TFTP: Successful. Total bytes transferred: 76
13:47:41	Tftp Srv	10.0.2.100	76	GET C:\Vtftpdroot\Nb1.out	TFTP: Successful. Total bytes transferred: 76
13:46:44	Tftp Srv	10.0.2.62	76	GET C:\Vtftpdroot\Nb1.out	TFTP: Successful. Total bytes transferred: 76
13:46:38	Tftp Srv	10.0.1.22	76	GET C:\Vtftpdroot\Nb2_9_2.out	TFTP: Successful. Total bytes transferred: 76
13:46:02	Tftp Srv	10.0.0.108	76	GET C:\Vtftpdroot\Nb2_9_1.out	TFTP: Successful. Total bytes transferred: 76
13:45:55	Tftp Srv	10.0.0.237	76	GET C:\Vtftpdroot\Nb2_12_2.out	TFTP: Successful. Total bytes transferred: 76
13:45:36	Tftp Srv	10.0.0.95	0	GET C:\Vtftpdroot\Nb2_11_2.out	No more retries left. Aborting
13:45:26	Tftp Srv	10.0.0.215	76	GET C:\Vtftpdroot\Nb2_13_1.out	TFTP: Successful. Total bytes transferred: 76
13:45:10	Tftp Srv	10.0.0.108	76	GET C:\Vtftpdroot\Nb2_9_1.out	TFTP: Successful. Total bytes transferred: 76
13:44:28	Tftp Srv	10.0.0.95	76	GET C:\Vtftpdroot\Nb2_11_2.out	TFTP: Successful. Total bytes transferred: 76
13:44:18	Tftp Srv	10.0.0.108	76	GET C:\Vtftpdroot\Nb2_9_1.out	TFTP: Successful. Total bytes transferred: 76
13:44:00	Tftp Srv	10.0.2.161	76	GET C:\Vtftpdroot\Nb2_13_1.out	TFTP: Successful. Total bytes transferred: 76

TFTP: On    FTP: Off    Ready

Figura 4-7: Uma das implementações de um servidor TFTP.

## 4.8 Registro no CMTS

Após os passos anteriores, o CM está pronto para registrar no CMTS. O cable modem deve estar autorizado para trafegar dados na rede uma vez que ele foi inicializado, autenticado e configurado.

- O CM constrói um pedido de registro baseado nos parâmetros operacionais que foram obtidos no arquivo de configuração, sendo então enviado ao CMTS.
- O CMTS valida o segredo compartilhado com o servidor de provisionamento.
- O CMTS aloca identificadores de CoS e envia uma resposta de registro.

## **4.9      *Obtenção de parâmetros para **Baseline Privacy*****

O padrão DOCSIS adicionou características de segurança à camada de enlace que não fazem parte de outras especificações. Estas características são conhecidas como BPI (“Baseline Privacy Interface”). As funcionalidades desta interface de privacidade podem ser estudadas em [BPI].

# 5. Metodologia para Escolha de Novas Plataformas

## 5.1 *Premissas*

Dentre as várias opções de plataformas de serviços de banda larga disponíveis no mercado, o objetivo é apontar aquela que possa oferecer as soluções que mais se adaptem aos sistemas MMDS. Para a escolha desta plataforma foram adotadas as seguintes premissas:

- Acesso à Internet a velocidades de 64 Kbps e seus múltiplos;
- Serviços de Streaming Video;
- Interconexão de redes locais;
- Prestação de outros serviços que exijam qualidade de serviço (QoS), como VoIP e Vídeo Conferência;
- Adoção do padrão DOCSIS.

A escolha de um padrão comum é estratégica aos operadores, pois representa um ganho de escala nos equipamentos instalados no assinante e preserva o operador de soluções proprietárias. A saída do mercado de um fabricante ou descontinuação de um determinado produto, de solução proprietária, pode colocar o operador em situação muito delicada. Tendências do mercado têm convergido para o DOCSIS como um padrão para redes a cabo. Apesar de não ser um padrão específico para os ambientes sem fio, já se demonstrou sua viabilidade de seu uso em sistemas MMDS. Adicionalmente, tem-se verificado que dificilmente empresas dedicadas ao mundo “wireless” têm se mantido no mercado, nem puderam oferecer os preços do terminal do assinante competitivos. O padrão

DOCSIS também está em evolução para incorporar características que o torne mais robusto para ambientes sem fio ([RFI-2.0] e [Tryn3]).

As redes de MMDS devem atender também a três características de radiofrequência exigidas nestes ambientes: cobertura, capacidade e interferência. Existem dois aspectos muito particulares dos sistemas MMDS:

- Limitação de espectro do canal de retorno (12 MHz): que exige o uso de técnicas para o reuso de frequência como a celularização e setorização, para se atingir a capacidade de tráfego demandada na rede;
- Minimização dos problemas de interferência presentes no canal de retorno.

Estes dois pontos demandam uma quantidade de canais de upstream maior que os convencionalmente empregados em redes a cabo, além de uma capacidade de chaveamento e tratamento dos sinais de upstream de forma mais elaborada e automatizada.

## **5.2      *Análise das Plataformas: Metodologia***

Uma análise preliminar foi feita a partir de pesquisas em páginas na Internet especializadas no assunto e nos próprios sites de fabricantes. Foram identificados os seguintes fabricantes com seus respectivos produtos e modelos:

- ADC: Cuda 12000



**Figura 5-1: ADC Cuda 12000.**

- Arris Interactive: Cornerstone CMTS 1500



**Figura 5-2: Arris Interactive Cornerstone CMTS 1500.**

- Cadant: C4



**Figura 5-3: Cadant C4.**



- Cisco Systems: uBR7111, uBR7111E, uBR7114, uBR7114E, uBR7223, uBR10012, uBR7246 e uBR7246VXR



**Figura 5-4: Cisco uBR7246VXR.**

- COM21: ComCONTROLLER 2000, ComCONTROLLER 2100 e ComCONTROLLER 2100 Expansion
- Coresma: Quarterback



**Figura 5-5: Coresma Quarterback.**

- Hybrid: S2000
- Motorola: CAS2000, BSR1000 e BSR64000



**Figura 5-6: Motorola CAS2000.**



**Figura 5-7: Motorola BSR1000.**



**Figura 5-8: Motorola BSR64000.**

- NextNet Wireless: Expedience

- Scientific Atlanta: Prisma G10



**Figura 5-9: Scientific Atlanta Prisma G10.**

- Tellabs: CABLESPAN 2700
- Terayon: BE2000, BE2800, BW3200 e BW3500



**Figura 5-10: Terayon BE 2000.**



**Figura 5-11: Terayon BE 2800.**



**Figura 5-12: Terayon BW 3500.**



**Figura 5-13: Terayon BW 3200.**

- TurboNet Communications: Cable Data Bridge
- Vyvo: V3000



**Figura 5-14: Vyvo V3000.**

Após uma primeira escolha, enviaram-se questionários RFIs (“Request For Information”) [NeoTec1] a 8 grandes empresas do setor dentro da listagem acima, com 18 modelos de CMTSSs.

A apresentação dos resultados será feita em duas partes: Equipamento Central, na qual são discutidas características dos CMTSs incorporadas pelo fabricante e; Gerência e Controle, a habilidade com que assinantes são gerenciados (em Anexo). Dentro de cada parte serão discutidos os principais pontos analisados nas respectivas planilhas comparativas apresentadas.

## **5.3      *Equipamento Central***

### **5.3.1      Escalabilidade**

A necessidade de reutilização de frequências através das técnicas de setorização e celularização faz-se um princípio de extrema importância pela limitada faixa de retorno [Tryn2]. Este é um aspecto crítico e decisivo, na qual uma tecnologia torna-se muito flexível quanto à associação de canais de downstream e upstream. Deste modo, torna-se fundamental que a plataforma possibilite a relação de “n” canais de downstream e “m” canais de upstream.

De acordo com a Tabela 7-1, praticamente todos os fabricantes fornecem soluções com placas de 1 canal de downstream associado a “m” canais de upstream. As seguintes empresas fornecem soluções de 1 canal de downstream associado a quatro de upstream (1:4)

- Motorola: modelos BSR 1000, com 1 slot por CMTS e BSR64000 com 13 slots por CMTS
- Cisco: modelo uBR7114E, com 1 slot por CMTS e uBR10012, com 8 placas duplas por CMTS;
- Terayon: modelo BE2000, com 6 slots por CMTS e BE2800, com 16 slots por CMTS.

As seguintes empresas fornecem soluções de 1:6

- Cisco: modelos uBR7246 e uBR7246VXR , com 4 slots por CMTS e uBR7223, com 2 slots por CMTS).

As seguintes empresas fornecem soluções de 1:8

- Arris: modelo Conerstone CMTS1500, com 1 slot por CMTS;
- Motorola: modelo CAS2000, com 1 slot por CMTS.

Estes dois modelos são na verdade CMTS autônomos. O sistema tem o aumento de capacidade condicionado a aumento de módulos CMTS e não em placas no CMTS ([Arris-I] e [MtrI4]).

A única empresa que oferece uma condição diferenciada é a Scientific Atlanta (modelo Prisma G10), com um CMTS com 4 canais de downstream e 16 de upstream por placa, sendo possíveis 8 placas por CMTS. Estes canais de downstream não estão associados aos de upstream em qualquer relação fixa (como por exemplo, 1:4). Na verdade é possível alocar-se 1 canal de downstream para até 16, se desejável. Existem fisicamente 4 conectores para a sintonia dos canais de upstream. Cada uma das 4 portas consegue manipular todo o espectro. É feita a digitalização de toda a faixa e a programação daqueles canais que devem ser alocados por porta dentro da banda [SA].

Com a demanda de tráfego em redes de MMDS em operação sob objeto de análise, verifica-se que a relação entre as taxas de transmissão dos canais de downstream e upstream é de 2:1. Esta assimetria do tráfego deve-se ao fato de existir uma maior concentração de clientes que utilizam principalmente os serviços de Internet em alta velocidade. À medida que se aumenta o número de conexões voltadas para o ambiente corporativo através de serviços de conexões de redes, ou ainda VoIP e videoconferência, maior a convergência para um tráfego simétrico.

Com a relação de tráfego de 2:1 entre os canais de downstream e upstream e ainda, sabendo que cada canal de 6 MHz de downstream tem a possibilidade de oferecer uma taxa total de 30 Mbps com a modulação 64-QAM, para atingir a taxa total de 15 Mbps nos canais de upstream (com o uso da modulação QPSK e com canalização de 1,6 MHz), serão necessários no mínimo 6 canais de upstream para atingir-se o tráfego desejado.

Desta forma percebe-se que plataformas com número menor que 6 canais de upstream associados a um canal de downstream tornam o espectro ineficiente. Além disso, demandariam um número alto de canais de downstream para

compensar a rápida ocupação dos canais de upstream. Para operadores de redes a cabo esta ineficiência pode ser tolerada com a alocação de mais canais de downstream. Já esta disponibilidade de canais de downstream não ocorre no MMDS.

Uma configuração típica de arquitetura de sistemas em MMDS é a topologia em super célula, onde existe a transmissão omnidirecional de downstream e setorizada de upstream. A faixa de retorno sem reuso comporta 7 canais de 1,6 MHz, com taxa total de 18 Mbps (este cenário será traçado mais à frente). O reuso de frequência dos canais de upstream é, portanto fundamental para viabilidade de tráfego na rede. Uma configuração de 4 setores de upstream é a mínima necessária para utilizar-se o reuso de frequência. Com esta configuração, consegue-se 14 canais de upstream, o que permite dobrar a capacidade total da faixa para 36Mbps (Figura 2-3 e Figura 2-4). Desta forma existiriam 3 e 4 canais de upstream por setor, alternadamente, e uma grande capacidade na rede no sentido reverso, permitindo explorar serviços simétricos de maneira mais eficiente.

A partir deste exemplo de topologia de rede, observa-se que um sistema com pelo menos 8 canais de upstream associados a um de downstream seria necessário. Assim, promovem-se dois canais por setor e uma taxa total de retorno de 20 Mbps. Sistemas com 6 canais necessitam a composição de pelo menos duas placas de downstream para permitir reuso do espectro. Apesar de também haver a possibilidade de otimização dos canais de retorno há necessidade de ocupação mais rápida dos canais de downstream e o sistema encontra-se limitado no mínimo de ocupação destes canais. Deve-se observar ainda que os canais alocados por setor não devem ser contíguos. Canais intercalados minimizam a possibilidade de dois canais serem afetados por uma mesma portadora interferente.

Análises na Tabela 7-1 confirmam que o sistema Prisma G10 da Scientific Atlanta leva vantagem sobre os demais neste quesito.

### **5.3.2 Modularidade**

Funções como roteamento, multicasting e provisionamento de CMs para gerência de entrega de serviços e VoIP, devem fazer parte do conceito geral da plataforma.

Cada uma destas funções determina uma exigência a mais de processamento à plataforma. Sendo assim, é importante que as funções adicionais previstas ao sistema, sejam administradas por processadores distintos, já que nem todos os usuários utilizam todos os serviços acima.

De forma geral (Tabela 7-2), todos os fabricantes fornecem este tipo de funções, em geral com módulos adicionais inseridos no chassi do CMTS (placas de roteamento, de gerência do tráfego, provisionamento, etc). A função de roteamento é feita de maneira diferenciada no fabricante Arris Interactive. Ela a implementa em camada 2 do modelo OSI, sendo feita nos demais feita em camada 3. Isto foi uma forma de atingir os requisitos de latência exigidos pelo DOCSIS 1.1. Este por sinal é o único fabricante homologado até o momento (2º semestre de 2001) pela CableLabs para esta versão [Qlfcd]. O chaveamento com redes WAN é, de forma geral, feito com roteador externo em todos os fabricantes.

A criação de VPNs também é feita com o uso de equipamentos externos em todos os fabricantes.

O processamento do CMTS Arris é completamente distribuído: cada chassi comporta 1 canal de downstream e até 8 de upstream (semelhantemente ao Motorola CAS2000). Os demais fabricantes utilizam o conceito de um chassi com “n” placas de interface com o meio. Nestas, cada canal de downstream está associado a canais de upstream. Existe neste caso um processamento local nas placas e outro geral do chassi, onde é controlado tanto o tráfego total no barramento comum das placas, como o status do chassi.

### **5.3.3 Tolerância à falhas**

O sistema deve prever os seguintes mecanismos de tolerância à falha:

- Fonte AC redundante;
- Hot swap;
- Alarme de temperatura;
- Operação em Cluster (operação em Hot Stand By, com comutação automática).



O equipamento Arris Interactive Cornerstone CMTS 1500 exibe a possibilidade de se instalar um CMTS de back up automático na configuração de 1 até 4. Qualquer dos CMTS que falhe pode ser substituído automaticamente. Além disso, dentre os 8 canais de upstream é possível alocar o 8º canal para chaveamento de qualquer dos demais canais. Além disto cada módulo de upstream e downstream permite sua substituição individualmente, em caso de falha.

O equipamento Prisma G10 da Scientific Atlanta realiza o chaveamento automático dos canais de downstream e upstream através de uma chave RF interna. No caso de falha de uma das placas, o CMTS faz o chaveamento de todos os sinais da placa em defeito para uma placa reserva, sem a necessidade de se desconectar os cabos de upstream e downstream. Evita-se assim a necessidade de painéis de comutação ou de trocas demoradas de cabos [RFC\_SA].

O mercado a ser atendido justifica-se por tal grau de proteção. Quando o foco do negócio é o mercado corporativo, o tempo de interrupção deve ser da ordem de microsegundos. Mercados de pequenas empresas e residencial podem tolerar tempos maiores de recuperação em caso de falhas.

#### **5.3.4 Adaptabilidade a ambientes ruidosos**

A faixa de freqüências destinada ao canal de retorno dos serviços de MMDS bidirecionais é extremamente hostil. O espectro radioelétrico é poluído e a rede está constantemente sujeita a interferências, nas qual pode torná-la inoperante [Tryn2]. Para operar nesse ambiente a plataforma deve:

- Permitir o chaveamento automático ou manual de canal de upstream em caso de interferência ou degradação da relação sinal ruído;
- Permitir a subcanalização flexível da faixa de retorno;
- Permitir a criação de grupos de canais para um dado setor ou célula de atendimento.

A Cisco realiza o chaveamento dos canais de upstream com re-sintonia da freqüência da porta de upstream afetada. O problema é que a plataforma não dispõe de muitos canais e não existe análise prévia da condição do novo canal antes

do chaveamento [RFI\_C]. A Terayon também realiza o chaveamento, mas nem ela, nem Cisco fazem o ajuste da largura de faixa automaticamente.

A Scientific Atlanta consegue minimizar os problemas de interferência pelo cancelamento de parte do ruído, uma vez que toda a faixa de upstream é digitalizada. O cancelamento de sinais interferentes permite que se opere com modulação 16-QAM onde normalmente pode-se operar com QPSK, o que aumentaria muito a eficiência espectral do canal de retorno [RFI\_SA]. O chaveamento é feito de maneira programável para os canais pré-selecionados em cada porta de upstream. Desta forma é possível alterar-se a distribuição de canais de um setor a outro muito facilmente, o que dá tanto maior escalabilidade ao produto, assim como flexibilidade ao operador para alteração de canais em caso de interferência, ou forte demanda de tráfego em um setor.

A Arris Interactive oferece a possibilidade de chaveamento mais inteligente entre os CMTS. Primeiramente tenta-se alterar a configuração de treliça, depois a modulação utilizada, a largura de canal (subcanalização) e por fim ocorre o chaveamento, tudo de forma automática e programável. Desta maneira, esta seria a opção mais indicada aos ambientes sem fio neste quesito.

### **5.3.5 Administração de Acesso**

A capacidade máxima de gerência simultânea de cable modems:

- Cisco uBR7200: 35.000 com gerência própria e mais 10.000 com software de gerência da Furukawa [RFI\_C];
- Motorola BSR64000: 28.000 [RFI\_M];
- Arris Interactive Cornerstone CMTS 1500: 20.000 [Arris-I];
- Terayon: 12.000 (modelo BE20000) e 28.000 (modelo BE28000) [RFI\_T].

## **5.4 Gerência e Controle**

### **5.4.1 Configuração de Classes de Serviço**

A análise de tráfego, necessária ao projeto da rede de RF baseia-se na definição de classes de serviço para o correto dimensionamento da capacidade necessária à rede. Deste modo, são características fundamentais:

- A possibilidade de definição de taxas múltiplas de 64 kbps (256, 512, 768 kbps, etc);
- Alteração de CoS de um dado usuário de forma remota.

Os fabricantes Cisco, Motorola, Terayon, Scientific Atlanta e Arris Interactive permitem a definição de classes de serviço, com alteração remota. A Terayon e a Scientific Atlanta apresentam número definido de classes (16 classes) enquanto que os demais não possuem um limite pré-estabelecido.

### **5.4.2 Configuração de Qualidade de Serviço**

Cada segmento de mercado demanda necessidades específicas de garantia de reserva de banda QoS. A possibilidade de diferenciar os tráfegos de mercados: residencial, SOHO e de médias e grandes empresas é de extrema importância na definição de “nuvens” de clientes. Além disso, aplicações isócronas (sensíveis à latência ou de atrasos na rede) devem ser tratadas de forma diferenciada. Assim, são características necessárias:

- A possibilidade de reserva de banda;
- A possibilidade de prioridade de tráfego em função do tipo de aplicação (dados, voz ou vídeo).

Apesar de Cisco, Motorola, Terayon e Scientific Atlanta estabelecerem QoS, apenas a Arris Interactive possui qualificação CableLabs DOCSIS 1.1 [Qlfc]. Em todos os casos esta configuração é nativa.

#### **5.4.3 Controle de Uso de Banda por Usuário e do Sistema Completo**

O crescimento do número de aplicações passíveis de serem transportadas na rede (como por exemplo voz) demandam a necessidade da medição da banda consumida ao longo do tempo por um dado usuário. Só assim se poderá optar por uma bilhetagem por tráfego, em contraponto à cobrança plena (“flat”).

Por outro lado, a gerência eficiente da rede de acesso, passa pelo acompanhamento ao longo do tempo de sua utilização. Apenas a análise real do tráfego cursado na rede permitirá o seu correto dimensionamento. Assim, a plataforma de gerência deve gerar relatórios de utilização por canal de upstream e downstream.

Os fabricantes Cisco, Motorola, Terayon, Scientific Atlanta e Arris Interactive permitem tanto o controle e o registro de banda por usuário, sendo o registro feito em banco de dados SQL (“Structured Query Language”) ou Oracle, como a gerência do uso da banda para os canais de upstream e downstream.

#### **5.4.4 Controle de Acesso**

A plataforma deve permitir controle de acesso pelo endereçamento MAC do equipamento e do usuário, para que se minimize assim a possibilidade de roubo de informações e a pirataria. O sistema deve ser compatível com banco de dados SQL para que seja possível a comunicação com outros sistemas de CRM (“Customer Relationship Management”). A autenticação da rede nos diversos fabricantes é feita baseada no protocolo RADIUS (“Remote Authentication Dial-In User Service”), PPPoE (“Point-to-Point Protocol over Ethernet”) ou em sistema de DHCP, conforme mostrado em tabela anexa (Tabela 7-12).

#### **5.4.5 “Open Access”**

O modelo desenhado pelo órgão regulador brasileiro torna obrigatória a disponibilidade da rede de acesso a diversos provedores de serviço. A plataforma deve, portanto apresentar solução para essa questão. Todos os fabricantes oferecem soluções de Open Access, sendo a solução baseada em “Policy Routing”, MPLS, “VPN future” e “Service Selection Gateways”.

#### **5.4.6 Provisionamento**

A plataforma deve permitir de forma transparente a definição de endereçamentos (nuvens), classes de serviço (arquivos de configuração) dentre outros. Os dados relativos a essas definições devem constar de banco de dados de padrão aberto (SQL ou Oracle). Todos os fabricantes oferecem soluções de provisionamento. Apesar das soluções serem proprietárias, o armazenamento dos dados de provisionamento é feito em bancos de dados aberto.

#### **5.4.7 Ferramentas de Gerência: NOC**

O centro de operações de rede deve ter a sua disposição ferramenta própria às suas atividades que permita:

- Configuração de equipamentos através de interface gráfica;
- Análise pró-ativa de problemas;
- Interação com sistemas de gerência de assinantes (SMS) baseados em bancos de dados padrões aberto (SQL ou Oracle);
- Gerência baseada em SNMP;
- Alarmes administrativos para rápida identificação de problemas;
- Relação sinal/ruído dos canais de upstream.

#### **5.4.8 Ferramentas de Gerência: Suporte a Clientes**

O suporte técnico telefônico (“Costumer Care”) deve ter a sua disposição ferramenta própria às suas atividades que permita:

- Interação com sistemas de gerência de assinantes (SMS) baseados em bancos de dados padrões aberto (SQL ou Oracle);
- Alteração de CoS;
- Análise de performance;
- Indicação de status de operação;
- Identificação de problemas:
  - Taxas de Tx, Rx;
  - Relação sinal/ruído para os canais de downstream;
  - Perda de pacotes;
  - “Flap List” (comportamento anormal de cables);
  - Chavamento de canal de operação (upstream e downstream).

As características descritas são praticamente todas atendidas pelos fabricantes, a exceção da Cisco que não oferece o envio automático e e-mails e/ou bit para o administrador em caso de falha e da Scientific Atlanta, que não oferece a geração de back up de configuração através de interface gráfica.

### **5.5 Conclusões**

Tendo analisadas as plataformas no seu aspecto técnico, podem-se descartar as que oferecem número de canais de upstream menor que 6 canais, conforme 5.3.1. Isto restringe o horizonte de opções aos seguintes fabricantes:

- Arris Interactive Cornerstone CMTS 1500;
- Scientific Atlanta Prisma G10;
- Cisco uBR7246;
- Motorola CAS 2000.

Durante a realização deste trabalho nos foi informado, no entanto que a plataforma Motorola CAS 2000 será descontinuada, o que restringe o horizonte de fabricantes aos três primeiros.

Dentre estas a plataforma de maior escalabilidade é a Scientific Atlanta Prisma G10. No entanto a de maior robustez aos problemas de interferência é a Arris Interactive (permite não apenas a análise dos casos de interferência, como também uma série de mecanismos de ajuste, como a mudança de configuração da treliça ("trellis"), da modulação, da largura do canal e finalmente do canal de upstream).

Pelo ponto de vista de participação do produto no mercado mundial, verifica-se que apesar da Scientific Atlanta apresentar um produto extremamente promissor, esta ainda não possui nenhum equipamento vendido no Brasil. Sua presença está restrita ao mercado americano, com algumas unidades vendidas no México e Argentina. No entanto deve-se levar em conta que este é um produto recém lançado no mercado (apenas 6 meses) e que o foco de negócios da Scientific Atlanta é especificamente headends a pelo menos 50 anos. A Arris Interactive vem trabalhando com plataformas de serviço de banda larga há mais tempo. Esta versão é a quarta geração de CMTS. Possui forte presença na América do Sul e Ásia. No Chile existem mais de 100 CMTS instalados, enquanto que na Ásia mais de 160. Possui 20 CMTS vendidos a Cambrás, que nos reportou uma grande satisfação com o equipamento. Esta é ainda a única homologada pelo CableLabs (até o presente momento) para o DOCSIS 1.1. A Cisco por sua vez é a maior empresa do mundo em seu segmento. Tem grande participação no mercado, com vários CMTS instalados no mundo e no Brasil. Apesar de não apresentar o mesmo desempenho que a Arris e a Scientific Atlanta na interface RF, esta empresa tem todo o domínio na parte de rede de dados.

Com relação ao suporte técnico, pode ser verificado que a Cisco possui algumas empresas que podem oferecer suporte no Brasil, tais como a Furukawa, TVC e Hi Value. A Scientific Atlanta também possui escritório no Brasil. Apesar do número reduzido de funcionários há a possibilidade de suporte remoto pelo escritório central nos EUA. A Arris Interactive possui um representante no Rio, mas também dispõe de suporte remoto, através de escritórios nos EUA e Chile.

Primeiramente, os cenários para a evolução do sistema serão traçados, de acordo com alguns estudos técnicos da LinkExpress. Em seguida, as soluções

dos fabricantes serão adaptadas aos cenários. Finalmente, pelo ponto de vista econômico, receberam-se as propostas dos três fabricantes.

Serão apresentados três cenários para demonstrar as opções aos operadores de acordo com a realidade de seu mercado. O primeiro cenário, demonstrado pela Figura 5-15 e pela Figura 5-16, forma uma super célula para até 1500 usuários, com um downstream omnidirecional e quatro setores de upstream sem a utilização do reuso de frequências. O canal de retorno de 12 MHz foi canalizado em 7 canais de 1,6 MHz. Pode-se fazer o uso ainda do restante do espectro, ou seja, um canal “8” a mais de 800 kHz.

A segunda projeção (Figura 5-17 e Figura 5-18) ilustra uma super célula para até 3000 usuários com quatro setores de upstream, cada dois destes associados a um canal de downstream. Deve-se observar o reuso do espectro da banda de retorno.

No último cenário futuro (Figura 5-19, Figura 5-20 e Figura 5-21), pode-se observar quatro canais de downstream, cada um associado a dois setores de upstream. Isto resulta em 8 setores de upstream e numa super célula com capacidade para até 6000 usuários.





Figura 5-15: Downstream para o cenário 1.

**BW: 12 MHz**  
**Setores: 4**  
**Modulação: QPSK**  
**Taxa: 1280 ksym/s**  
**Canalização: 1,6 MHz**  
**Número de Canais: 7**

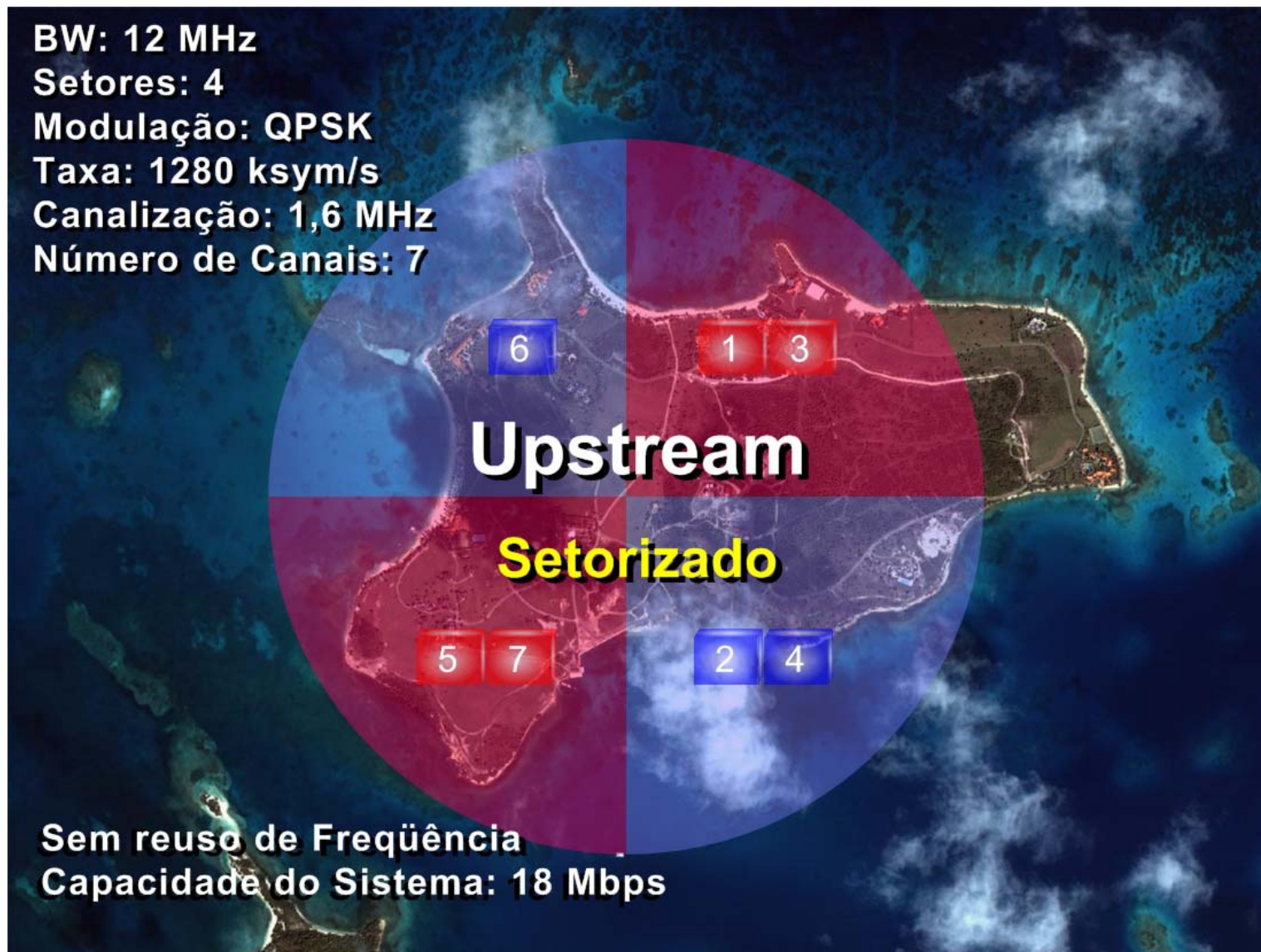


Figura 5-16: Upstream para o cenário 1.



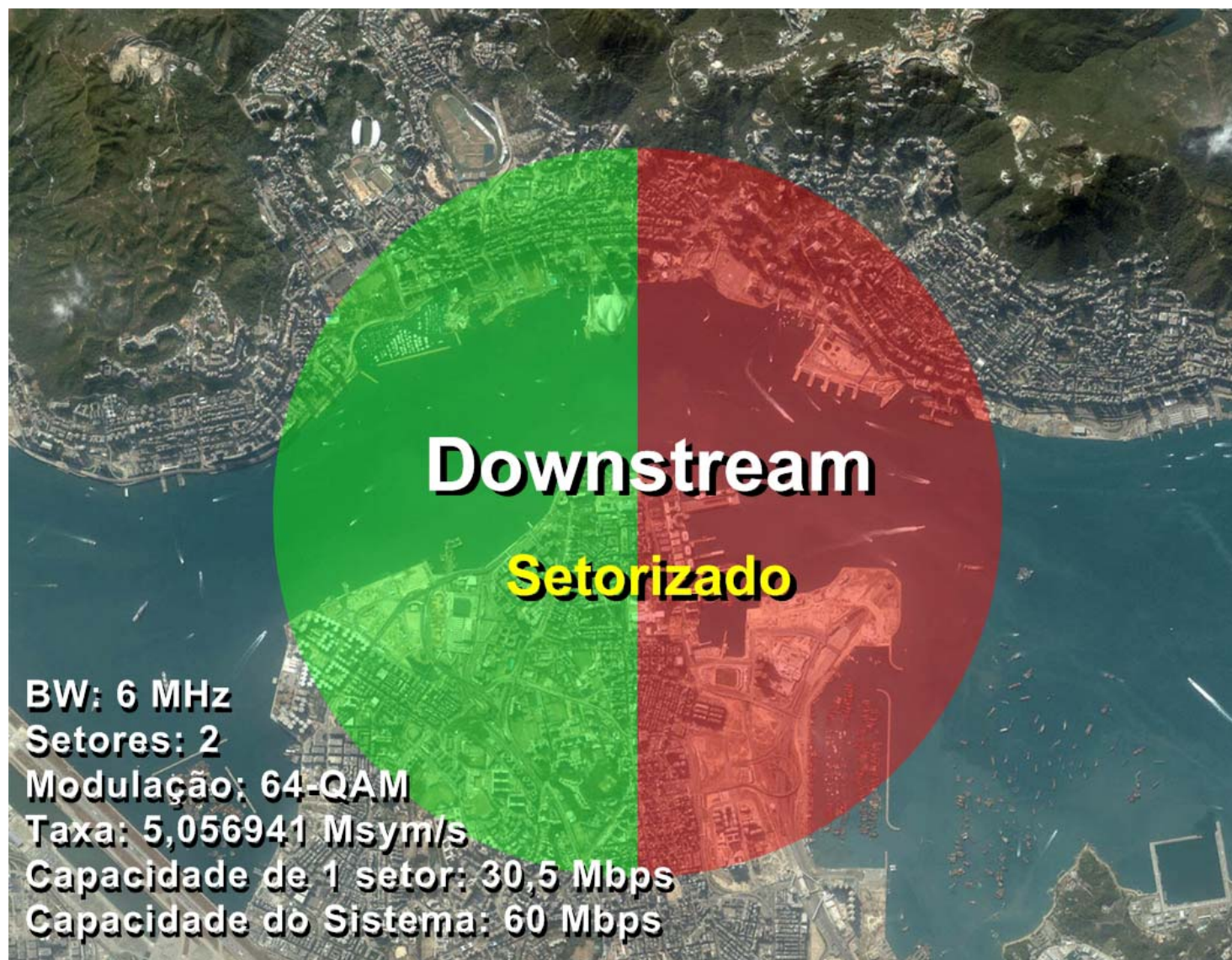


Figura 5-17: Downstream para o cenário 2.



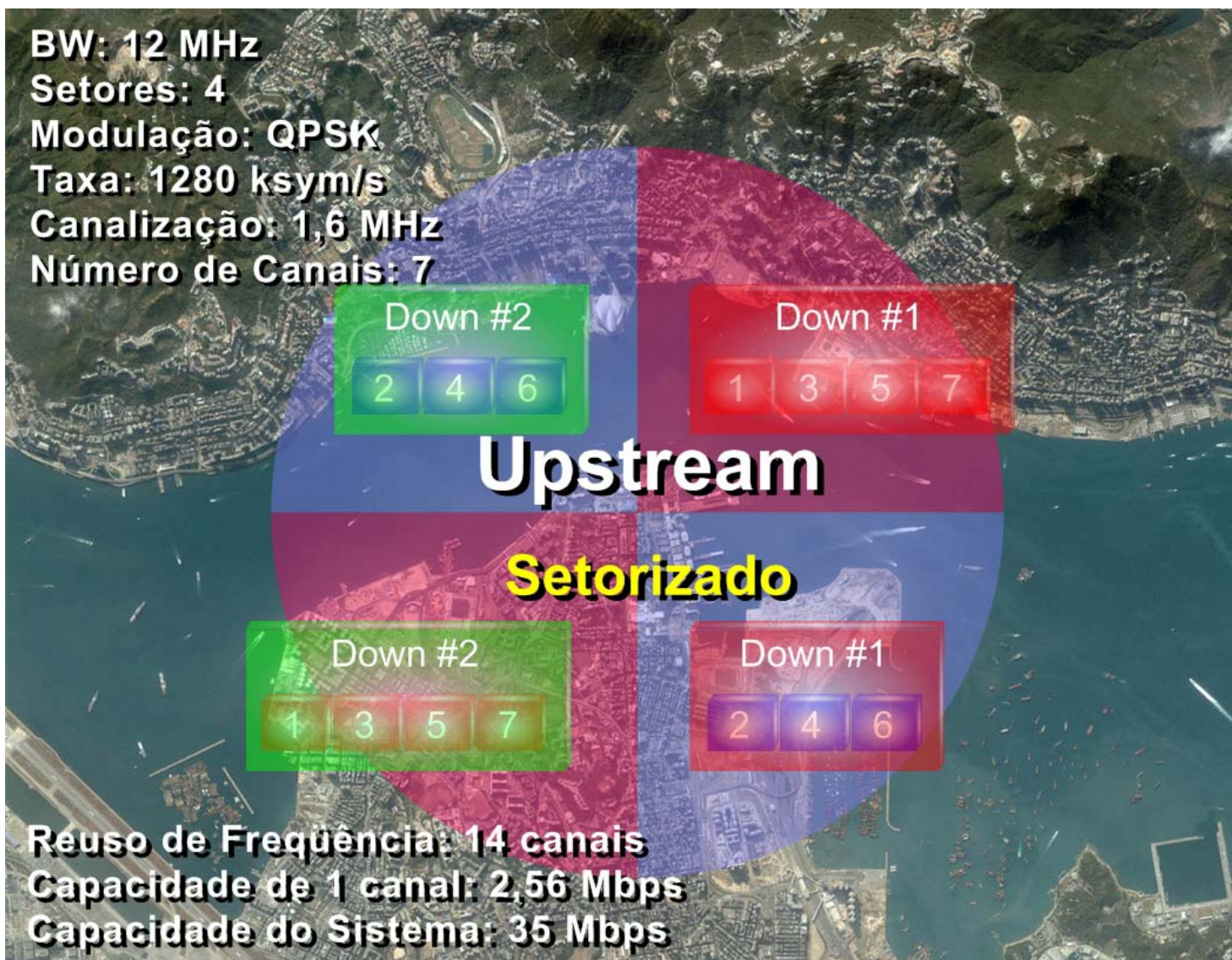


Figura 5-18: Upstream para o cenário 2.



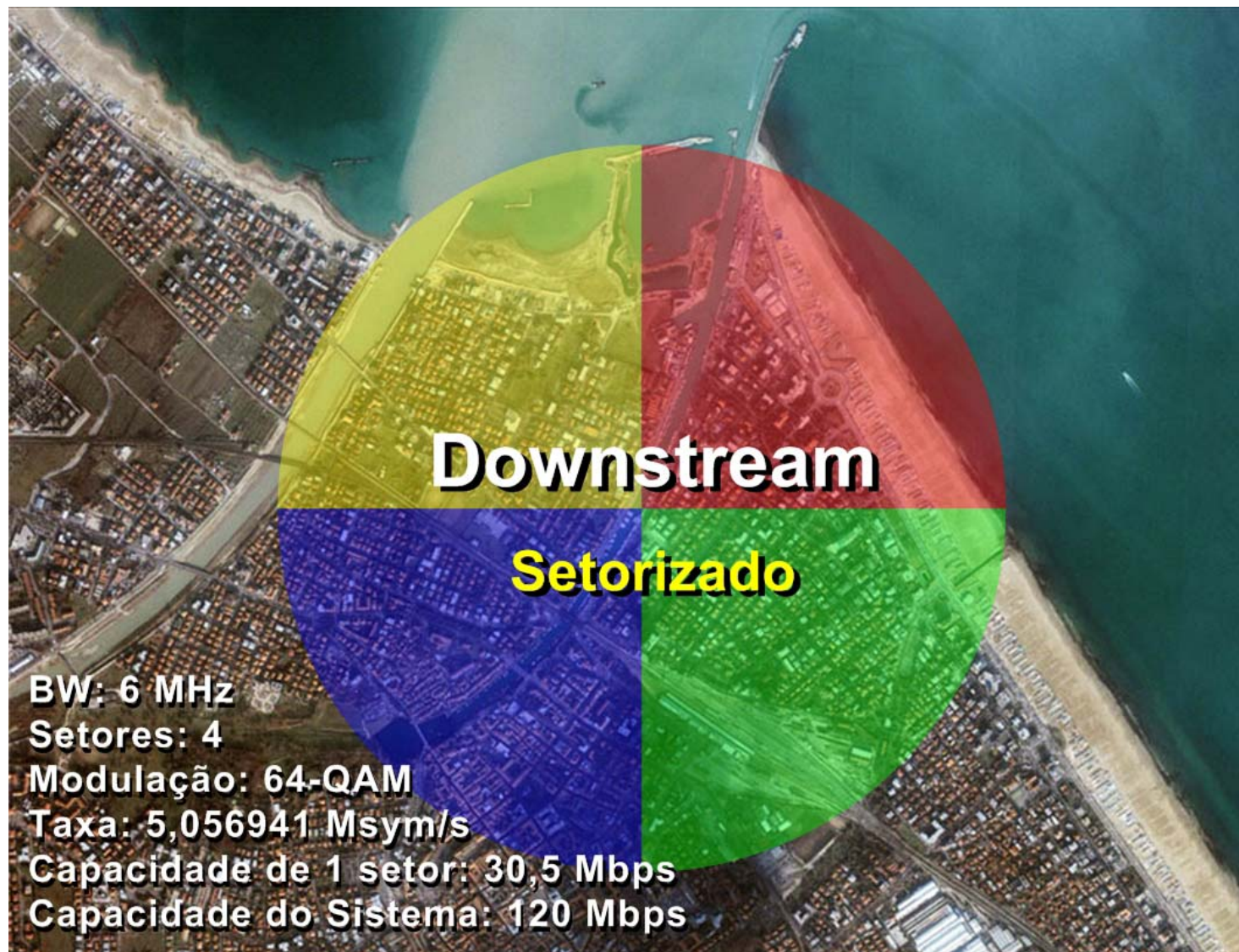


Figura 5-19: Downstream para o cenário 3.



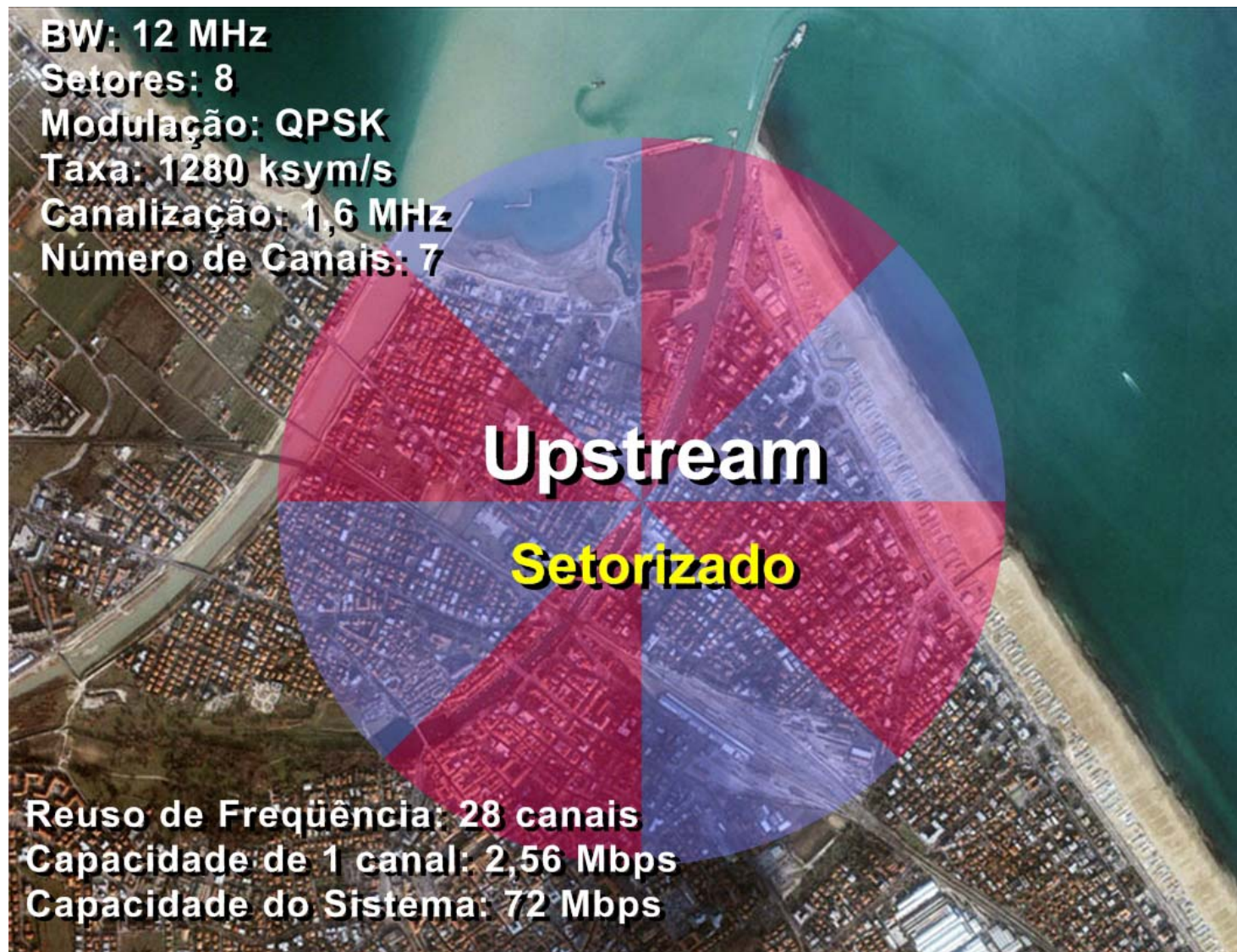


Figura 5-20: Upstream para o cenário 3.








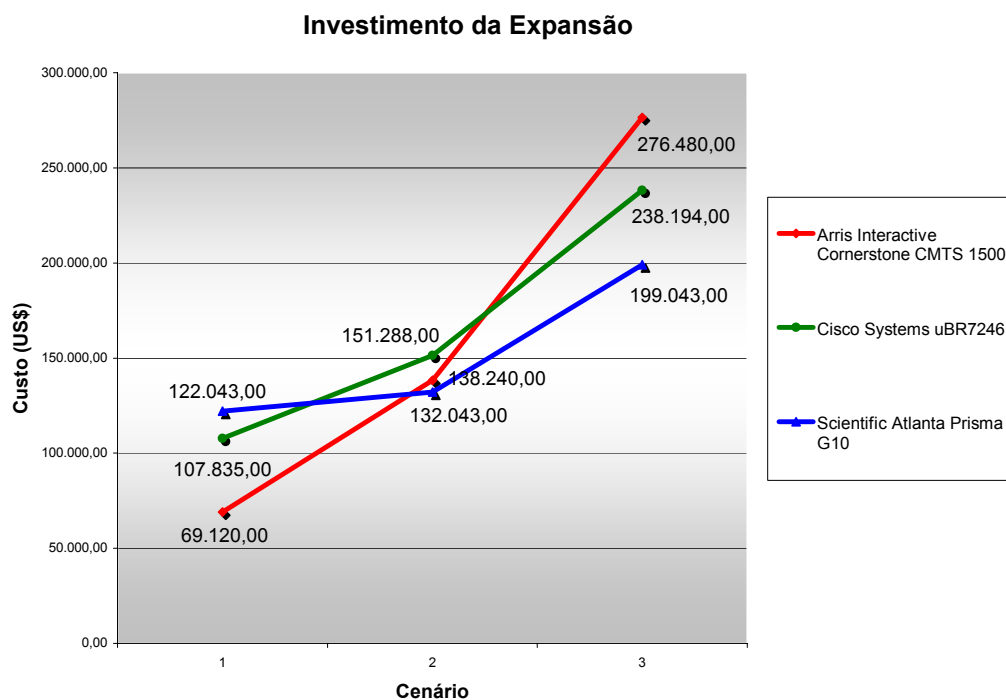
Figura 5-21: Upstream para o cenário 3, com detalhes da associação dos canais de downstream com os de upstream e o reuso de frequência.

Com os cenários traçados para a evolução do sistema, foi construída uma tabela para adaptar as soluções dos fabricantes.

**Tabela 5-1: Evolução do sistema.**

Fabricante	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
	1 CMTS 1:8	2 CMTS 1:8	4 CMTS 1:8
	1 CMTS com 1 placa 1:6	1 CMTS com 2 placas 1:6	1 CMTS com 4 placas 1:6
	1 CMTS com 1 placa 4:8	1 CMTS com 1 placa 4:8	1 CMTS com 2 placas 4:8

Na figura abaixo se pode verificar a evolução dos custos das plataformas de acordo com as configurações da rede definidas anteriormente:



**Figura 5-22: Comparação econômica com as tecnologias finalistas da escolha.**

Em uma rede MMDS é sempre recomendável a setorização do upstream, com a adoção de no mínimo 2 canais por setor, sendo estes não contíguos, conforme abordado anteriormente (5.1). Desta forma, com os três fabricantes acima,



pode-se observar que em localidades cujo potencial mercadológico seja menor, recomenda-se no mínimo o uso de 3 setores (caso Cisco), ou de 4 setores (Arris Interactive e Scientific Atlanta). Logicamente, a configuração mais setorizada tem o potencial de rejeição a interferências maior.

A configuração mais indicada para uma rede que atenda o mercado corporativo é a segunda, com a utilização de 1 canal de downstream (ver Figura 2-3 e Figura 2-4). Além de oferecer robustez, tem boa capacidade e é uma rede simétrica.

A definição final da plataforma, no entanto deve ser baseada em fatos comprovados. Deste modo, serão implementados os testes laboratoriais e de campo, para que surja a confirmação das características fornecidas até então. Assim, pode-se indicar a plataforma mais apropriada e economicamente viável aos operadores. Os testes com as três plataformas serão realizados ao longo do ano de 2002, em Brasília, nas instalações do grupo ITSA Telecomunicações S/A (controladora da TV Filme e LinkExpress).

## **6. Testes Laboratoriais de Cable Modems**

Mesmo com a certificação CableLabs, é importante saber que os CMs de fato funcionam num certo ambiente. Este capítulo fornece uma metodologia de testes laboratoriais, com a limitação dos equipamentos disponíveis, já que o material para caracterização de cable modems é escasso. Foram objetos de análise:

- Análise Preliminar: conteúdo do pacote e aspectos físicos: manuais, cabos, fontes de alimentação e interfaces físicas;
- Testes de RF: verificar a correta transmissão, sem perda de pacotes e com baixa latência, nos limites inferiores e superiores de upstream e downstream. Deve-se verificar também a largura de canal ocupada por cada cable modem;
- Testes de Rede: verificar as velocidades de upstream e downstream com determinados arquivos de configuração, observar o gerenciamento através do protocolo SNMP e do software de gerência da 3Com CMS (“Cable Management System”).

Os cable modems testados foram:

- Arris Interactive Cornerstone CM 200



**Figura 6-1: Cable modem Arris Interactive Cornerstone CM 200.**

- RCA DCM 235



**Figura 6-2: Cable modem RCA DCM 235.**

- Scientific Atlanta WebSTAR DPX 110



**Figura 6-3: Cable modem Scientific Atlanta WebSTAR DPX 110.**

- Trellis CABTV2



**Figura 6-4: Cable modem Trellis CABTV2.**

- Zoom 5041



**Figura 6-5: Cable modem Zoom 5041.**

- ZyXEL Prestige 941









**Figura 6-6: Cable modem ZyXEL Prestige 941.**

## 6.1 Análise Preliminar

Esta análise permite verificar a documentação (manual, termo de garantia, suporte e assistência técnica), cabos fornecidos (Ethernet e/ou USB) e fonte de alimentação, inclusos no pacote entregue pelo fabricante. Vislumbra também as dimensões do próprio modem, suas interfaces e algumas características agregadas.







### 6.1.1 Conteúdo do Pacote

Tabela 6-1: Característica do pacote.

Fabricante	Modelo	Manual	Documentação		Termo de Garantia	Cabo Ethernet	Cabo USB	Driver USB [Mídia]	Fonte de Alimentação		Outras Características
			Suporte Técnico	Assistência Técnica					Entrada	Saída	
	Cornerstone CM 200	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	AC 100-240 V, 1 A, 50/60 Hz	DC 3,3 V, 2,0 A DC 7,0 V, 0,35 A	-
	DCM 235	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	SIM	NÃO	AC 100-240 V, 1 A, 50/60 Hz	DC 3,3 V, 2,0 A DC 7,0 V, 0,35 A	-
	WebSTAR DPX 110	Inglês	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	SIM	SIM [Disquete]	AC 100-240 V, 1 A, 50/60 Hz	DC 12 V, 0,6 A	Suporte Vertical (já incorporado ao CM)
	CABTV2	Inglês	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM [CD]	AC 120 V, 20 W, 60 Hz	DC 12 V, 1A	Suporte Vertical
	5041	Inglês	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM [CD]	AC 120 V, 25 W, 60 Hz	DC 12 V, 1000 mA	Software de Monitoramento, Suporte Vertical
	Prestige 941	Inglês	SIM	SIM	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	AC 120 V, 170 mA, 60 Hz	DC 9 V, 1,2 A	-

### 6.1.2 Aspectos Físicos

Tabela 6-2: Características físicas dos cable modems analisados.

Fabricante	Modelo	Dimensões (cm)	RF	Interfaces		Console	Botão Liga/Desliga	Reset
				Ethernet	USB			
	Cornerstone CM 200	7,0 x 15,3 x 15,2	SIM	SIM	NÃO	NÃO	SIM	SIM
	DCM 235	6,0 x 15,3 x 15,2	SIM	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM
	WebSTAR DPX 110	4,3 x 16,0 x 21,5*	SIM	SIM	SIM	NÃO	NÃO	SIM
	CABTV2	15,0 x 21,5 x 4,3**	SIM	SIM	SIM	NÃO	NÃO	NÃO
	5041	19,5 x 14,3 x 3,1**	SIM	SIM	SIM	NÃO	NÃO	NÃO
	Prestige 941	22,7 x 15,6 x 3,1	SIM	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM

\* Na posição vertical, sem suporte vertical

\*\* Na posição horizontal

## 6.2 Testes de RF

### 6.2.1 Montagem Básica

1. Cadastrar os CMs na base de dados SQL, com o fornecimento do respectivo endereço MAC;
2. Verificar a presença do mesmo arquivo de configuração nos CMs;
3. Utilizar a seguinte montagem:

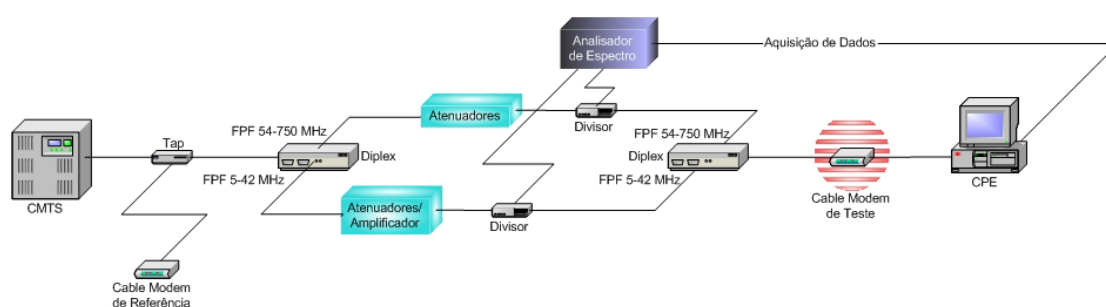


Figura 6-7: Montagem geral para os testes de RF.

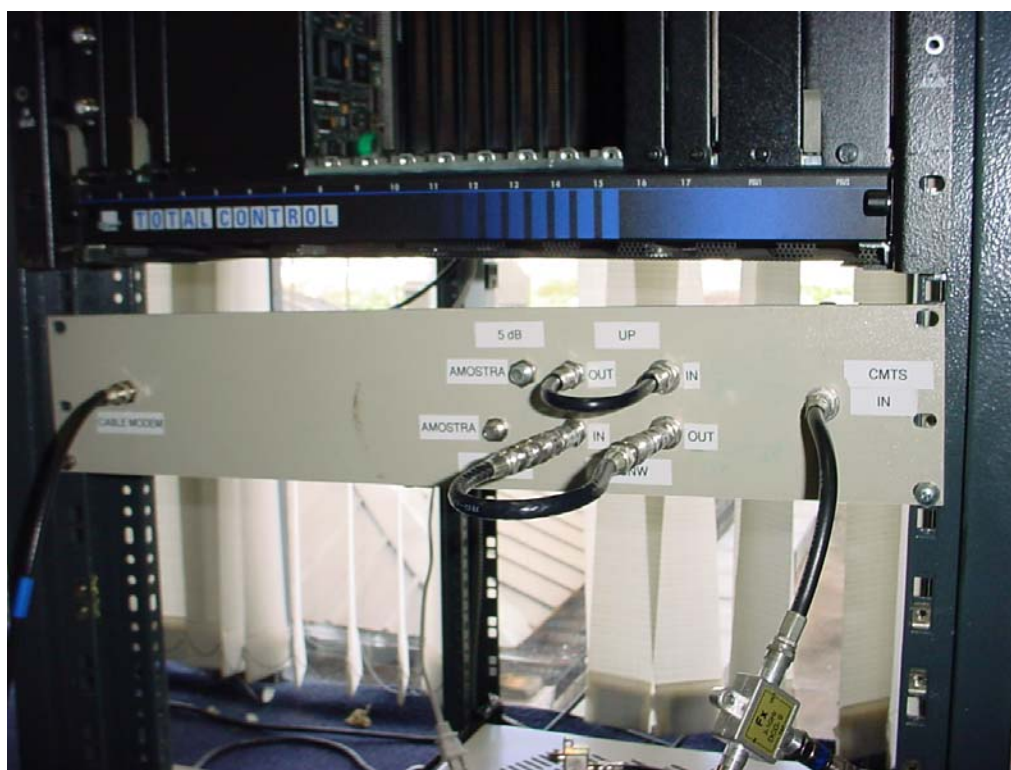


Figura 6-8: Foto da implementação da montagem dos testes laboratoriais.





**Figura 6-9: Detalhe traseiro da implementação.**

Um detalhe importante é que não se deve esquecer de medir o nível de sinal que chega ao CM sob teste (downstream) antes de conectar o cabo de RF para que não ocorra saturação e possíveis danos ao modem. O nível de potência médio  $P_{AVG}$  pode ser medido através da seguinte fórmula:

$$P_{AVG} = P_{PICO} + 10 \cdot \log\left(\frac{BW}{RBW}\right) - K$$

Onde  $P_{PICO}$  é a potência de pico na frequência central registrado pelo analisador de espectro,  $BW$  é a largura do canal,  $RBW$  é a resolução de banda lida no analisador de espectro e  $K$  um fator de correção, de acordo com [NCTA].

Deve-se levar em consideração também as perdas do diplexer e do divisor para uma correta leitura da potência média. Outra observação importante é a de checar também o nível de sinal que chega ao CM de referência. Deve-se atenuar, caso necessário, sempre em mente que quando atenuadores são utilizados, tanto o sinal de downstream quanto o de upstream são atenuados. Para os cable modems

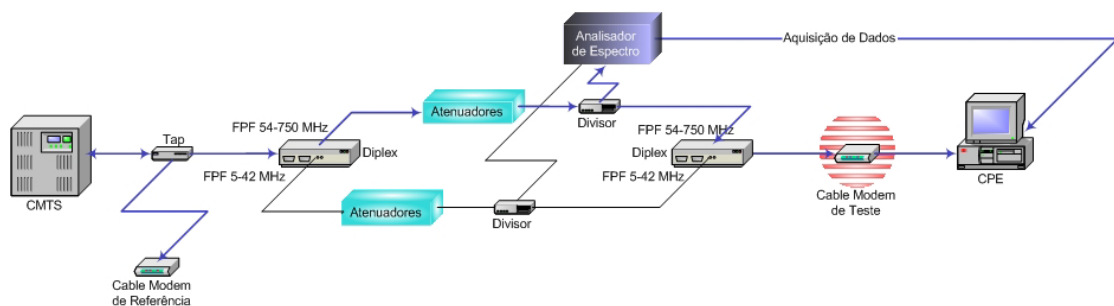


de teste, o nível de upstream não pode ser muito baixo, pois o modem pode não completar seu processo de registro, descrito em [RFI\_1.0].

4. Com o modem de referência inicializado, verificar o endereço IP do mesmo.

### 6.2.2 O Percurso do Sinal de Downstream

Os seguintes elementos envolvem o caminho de downstream:



**Figura 6-10: Ilustração da montagem para testes de downstream.**

O endereço IP do cable modem de referência foi 10.0.2.125. Objetivou-se verificar o comportamento de transmissão dos cable modems nos limites inferior (-15 dBmV) e superior (+15 dBmV), estabelecidos por [RFI\_1.0] e comparar com um nível de referência (+5 dBmV, potência média que os CMs trabalham). Para um cable modem em pleno funcionamento, a variação destes níveis não deve permitir com que os pacotes transmitidos sejam perdidos nem possuam latência alta, em relação à referência. Estes níveis são alcançados com a combinação de atenuadores.

### 6.2.3 Downstream: Nível de Referencia (+5 dBmV)

Configurações do analisador de espectro da Figura 6-10:

- Frequência Central 339 MHz (Canalização de 6 MHz)
- Span 10 MHz
- Nível de Referencia -4,0 dBmV

- 5 dB/div
- Tempo de Sweep 20 ms
- Offset de Amplitude -1 dB
- RBW 100 kHz
- VBW 30 kHz

O analisador de espectro indicou, como esperado:

$P_{PICO} = -11,98 \text{ dBmV}$

$P_{AVG} = 5,09 \text{ dBmV}$

Foi utilizada a linha de comando “ping 10.0.2.125 -n 100 -l 5000” para a avaliação da latência.

### **Arris Interactive Cornerstone CM 200**

Ping statistics for 10.0.2.125:

Packets: Sent = 100, Received = 100, Lost = 0 (0% loss),

Approximate round trip times in milli-seconds:

Minimum = 691ms, Maximum = 791ms, Average = 771ms

### **RCA DCM 235**

Ping statistics for 10.0.2.125:

Packets: Sent = 100, Received = 100, Lost = 0 (0% loss),

Approximate round trip times in milli-seconds:

Minimum = 751ms, Maximum = 782ms, Average = 769ms

### **Scientific Atlanta WebSTAR DPX 110**

Ping statistics for 10.0.2.125:

Packets: Sent = 100, Received = 100, Lost = 0 (0% loss),

Approximate round trip times in milli-seconds:

Minimum = 721ms, Maximum = 812ms, Average = 769ms

### **Trellis CABTV2**

Ping statistics for 10.0.2.125:

Packets: Sent = 100, Received = 100, Lost = 0 (0% loss),

Approximate round trip times in milli-seconds:

Minimum = 671ms, Maximum = 822ms, Average = 800ms

### **Zoom 5041**

Ping statistics for 10.0.2.125:

Packets: Sent = 100, Received = 100, Lost = 0 (0% loss),

Approximate round trip times in milli-seconds:

Minimum = 731ms, Maximum = 962ms, Average = 776ms

### **ZyXEL Prestige 941**

Ping statistics for 10.0.2.125:

Packets: Sent = 100, Received = 100, Lost = 0 (0% loss),

Approximate round trip times in milli-seconds:

Minimum = 731ms, Maximum = 802ms, Average = 770ms

## **6.2.4 Downstream: Limite Inferior (-15 dBmV)**

Configurações do analisador de espectro da Figura 6-10:

- Freqüência Central 339 MHz (Canalização de 6 MHz)
- Span 10 MHz
- Nível de Referencia -25,8 dBmV
- 2 dB/div
- Tempo de Sweep 20 ms
- Offset de Amplitude -1 dB
- RBW 100 kHz
- VBW 30 kHz

O nível conseguido pelo analisador de espectro para o limite inferior:

$P_{PICO} = -31,92 \text{ dBmV}$

$P_{AVG} = -14,98 \text{ dBmV}$

Novamente, foi utilizada a linha de comando “ping 10.0.2.125 -n 100 -l 5000” para execução dos testes.

### **Arris Interactive Cornerstone CM 200**

Ping statistics for 10.0.2.125:

Packets: Sent = 100, Received = 100, Lost = 0 (0% loss),

Approximate round trip times in milli-seconds:

Minimum = 761ms, Maximum = 791ms, Average = 772ms

### **RCA DCM 235**

Ping statistics for 10.0.2.125:

Packets: Sent = 100, Received = 100, Lost = 0 (0% loss),

Approximate round trip times in milli-seconds:

Minimum = 701ms, Maximum = 841ms, Average = 770ms

### **Scientific Atlanta WebSTAR DPX 110**

Ping statistics for 10.0.2.125:

Packets: Sent = 100, Received = 100, Lost = 0 (0% loss),

Approximate round trip times in milli-seconds:

Minimum = 711ms, Maximum = 812ms, Average = 771ms

### **Trellis CABTV2**

Ping statistics for 10.0.2.125:

Packets: Sent = 100, Received = 100, Lost = 0 (0% loss),

Approximate round trip times in milli-seconds:

Minimum = 741ms, Maximum = 931ms, Average = 804ms

### **Zoom 5041**

Ping statistics for 10.0.2.125:

Packets: Sent = 100, Received = 100, Lost = 0 (0% loss),

Approximate round trip times in milli-seconds:

Minimum = 741ms, Maximum = 921ms, Average = 771ms

### **ZyXEL Prestige 941**

Ping statistics for 10.0.2.125:

Packets: Sent = 100, Received = 100, Lost = 0 (0% loss),

Approximate round trip times in milli-seconds:

Minimum = 751ms, Maximum = 801ms, Average = 770ms

### 6.2.5 Downstream: Limite Superior (+15 dBmV)

Configurações do analisador de espectro da Figura 6-10:

- Frequência Central 339 MHz (Canalização de 6 MHz)
- Span 10 MHz
- Nível de Referencia 21,8 dBmV
- 10 dB/div
- Tempo de Sweep 20 ms
- Offset de Amplitude -1 dB
- RBW 100 kHz
- VBW 30 kHz

O analisador de espectro indicou:

$P_{PICO} = 1,69 \text{ dBmV}$

$P_{AVG} = 15,29 \text{ dBmV}$

Foi utilizada a linha de comando “ping 10.0.2.125 -n 100 -l 5000” para verificação do tempo de latência para cada cable modem.

#### **Arris Interactive Cornerstone CM 200**

Ping statistics for 10.0.2.125:

Packets: Sent = 100, Received = 100, Lost = 0 (0% loss),

Approximate round trip times in milli-seconds:

Minimum = 741ms, Maximum = 801ms, Average = 772ms

#### **RCA DCM 235**

Ping statistics for 10.0.2.125:

Packets: Sent = 100, Received = 100, Lost = 0 (0% loss),

Approximate round trip times in milli-seconds:

Minimum = 721ms, Maximum = 782ms, Average = 769ms

#### **Scientific Atlanta WebSTAR DPX 110**

Ping statistics for 10.0.2.125:

Packets: Sent = 100, Received = 100, Lost = 0 (0% loss),  
 Approximate round trip times in milli-seconds:  
 Minimum = 701ms, Maximum = 822ms, Average = 766ms

### **Trellis CABTV2**

Ping statistics for 10.0.2.125:  
 Packets: Sent = 100, Received = 100, Lost = 0 (0% loss),  
 Approximate round trip times in milli-seconds:  
 Minimum = 741ms, Maximum = 842ms, Average = 802ms

### **Zoom 5041**

Ping statistics for 10.0.2.125:  
 Packets: Sent = 100, Received = 100, Lost = 0 (0% loss),  
 Approximate round trip times in milli-seconds:  
 Minimum = 731ms, Maximum = 961ms, Average = 779ms

### **ZyXEL Prestige 941**

Ping statistics for 10.0.2.125:  
 Packets: Sent = 100, Received = 100, Lost = 0 (0% loss),  
 Approximate round trip times in milli-seconds:  
 Minimum = 751ms, Maximum = 811ms, Average = 771ms

## **6.2.6 O Percurso do Sinal de Upstream**

O nível do sinal de downstream foi de aproximadamente:

$$\begin{aligned}
 P_{AVG} &= P_{PICO} + 10 \cdot \log\left(\frac{6000kHz}{30kHz}\right) - 0,8 = \\
 P_{AVG} &= P_{PICO} + 10 \cdot \log(200) - 0,8 = \\
 P_{AVG} &= P_{PICO} + 16,98 = \\
 P_{AVG} &= -12,69 + 16,98 = \\
 P_{AVG} &= 4,29dBmV
 \end{aligned}$$

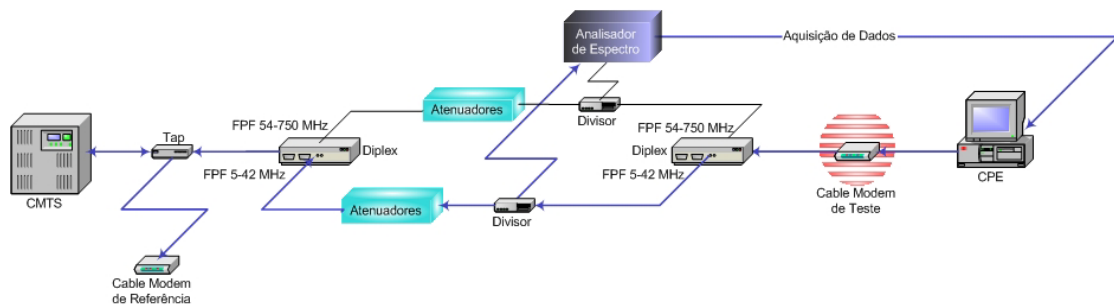
Desta maneira, deixa-se o cable modem submetido à teste com o nível médio de downstream. Foi utilizada a seguinte fórmula para o cálculo da potência média no upstream com canalização de 1,6 MHz, de acordo com [NCTA]:

$$P_{AVG} = P_{PICO} + 10 \cdot \log\left(\frac{BW}{RBW}\right) =$$

$$P_{AVG} = P_{PICO} + 10 \cdot \log\left(\frac{1,6MHz}{30kHz}\right) =$$

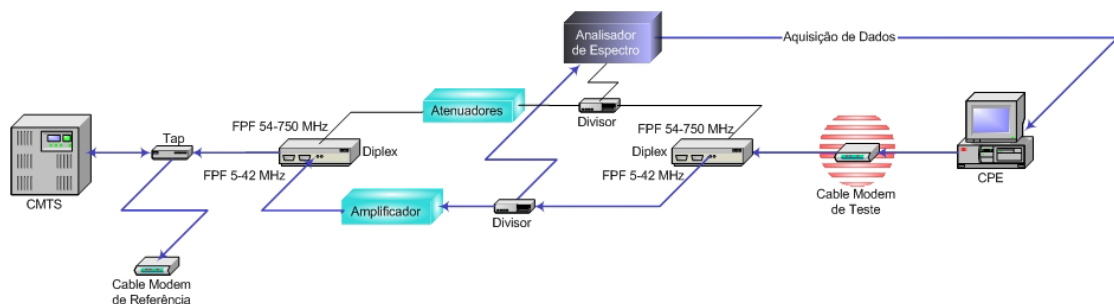
$$P_{AVG} = P_{PICO} + 17,27$$

O limite estabelecido por [RFI\_1.0] é de +8 a +58 dBmV. A seguinte montagem foi realizada para alcançar o limite superior de upstream:



**Figura 6-11: Montagem dos testes de upstream, para alcançar o limite superior.**

Para alcançar o limite superior, devem-se trocar os atenuadores por um amplificador, com o cuidado de não saturar a entrada deste dispositivo. Com o analisador de espectro, verificar também nos dois casos a largura de canal ocupada, especialmente para o nível de +58 dBmV, pois o CM tende a ocupar mais banda com potências mais elevadas. Novamente, avaliam-se a perda e a latência de pacotes disparados no cable modem de referência.



**Figura 6-12: Montagem dos testes de upstream, para alcançar o limite inferior.**

Para os resultados seguintes, não foi possível a captura dos espectros, pois o analisador está atualmente com defeitos.

### 6.2.7 Upstream: Limite Superior (+58 dBmV)

Configurações do analisador de espectro da Figura 6-11:

- Frequência Central 12 MHz (Canalização de 1,6 MHz)
- Span 4 MHz
- Nível de Referencia 47,0 dBmV
- 10 dB/div
- Tempo de Sweep 20 ms
- Offset de Amplitude 5 dB
- RBW 30 kHz
- VBW 30 kHz

A linha de comando “ping 10.0.2.125 -n 100 -l 5000” foi utilizada para verificação do tempo de latência para cada cable modem.

#### **Arris Interactive Cornerstone CM 200**

$P_{PICO} = 41,73 \text{ dBmV}$

$P_{AVG} = 59,00 \text{ dBmV}$

Ping statistics for 10.0.2.125:

Packets: Sent = 100, Received = 100, Lost = 0 (0% loss),

Approximate round trip times in milli-seconds:

Minimum = 611ms, Maximum = 862ms, Average = 735ms

#### **RCA DCM 235**

$P_{PICO} = 41,47 \text{ dBmV}$

$P_{AVG} = 58,74 \text{ dBmV}$

Ping statistics for 10.0.2.125:



Packets: Sent = 100, Received = 100, Lost = 0 (0% loss),  
Approximate round trip times in milli-seconds:  
Minimum = 601ms, Maximum = 862ms, Average = 730ms

### **Scientific Atlanta WebSTAR DPX 110**

$P_{PICO} = 45,16 \text{ dBmV}$

$P_{AVG} = 62,43 \text{ dBmV}$

Ping statistics for 10.0.2.125:

Packets: Sent = 100, Received = 100, Lost = 0 (0% loss),  
Approximate round trip times in milli-seconds:  
Minimum = 590ms, Maximum = 862ms, Average = 728ms

### **Trellis CABTV2**

$P_{PICO} = 43,41 \text{ dBmV}$

$P_{AVG} = 60,68 \text{ dBmV}$

Ping statistics for 10.0.2.125:

Packets: Sent = 100, Received = 100, Lost = 0 (0% loss),  
Approximate round trip times in milli-seconds:  
Minimum = 611ms, Maximum = 871ms, Average = 732ms

### **Zoom 5041**

$P_{PICO} = 43,06 \text{ dBmV}$

$P_{AVG} = 63,33 \text{ dBmV}$

Ping statistics for 10.0.2.125:

Packets: Sent = 100, Received = 99, Lost = 1 (1% loss),  
Approximate round trip times in milli-seconds:  
Minimum = 641ms, Maximum = 921ms, Average = 739ms

### **ZyXEL Prestige 941**

$P_{PICO} = 44,81 \text{ dBmV}$

$P_{AVG} = 62,08 \text{ dBmV}$

Ping statistics for 10.0.2.125:

Packets: Sent = 100, Received = 100, Lost = 0 (0% loss),

Approximate round trip times in milli-seconds:

Minimum = 631ms, Maximum = 881ms, Average = 741ms

### 6.2.8 Upstream: Limite Inferior (+8 dBmV)

Configurações do analisador de espectro da Figura 6-12:

- Frequência Central 12 MHz (Canalização de 1,6 MHz)
- Span 4 MHz
- Nível de Referencia 20,4 dBmV
- 10 dB/div
- Tempo de Sweep 20 ms
- Offset de Amplitude 5 dB
- RBW 30 kHz
- VBW 30 kHz

#### **Arris Interactive Cornerstone CM 200**

$P_{PICO} = -2,08 \text{ dBmV}$

$P_{AVG} = 15,19 \text{ dBmV}$

Ping statistics for 10.0.2.125:

Packets: Sent = 100, Received = 100, Lost = 0 (0% loss),

Approximate round trip times in milli-seconds:

Minimum = 611ms, Maximum = 842ms, Average = 715ms

#### **RCA DCM 235**

$P_{PICO} = -1,05 \text{ dBmV}$

$P_{AVG} = 16,22 \text{ dBmV}$

Ping statistics for 10.0.2.125:

Packets: Sent = 100, Received = 100, Lost = 0 (0% loss),

Approximate round trip times in milli-seconds:

Minimum = 591ms, Maximum = 861ms, Average = 719ms

### **Scientific Atlanta WebSTAR DPX 110**

$P_{\text{PICO}} = -4,40 \text{ dBmV}$

$P_{\text{AVG}} = 12,87 \text{ dBmV}$

Ping statistics for 10.0.2.125:

Packets: Sent = 100, Received = 100, Lost = 0 (0% loss),

Approximate round trip times in milli-seconds:

Minimum = 611ms, Maximum = 841ms, Average = 704ms

### **Trellis CABTV2**

$P_{\text{PICO}} = -2,24 \text{ dBmV}$

$P_{\text{AVG}} = 15,03 \text{ dBmV}$

Ping statistics for 10.0.2.125:

Packets: Sent = 100, Received = 100, Lost = 0 (0% loss),

Approximate round trip times in milli-seconds:

Minimum = 611ms, Maximum = 861ms, Average = 723ms

### **Zoom 5041**

$P_{\text{PICO}} = -3,77 \text{ dBmV}$

$P_{\text{AVG}} = 13,50 \text{ dBmV}$

Ping statistics for 10.0.2.125:

Packets: Sent = 100, Received = 100, Lost = 0 (0% loss),

Approximate round trip times in milli-seconds:

Minimum = 621ms, Maximum = 942ms, Average = 736ms

### **ZyXEL Prestige 941**

$P_{\text{PICO}} = 1,11 \text{ dBmV}$

$P_{\text{AVG}} = 18,38 \text{ dBmV}$

Ping statistics for 10.0.2.125:

Packets: Sent = 100, Received = 100, Lost = 0 (0% loss),

Approximate round trip times in milli-seconds:

Minimum = 610ms, Maximum = 871ms, Average = 723ms

De acordo com os dados acima, percebe-se que o amplificador não foi suficiente para alcançar o limite inferior. Infelizmente, este era o mais potente disponível no momento.

## **6.3      *Testes de Rede***

### **6.3.1      Metodologia**

Foram colocados no servidor FTP centauro.linkexpress.com.br arquivos de aproximadamente 2,5, 20 e 50 MB:

```
D:\>ftp ftp.linkexpress.com.br
Connected to centauro.linkexpress.com.br.
220 centauro.linkexpress.com.br FTP server ready.
User (centauro.linkexpress.com.br:(none)): iryoda
331 Password required for iryoda.
Password:
230 iryoda Bem Vindo ao Servidor FTP da Link Express
ftp> bin
200 Type set to I.
ftp> hash
Hash mark printing On (2048 bytes/hash mark).
ftp> dir
200 PORT command successful.
150 Opening ASCII mode data connection for file list.
-rw-r--r--  1 iryoda  webgrp  20063708 Apr 12 13:46 Clip006h.zip
-rw-r--r--  1 iryoda  webgrp   2439036 Apr 12 19:28 Clip026h.zip
-rw-r--r--  1 iryoda  webgrp  49898208 Apr 12 12:47 Clip031h.zip

226 Transfer complete.
207 bytes received in 0,00 seconds (207000,00 Kbytes/sec)
ftp>
```

O software Apolo foi acessado no site apolo.linkexpress.com.br para verificar a possibilidade de gerenciamento do cable modem através do protocolo

SNMP. Observar o arquivo de configuração do CM, de modo a ver a velocidade teórica, para futura comparação.

Foram feitos downloads dos arquivos para observar a velocidade de transferência de cada cable modem.

Após a transferência, verificar a integridade do arquivo através do cheque de redundância cíclica (CRC).

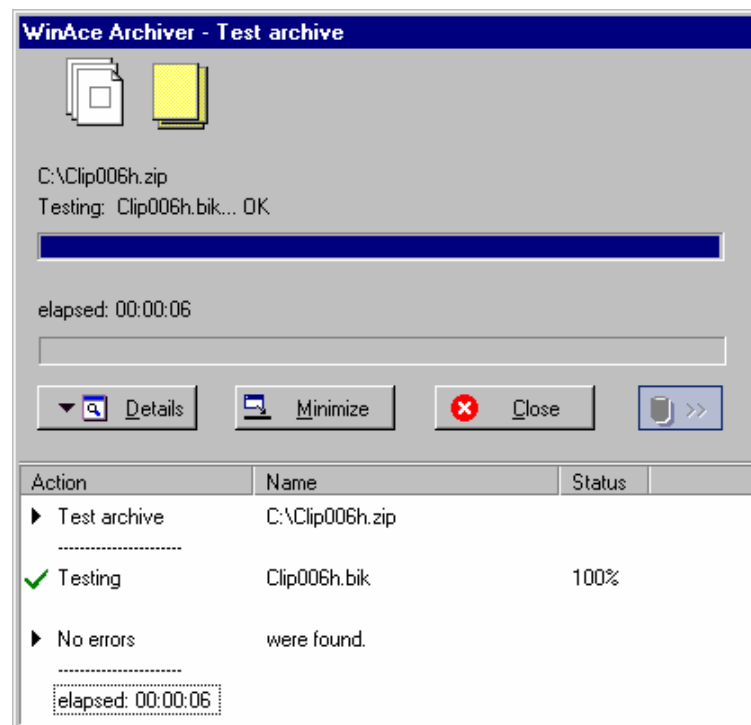


Figura 6-13: Teste de CRC

Opcionalmente, pode-se utilizar o programa binkplay (disponível em <http://www.radgametools.com>) para a vislumbrar o arquivo.

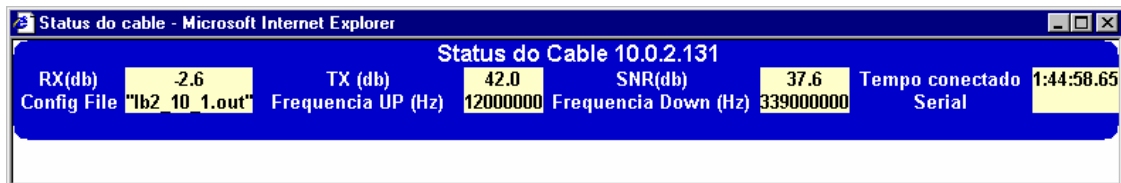
### 6.3.2 Downstream a 256 kbps

Os cable modems possuem o arquivo lb2\_10\_1.out, na qual espera-se a velocidade de download de 256 kbps. O tempo esperado é de:

$20.063.708 * 8 = 160.509.664 \text{ bits}$   
 $160.509.664 / 256 \text{ k} = 626,990875 \text{ s}$   
 $626,990875 / 60 = 10,4498 \text{ min}$

### Arris Interactive Cornerstone CM 200

Pode ser observada sua gerência através do protocolo SNMP:



**Figura 6-14:** Arquivo de 256 kbps do cable modem Arris Interactive Cornerstone CM 200, verificado através de SNMP.

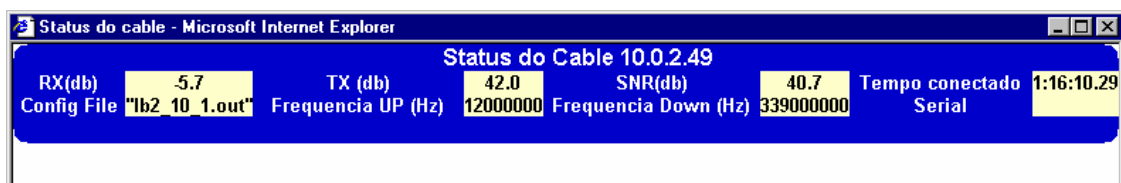
Resultados do download FTP:

226 Transfer complete.  
 20063708 bytes received in 819,18 seconds (24,49 Kbytes/sec)

Em bits por segundo: 195,92 kbps

### RCA DCM 235

Pode ser observada sua gerência através do protocolo SNMP:



**Figura 6-15:** Arquivo de 256 kbps do cable modem RCA DCM 235, verificado através de SNMP.

Resultados do download FTP:

226 Transfer complete.  
 20063708 bytes received in 786,82 seconds (25,50 Kbytes/sec)

Em bits por segundo: 204,00 kbps

### Scientific Atlanta WebSTAR DPX 110

Pode ser observada sua gerência através do protocolo SNMP:



Figura 6-16: Arquivo de 256 kbps do cable modem Scientific Atlanta WebSTAR DPX 110, verificado através de SNMP.

Resultados do download FTP:

226 Transfer complete.

20063708 bytes received in 1071,99 seconds (18,72 Kbytes/sec)

Em bits por segundo: 149,76 kbps

### Trellis CABTV2

Pode ser observada sua gerência através do protocolo SNMP:



Figura 6-17: Arquivo de 256 kbps do cable modem Trellis CABTV2, verificado através de SNMP.

Resultados do download FTP:

226 Transfer complete.

20063708 bytes received in 836,87 seconds (23,97 Kbytes/sec)

Em bits por segundo: 191,76 kbps

### Zoom 5041

Pode ser observada sua gerência através do protocolo SNMP:

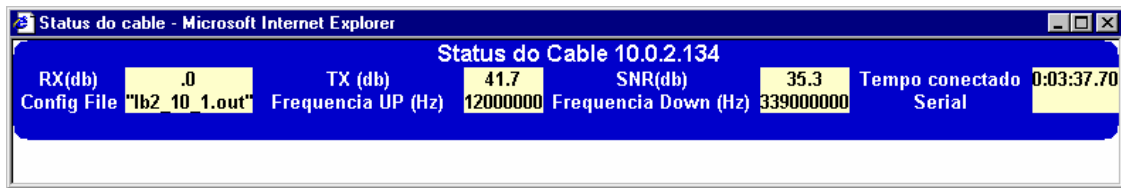


Figura 6-18: Arquivo de 256 kbps do cable modem Zoom 5041, verificado através de SNMP.

Resultados do download FTP:

226 Transfer complete.

20063708 bytes received in 831,14 seconds (24,14 Kbytes/sec)

Em bits por segundo: 193,12 kbps

### ZyXEL Prestige 941

Pode ser observada sua gerência através do protocolo SNMP:

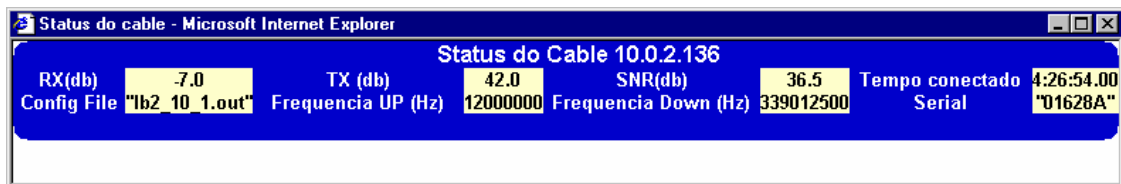


Figura 6-19: Arquivo de 256 kbps do cable modem ZyXEL Prestige 941, verificado através de SNMP.

Resultados do download FTP:

226 Transfer complete.

20063708 bytes received in 974,27 seconds (20,59 Kbytes/sec)

Em bits por segundo: 164,72 kbps



### 6.3.3 Downstream a 768 kbps

Os cable modems possuem o arquivo lch\_10\_1.out, na qual espera-se a velocidade de download de 768 kbps. O tempo esperado é de:

$$20.063.708 * 8 = 160.509.664 \text{ bits}$$

$$160.509.664 / 768 \text{ k} = 208,996958 \text{ s}$$

$$208,996958 / 60 = 3,48328 \text{ min}$$

#### Arris Interactive Cornerstone CM 200

Medida feita às 09:08 am do dia 15/04/2002

Pode ser observada sua gerência através do protocolo SNMP:

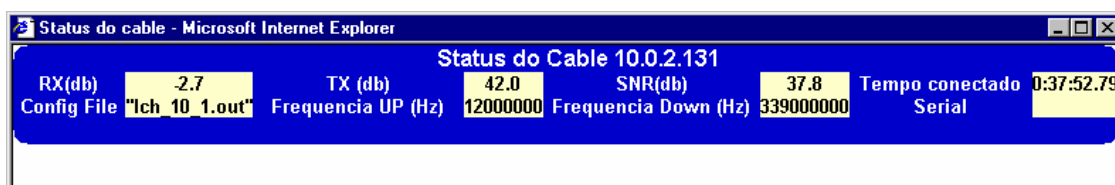


Figura 6-20: Arquivo de 768 kbps do cable modem Arris Interactive Cornerstone CM 200, verificado através de SNMP.

Resultados do download FTP:

226 Transfer complete.

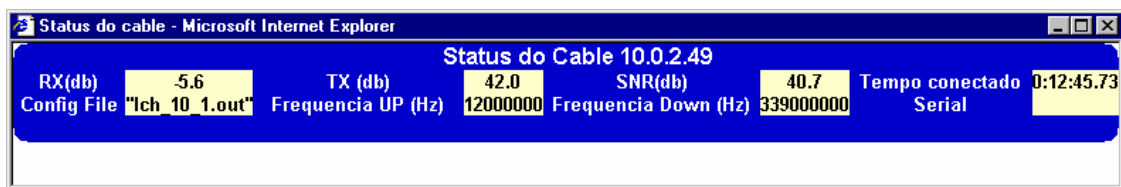
20063708 bytes received in 234,25 seconds (85,65 Kbytes/sec)

Em bits por segundo: 685,20 kbps

#### RCA DCM 235

Medida feita às 08:33 am do dia 15/04/2002

Pode ser observada sua gerência através do protocolo SNMP:



**Figura 6-21: Arquivo de 768 kbps do cable modem RCA DCM 235, verificado através de SNMP.**

Resultados do download FTP:

226 Transfer complete.

20063708 bytes received in 232,63 seconds (86,25 Kbytes/sec)

Em bits por segundo: 690,00 kbps

### **Scientific Atlanta WebSTAR DPX 110**

Medida feita às 09:17 am do dia 15/04/2002

Pode ser observada sua gerência através do protocolo SNMP:



**Figura 6-22: Arquivo de 768 kbps do cable modem Scientific Atlanta WebSTAR DPX 110, verificado através de SNMP.**

Resultados do download FTP:

226 Transfer complete.

20063708 bytes received in 229,78 seconds (87,32 Kbytes/sec)

Em bits por segundo: 698,56 kbps

### **Trellis CABTV2**

Medida feita às 09:01 am do dia 15/04/2002

Pode ser observada sua gerência através do protocolo SNMP:



**Figura 6-23: Arquivo de 768 kbps do cable modem Trellis CABTV2, verificado através de SNMP.**

Resultados do download FTP:

226 Transfer complete.

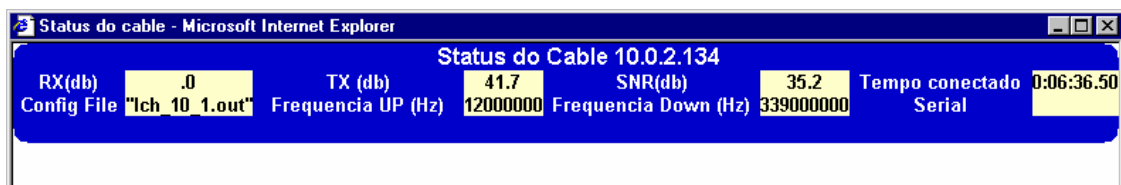
20063708 bytes received in 232,92 seconds (86,14 Kbytes/sec)

Em bits por segundo: 689,12 kbps

### **Zoom 5041**

Medida feita às 08:52 am do dia 15/04/2002

Pode ser observada sua gerência através do protocolo SNMP:



**Figura 6-24: Arquivo de 768 kbps do cable modem Zoom 5041, verificado através de SNMP.**

Resultados do download FTP:

226 Transfer complete.

20063708 bytes received in 231,59 seconds (86,63 Kbytes/sec)

Em bits por segundo: 693,04 kbps

### **ZyXEL Prestige 941**

Medida feita às 08:44 am do dia 15/04/2002

Pode ser observada sua gerência através do protocolo SNMP:



**Figura 6-25: Arquivo de 768 kbps do cable modem ZyXEL Prestige 941, verificado através de SNMP.**

Resultados do download FTP:

226 Transfer complete.

20063708 bytes received in 229,25 seconds (87,52 Kbytes/sec)

Em bits por segundo: 700,16 kbps

### 6.3.4 Downstream sem limitação de velocidade

Os cable modems possuem o arquivo nolimit.out, na qual toda a banda está disponível, na qual verifica-se a velocidade alcançada por eles.

#### Arris Interactive Cornerstone CM 200

Medida feita às 10:09 am do dia 15/04/2002

Pode ser observada sua gerência através do protocolo SNMP:



**Figura 6-26: Arquivo sem limite de taxa do cable modem Arris Interactive Cornerstone CM 200, verificado através de SNMP.**

Resultados do download FTP:

226 Transfer complete.

49898208 bytes received in 191,72 seconds (260,26 Kbytes/sec)

Em bits por segundo: 2.082,08 kbps

### RCA DCM 235

Medida feita às 09:46 am do dia 15/04/2002

Pode ser observada sua gerência através do protocolo SNMP:



Figura 6-27: Arquivo sem limite de taxa do cable modem RCA DCM 235, verificado através de SNMP.

Resultados do download FTP:

226 Transfer complete.

49898208 bytes received in 222,00 seconds (224,77 Kbytes/sec)

Em bits por segundo: 1.798,16 kbps

### Scientific Atlanta WebSTAR DPX 110

Medida feita às 09:32 am do dia 15/04/2002

Pode ser observada sua gerência através do protocolo SNMP:



Figura 6-28: Arquivo sem limite de taxa do cable modem Scientific Atlanta WebSTAR DPX 110, verificado através de SNMP.

Resultados do download FTP:

226 Transfer complete.

49898208 bytes received in 232,94 seconds (214,21 Kbytes/sec)

Em bits por segundo: 1.713,68 kbps

### **Trellis CABTV2**

Medida feita às 09:52 am do dia 15/04/2002

Pode ser observada sua gerência através do protocolo SNMP:



**Figura 6-29: Arquivo sem limite de taxa do cable modem Trellis CABTV2, verificado através de SNMP.**

Resultados do download FTP:

226 Transfer complete.

49898208 bytes received in 211,91 seconds (235,46 Kbytes/sec)

Em bits por segundo: 1.883,68 kbps

### **Zoom 5041**

Medida feita às 10:01 am do dia 15/04/2002

Pode ser observada sua gerência através do protocolo SNMP:



**Figura 6-30: Arquivo sem limite de taxa do cable modem Zoom 5041, verificado através de SNMP.**

Resultados do download FTP:

226 Transfer complete.

20063708 bytes received in 75,89 seconds (264,38 Kbytes/sec)

Em bits por segundo: 2.115,04 kbps

### **ZyXEL Prestige 941**

Não conseguiu completar seu processo de registro.

## **6.3.5 Upstream a 768 kbps**

Este teste possibilita verificar a velocidade de upload de um arquivo ao servidor [centauro.linkexpress.com.br](http://centauro.linkexpress.com.br), de forma análoga aos testes anteriores.

### **Arris Interactive Cornerstone CM 200**

Medida feita às 10:09 am do dia 19/04/2002

Resultados do upload FTP:

226 Transfer complete.

2439036 bytes sent in 30,28 seconds (80,54 Kbytes/sec)

Em bits por segundo: 644,32 kbps

### **RCA DCM 235**

Medida feita às 10:26 am do dia 19/04/2002

Resultados do upload FTP:

226 Transfer complete.

2439036 bytes sent in 28,79 seconds (84,71 Kbytes/sec)

Em bits por segundo: 677,68 kbps

### **Scientific Atlanta WebSTAR DPX 110**

Medida feita às 10:21 am do dia 19/04/2002

### Resultados do upload FTP:

226 Transfer complete.

2439036 bytes sent in 28,97 seconds (84,19 Kbytes/sec)

Em bits por segundo: 673,28 kbps

### **Trellis CABTV2**

Medida feita às 10:22 am do dia 19/04/2002

### Resultados do upload FTP:

226 Transfer complete.

2439036 bytes sent in 32,03 seconds (76,16 Kbytes/sec)

Em bits por segundo: 609,28 kbps

### **Zoom 5041**

Medida feita às 10:29 am do dia 19/04/2002

### Resultados do upload FTP:

226 Transfer complete.

2439036 bytes sent in 34,17 seconds (71,38 Kbytes/sec)

Em bits por segundo: 571,04 kbps

### **ZyXEL Prestige 941**

Medida feita às 10:13 am do dia 19/04/2002

### Resultados do upload FTP:

226 Transfer complete.

2439036 bytes sent in 34,86 seconds (69,96 Kbytes/sec)

Em bits por segundo: 559,68 kbps



### 6.3.6 Upstream sem limitação de taxa

Similar ao teste da seção 6.3.5, com todos os modems sujeitos à análise com o arquivo nolimit.out.

#### **Arris Interactive Cornerstone CM 200**

Medida feita às 02:32 pm do dia 19/04/2002

Resultados do upload FTP:

```
226 Transfer complete.
```

```
20063552 bytes sent in 237,64 seconds (84,43 Kbytes/sec)
```

Em bits por segundo: 675,44 kbps

#### **RCA DCM 235**

Medida feita às 02:38 pm do dia 19/04/2002

Resultados do upload FTP:

```
226 Transfer complete.
```

```
20063552 bytes sent in 232,08 seconds (86,45 Kbytes/sec)
```

Em bits por segundo: 691,60 kbps

#### **Scientific Atlanta WebSTAR DPX 110**

Medida feita às 02:52 pm do dia 19/04/2002

Resultados do upload FTP:

```
226 Transfer complete.
```

```
20063552 bytes sent in 231,58 seconds (86,64 Kbytes/sec)
```

Em bits por segundo: 693,12 kbps

#### **Trellis CABTV2**

Medida feita às 02:25 pm do dia 19/04/2002

#### Resultados do upload FTP:

226 Transfer complete.

20063552 bytes sent in 253,08 seconds (79,28 Kbytes/sec)

Em bits por segundo: 634,34 kbps

#### **Zoom 5041**

Medida feita às 02:42 pm do dia 19/04/2002

#### Resultados do upload FTP:

226 Transfer complete.

20063552 bytes sent in 230,25 seconds (87,14 Kbytes/sec)

Em bits por segundo: 697,12 kbps

#### **ZyXEL Prestige 941**

Não completou seu processo de registro.

### **6.3.7 Gerenciamento pela interface 3Com Cable Management System**

Observar se o software da 3Com, Cable Management System, gerencia cable modems de outros fabricantes.

#### **Arris Interactive Cornerstone CM 200**

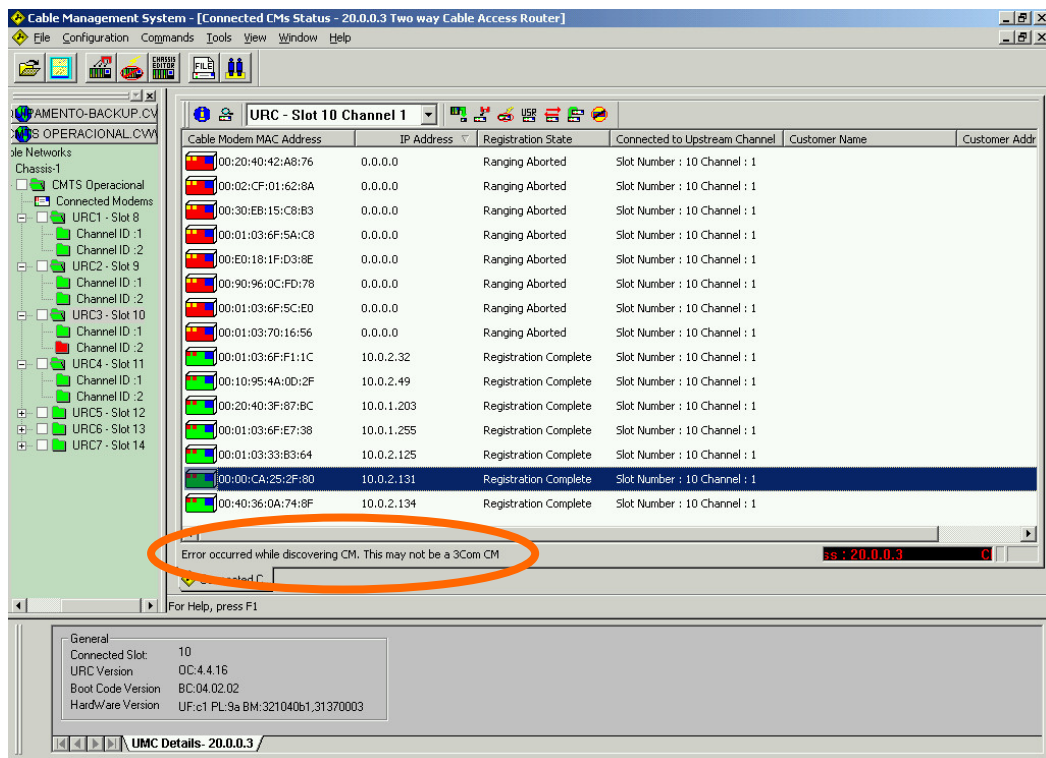


Figura 6-31: Teste de gerência do CM Arris Interactive Cornerstone CM 200 pelo 3Com CMS.

## RCA DCM 235

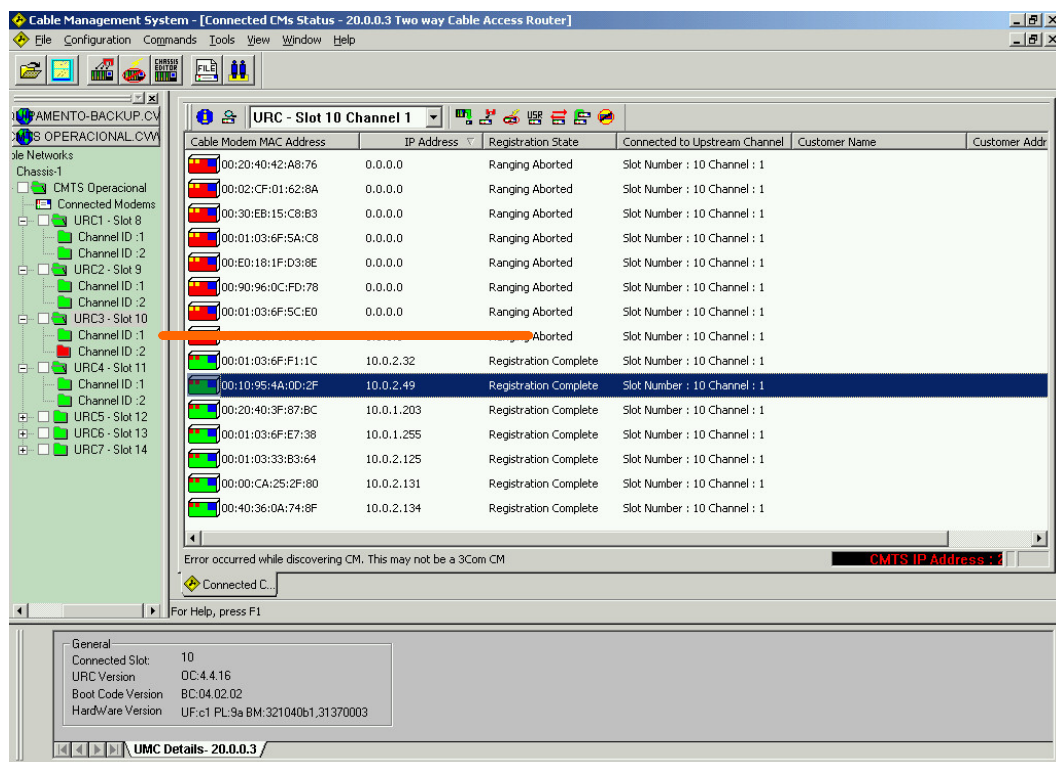


Figura 6-32: Teste de gerência do CM RCA DCM 235 pelo 3Com CMS.

## Scientific Atlanta WebSTAR DPX 110

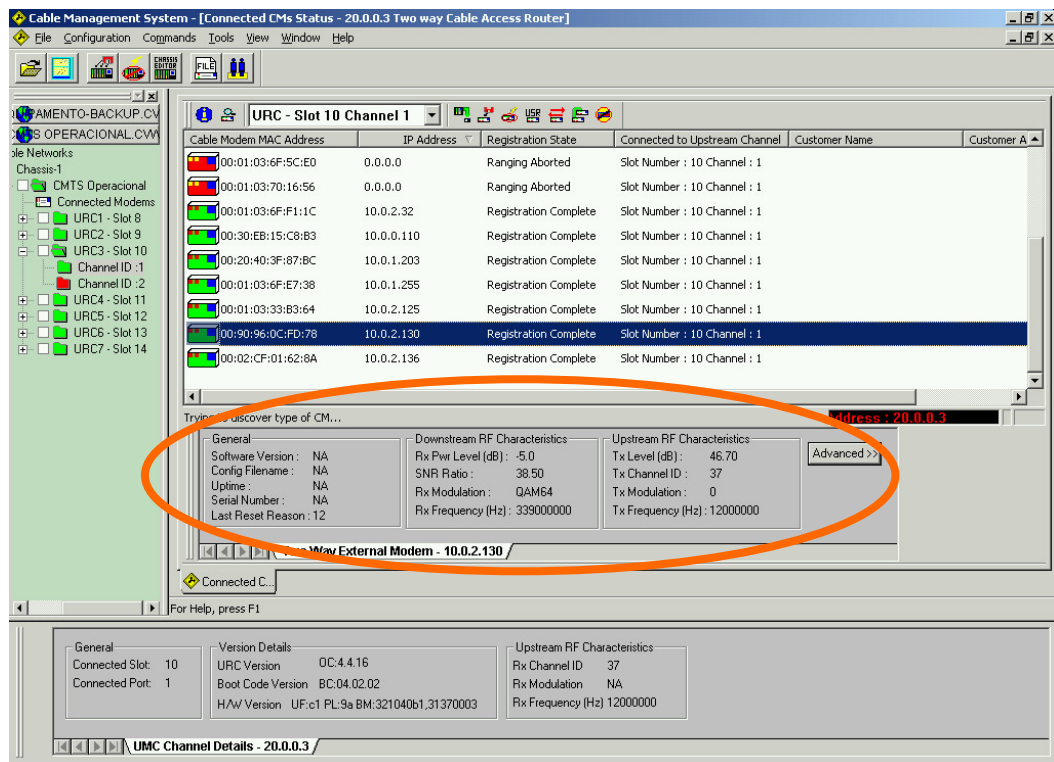


Figura 6-33: Teste de gerência do CM Scientific Atlanta WebSTAR DPX 110 pelo 3Com CMS

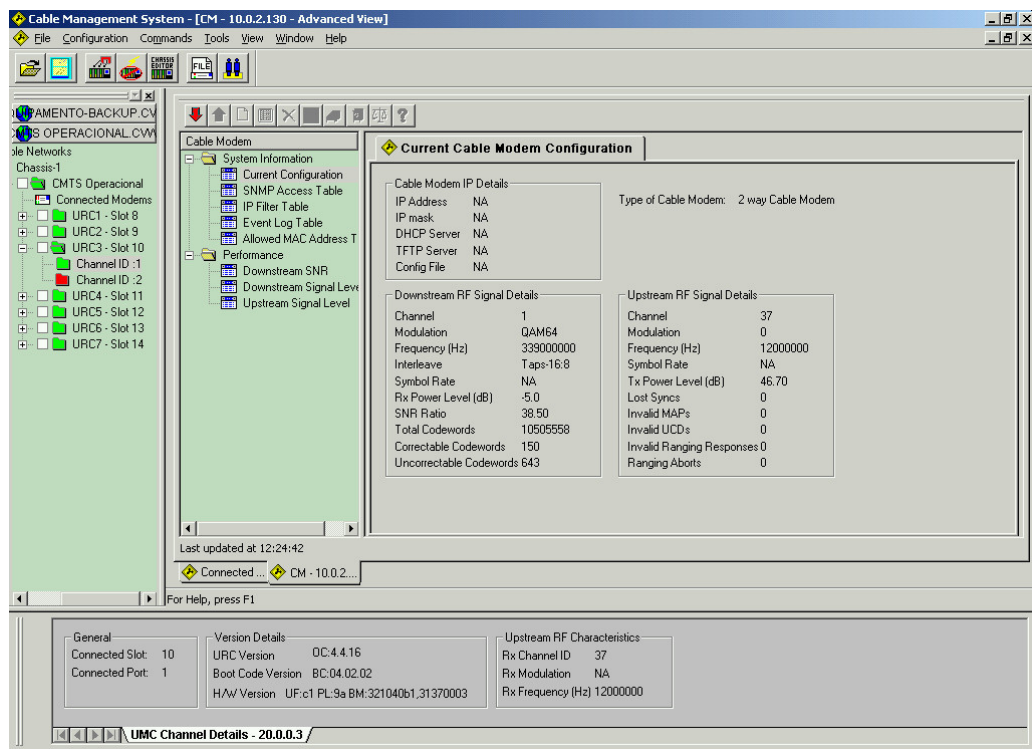


Figura 6-34: Gerenciamento do CM Scientific Atlanta WebSTAR DPX 110

## Trellis CABTV2

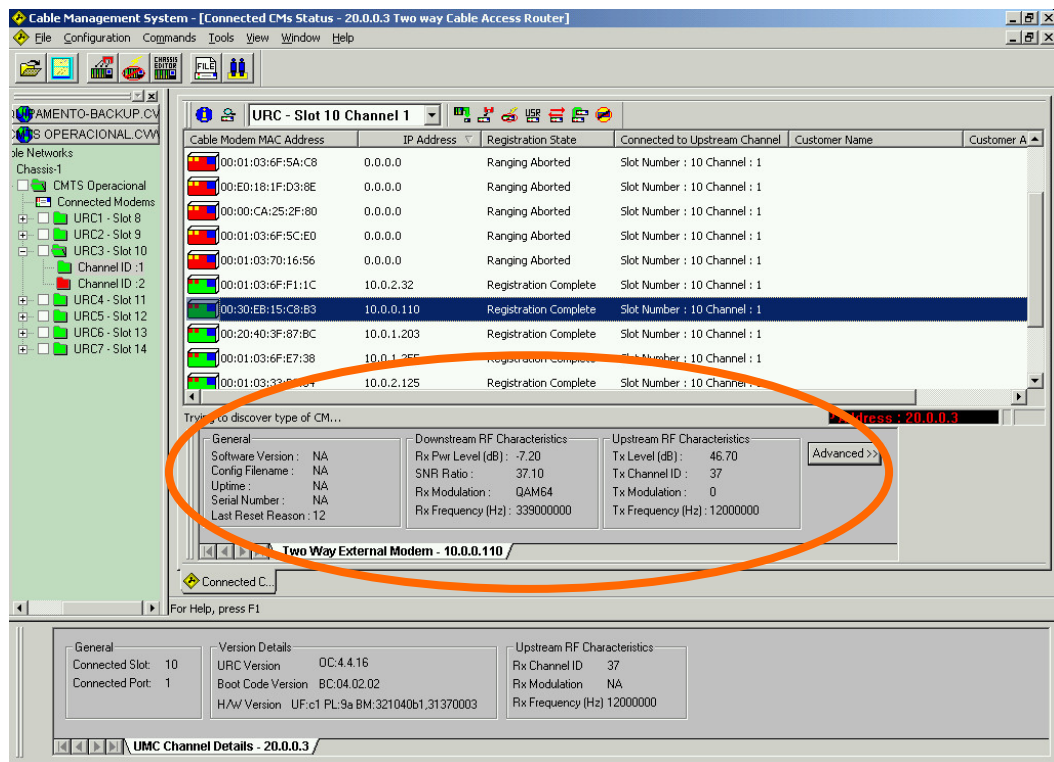


Figura 6-35: Teste de gerência do CM Trellis CABTV2 pelo 3Com CMS.

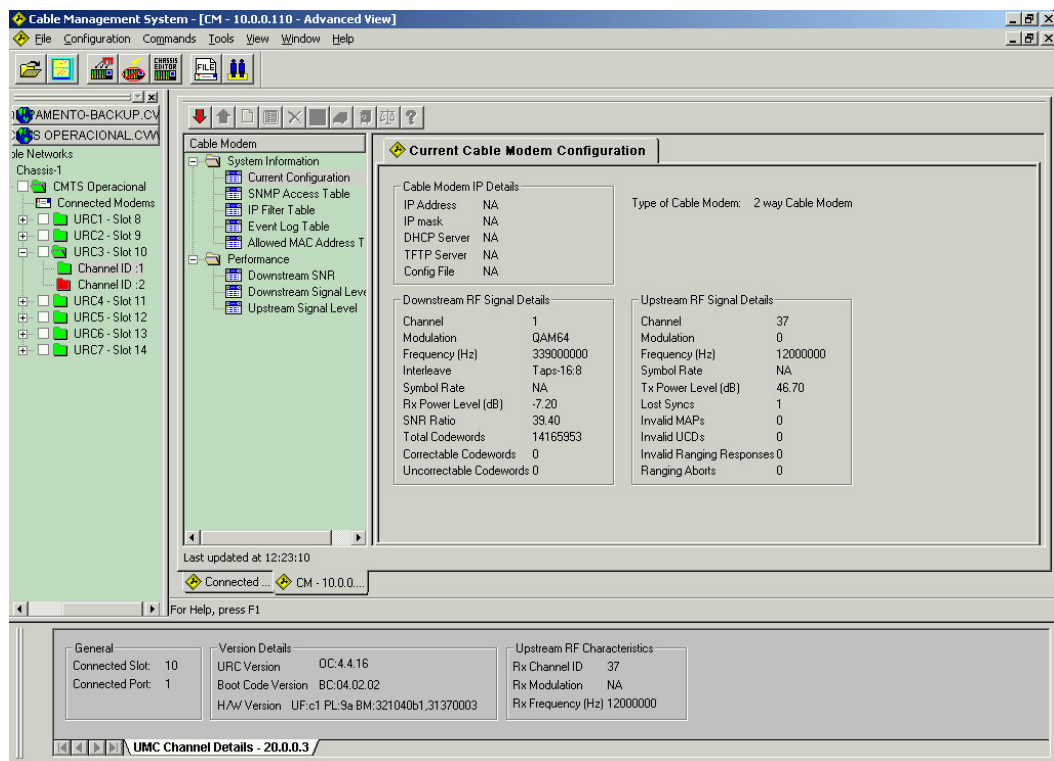


Figura 6-36: Gerenciamento do CM Trellis CABTV2 pelo 3Com CMS.

## Zoom 5041

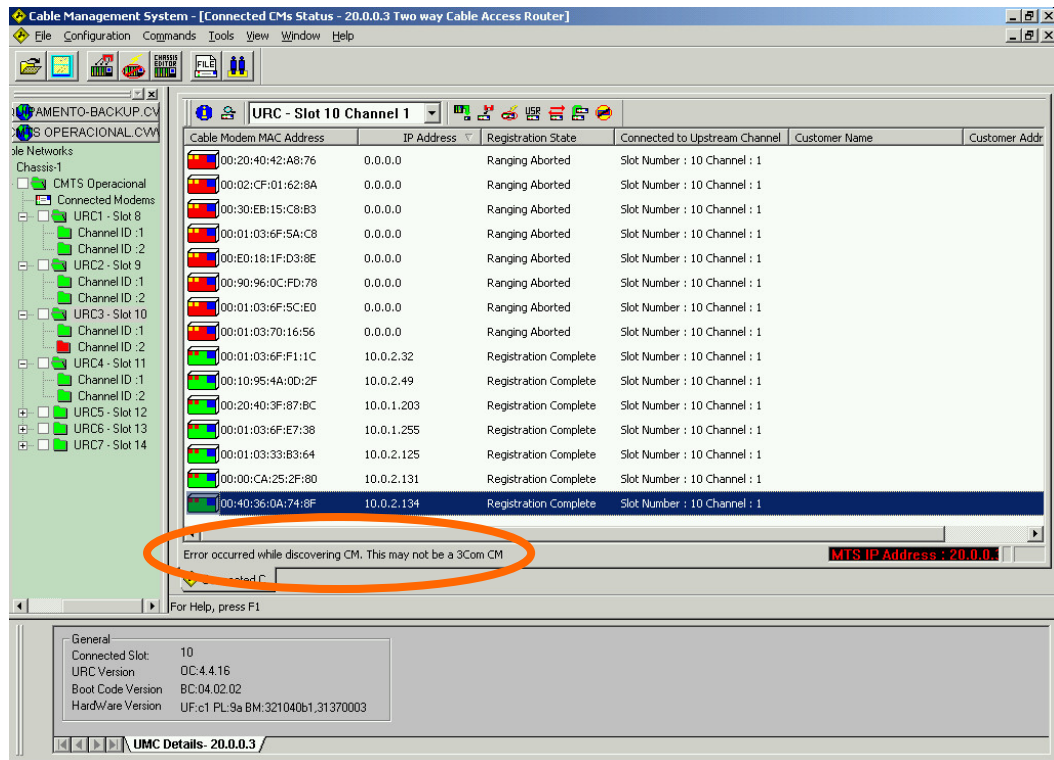


Figura 6-37: Teste de gerência do CM Zoom 5041 pelo 3Com CMS.



## ZyXEL Prestige 941

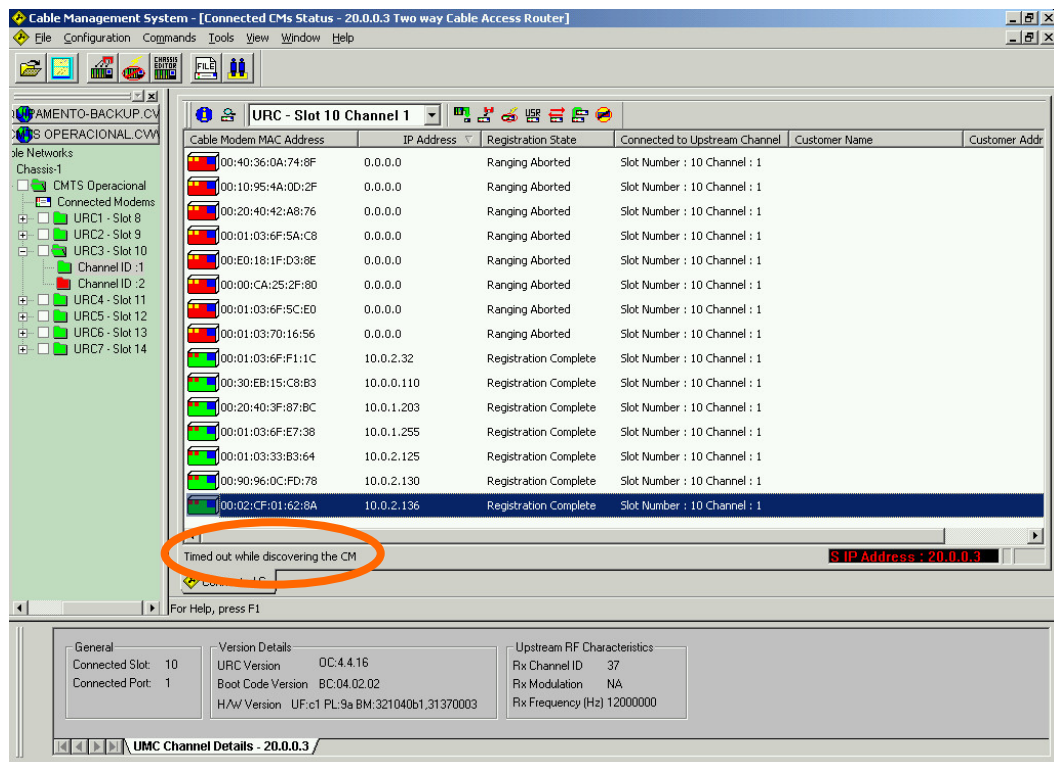








Figura 6-38: Teste de gerência do CM ZyXEL Prestige 941 pelo 3Com CMS.

## 6.4 Conclusão

Os resultados alcançados podem ser resumidos nas tabelas seguintes:







**Tabela 6-3: Resumo dos testes de RF, em relação à latência.**

Fabricante	Modelo	Downstream*			Upstream**	
		Round Trip Time Médio [ms]				
		Limite Interior (-15 dBmV)	Referência (+5 dBmV)	Limite Superior (+15 dBmV)	Limite Interior (+8 dBmV)	Limite Superior (+58 dBmV)
	Cornerstone CM 200	772	771	772	715	735
	DCM 235	770	769	769	719	730
	WebSTAR DPX 110	771	769	766	704	728
	CABTV2	804	800	802	723	732
	5041	771	776	779	736	739
	Prestige 941	770	770	771	723	741






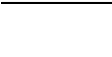
\* Testes feitos no mesmo dia

\*\* Testes feitos em dias e horários diferentes

**Tabela 6-4: Resumo das estimativas de velocidades.**

Fabricante	Modelo	Downstream			Upstream	
		256 kbps	768 kbps	Sem Limite	768 kbps	Sem Limite
	Cornerstone CM 200	195,92	685,20	2.082,08	644,32	675,44
	DCM 235	204,00	690,00	1.798,16	677,68	691,60
	WebSTAR DPX 110	149,76	698,56	1.713,68	673,28	693,12
	CABTV2	191,76	689,12	1.883,68	609,28	634,34
	5041	193,12	693,04	2.115,04	571,04	697,12
	Prestige 941	164,72	700,16	-	559,68	-

**Tabela 6-5: Resultados da gerência dos CMs.**

Fabricante	Modelo	SNMP	CMS
	Cornerstone CM 200	SIM	NÃO
	DCM 235	SIM	NÃO
	WebSTAR DPX 110	SIM	SIM
	CABTV2	SIM	SIM
	5041	SIM	NÃO
	Prestige 941	SIM	NÃO



Percebe-se pela Tabela 6-3 que os cable modems não tiveram perda de pacotes nem alto tempo de latência. Não foi observada também nenhuma ocupação de banda fora da sua canalização. De acordo com os dados encontrados, foi possível verificar que os cable modems satisfazem alguns dos critérios do padrão DOCSIS, exceto o ZyXEL Prestige 941 (pela Tabela 6-4). Os resultados do gerenciamento pela interface CMS não chegam a ser decisório na escolha, pois todos possuem certificações CableLabs [Crtfcd]. A partir dos resultados encontrados, o operador de cable modems deve escolher o produto que tenha o aspecto financeiro mais atrativo, já que no quesito técnico os dispositivos passaram no teste (exceto o produto ZyXEL Prestige 941).

O caracterizador possui consciência de que os testes não são completos, de acordo com [Tryn1], mas foram os possíveis de serem realizados. Tecnicamente, os modems (exceto ZyXEL Prestige 941) interoperam com o CMTS disponível.

Várias dificuldades foram encontradas, tais como: principalmente a falta de espaço e de equipamentos de caracterização (por exemplo, analisadores de espectro que não capturam figuras e que não possuem leitura fiel à real), falta de computadores para execução dos testes (como um servidor FTP exclusivamente para os testes), problemas com o servidor [centauro.linkexpress.com.br](http://centauro.linkexpress.com.br) e com o roteador.

## 7. Conclusão

Este trabalho trás como principal contribuição o desenvolvimento de uma metodologia de comparação entre plataformas que viabilizam a comunicação de dados em redes MMDS, que seguem a padronização DOCSIS. O trabalho inicia-se pelo entendimento prévio do funcionamento do sistema de TV por assinatura e de como ocorre a transmissão de dados sobre estas redes.

O padrão CableLabs DOCSIS adotado nas redes de TV por Assinatura, preserva os operadores de soluções proprietárias, que podem deixá-los em situações de risco caso haja a descontinuidade de produção por parte de um fabricante específico. Tomando como base este padrão, analisaram-se os principais elementos para o tráfego de dados: o terminal do usuário, cable modem, e o equipamento de controle central, o CMTS. Foi possível analisar o funcionamento dos elementos de rede envolvidos e o fluxo dos dados neste tráfego através do estudo de uma das implementações comerciais de um CMTS.

Estudou-se ainda o processo de registro de modo aprofundado verificando-se a interação entre os cable modems e o CMTS.

A metodologia de comparação de plataformas teve como objetivo avaliar características incorporadas às soluções de diversos fabricantes de modo quantitativo, para fácil comparação. Esta metodologia é importante a operadores de TV por assinatura que avaliam a possibilidade de explorar tráfego de dados em sua área de cobertura, ou que desejam substituir a plataforma já existente, seja para atingir sua demanda de tráfego ou para trocar de fabricante por descontinuação do produto, falha de suporte ou pela solução proprietária. Esta possibilidade torna-se concreta pelos cenários traçados e adaptações das soluções em frente às novas arquiteturas das redes. Este trabalho pode ser ainda aproveitado como um modelo para que outras plataformas possam ser também avaliadas, já que aspectos primordiais das redes MMDS foram objetos de avaliação. Por exemplo evoluções do próprio padrão DOCSIS e tecnologias de comunicação de dados proprietárias.

Também foram desenvolvidas rotinas de testes de cable modems, uma vez que este material é escasso. Operadoras podem fazer sua própria homologação


destes equipamentos sem recorrer a onerosos dispositivos de caracterização. Deste modo, podem-se adquirir cable modems de diversos fabricantes que certamente interoperam no ambiente específico do operador.

Por fim este trabalho servirá como referência para operadores de TV por assinatura, pois abrange desde os aspectos mais básicos da tecnologia, como os equipamentos necessários para a viabilização da transmissão de dados nesta plataforma e as características do protocolo, até os aspectos mais avançados, como a avaliação das novas tecnologias de equipamentos centrais (CMTSs), interação CMTS e cable modem e rotinas para testes laboratoriais em cable modems.

# **I. ANEXO**

As seguintes tabelas referem-se ao Capítulo 5: Metodologia para Escolha de Novas Plataformas.

**Tabela 7-1: Equipamento Central - Escalabilidade.**









Fabricante	Modelo	Escalabilidade (40%)				Pontuação
		Número de canais de downstream por placa (10%)	Número de canais de upstream por placa (50%)	Número de placas (15%)	Independência lógica entre placas de Up/Down (25%)	
	uBR10012	2	8	8	NÃO	2,0
	uBR7246 uBR7246VXR	1	6	4	NÃO	4,2
	CAS 2000	1	8	1	NÃO	6,7
	BSR 64000	1	4	13	NÃO	2,0
	BE 2000	1	4	6	NÃO	1,9
	BE 2800	1	4	16	NÃO	2,0
	Prisma G10	4	16	8	SIM	10,0
	Cornerstone CMTS 1500 4.2	1	8	1	NÃO	6,7
	C4	1	8			5,5
	QuarterBack					0,0
	Cable Data Bridge					0,0
	BW 3200					0,0
	BW 3500					0,0
	Cuda 12000	1	6			3,0
	S2000					0,0
	Expedience					0,0
	ComCONTROLLER 2000	1	2			0,5
	ComCONTROLLER 2100	1	7			4,5
	ComCONTROLLER 2100 Expansion	1	12			5,5
	uBR7223	1	6	2	NÃO	4,2
	uBR7111 uBR7111E	1	1	1	NÃO	1,7
	uBR7114 uBR7114E	1	4	1	NÃO	1,7
	BSR 1000	1	4	1	NÃO	1,7
	CABLESPAN 2700					0,0
	V3000	1	6	6	SIM	6,9

Regras de Pontuação:









- Número de Canais de Downstream por Placa
  - 4 - 10 pontos
  - 2 - 10 pontos
  - 1 - 5 pontos
- Número de Canais de Upstream por Placa
  - 16 - 10 pontos
  - 12 - 10 pontos
  - 8 - 10 pontos
  - 7 - 8 pontos
  - 6 - 5 pontos
  - 4 - 0 pontos
  - 2 - 0 pontos
  - 1 - 0 pontos

- Número de Placas
  - 16 - 10 pontos
  - 13 - 10 pontos
  - 8 - 10 pontos
  - 6 - 9 pontos
  - 4 - 8 pontos
  - 2 - 8 pontos
  - 1 - 8 pontos

**Tabela 7-2: Equipamento Central - Modularidade.**

Fabricante	Modelo	Implementa a função de roteador (30%)	Suporte Multicasting (30%)	Modularidade (10%)			Módulos adicionais são do próprio fabricante ou de terceiros	Pontuação
				Processamento do equipamento é centralizado (0) ou distribuído (40%)	Implementa VoIP	As implementações são de forma nativa ou com módulos adicionais		
	uBR10012	SIM	SIM	Centralizado	SIM	Nativa	-	6,0
	uBR7246 uBR7246VXR	SIM	SIM	Centralizado	SIM	Nativa	-	6,0
	CAS 2000	SIM	SIM	Distribuído	SIM	Nativa	-	10,0
	BSR 64000	SIM	SIM	Distribuído	SIM	Nativa	-	10,0
	BE 2000	SIM	SIM	Distribuído	SIM	Nativa	-	10,0
	BE 2800	SIM	SIM	Distribuído	SIM	Nativa	-	10,0
	Prisma G10	SIM	SIM	Distribuído	SIM	Nativa	-	10,0
	Cornerstone CMTS 1500 4.2	SIM	SIM	Distribuído	SIM	Nativa	-	10,0









**Tabela 7-3: Equipamento Central - Tolerância a Falhas.**

Fabricante	Modelo	Tolerância a Falhas (15%)							Pontuação
		Fontes Redundantes AC (40%)	Hot Swap (20%)	Gerência de Hardware (chassis) com Alarmes (20%)	Operação em Cluster (HotStand By + Comutação Automática) (20%)	Tempo de Recovery em caso de reinicialização da plataforma	Tempo de Recovery em caso de troca de placas	Tempo de Recovery para ativação do Cluster	
	uBR10012	SIM	SIM**	SIM	NÃO	120 s	30 s	Manual	10,0
	uBR7246 uBR7246VXR	SIM	SIM**	SIM	NÃO	120 s	30 s	Manual	10,0
	CAS 2000	SIM	SIM	SIM	SIM				10,0
	BSR 64000	SIM*	SIM	SIM	SIM	600 ms modem registration, 150 ms telephony session	-	-	10,0
	BE 2000	SIM	SIM	SIM	NÃO	?	?	?	8,0
	BE 2800	SIM	SIM	SIM	NÃO	?	?	?	8,0
	Prisma G10	SIM	SIM	SIM	SIM	X	3 s	X	10,0
	Cornerstone CMTS 1500 4.2	SIM	SIM	SIM	SIM				10,0

\* BSR 64000 utiliza duas fontes DC redundantes.








\*\* A placa uBR-MC28C não é hot swap

**Tabela 7-4: Equipamento Central - Adaptabilidade ao ambiente wireless.**









Fabricante	Modelo	Adaptabilidade ao Ambiente Wireless (15%)							O fabricante participa de algum fórum de discussão ou consórcio para a indústria	Pontuação
		Modulações VOFDM ou COFDM (10%)	Modulações do padrão DOCSIS (40%)	Modulação Adaptativa (10%)	Chaveamento automático de canal de Up conforme leitura de SNR (40%)	Diversidade Espacial de Antenas no Headend	NLOS (Near Line Of Sight)	Características agregadas à plataforma do fabricante em virtude do ambiente wireless		
	uBR10012	NÃO	SIM	SIM, de modo manual somente	SIM	SIM	SIM	Chaveamento automático com resintonia por porta.	BWIF	9,0
	uBR7246 uBR7246VXR	NÃO	SIM	SIM, de modo manual somente	SIM	SIM	SIM	Chaveamento automático com resintonia por porta.	BWIF	9,0
	CAS 2000	NÃO	SIM	SIM		NÃO	NÃO	Troca de canais com cheque	BWIF	5,0
	BSR 64000	NÃO	SIM	SIM	SIM	NÃO	SIM	-	BWIF	9,0
	BE 2000	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	-	CableLabs	8,0
	BE 2800	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	-	CableLabs	8,0
	Prisma G10	NÃO	SIM	SIM	SIM	NÃO	NÃO	O ganho de desempenho (operação em 16-QAM com C/N 7 dB menor que as atuais soluções) gerado pela digitalização completa do espectro de retorno e técnicas de cancelamento de ruído e de equalização traz ganhos inequívocos ao ambiente wireless.	NÃO	9,0
	Cornerstone CMTS 1500 4.2	NÃO	SIM	SIM	SIM	NÃO	NÃO	Chaveamento de canais, alteração da largura do canal, altera trellis e modulação.		9,0




**Tabela 7-5: Equipamento Central - Compatibilidade com os padrões da indústria.**

Compatibilidade com padrões da Indústria (20%)					
Fabricante	Modelo	Certificação DOCSIS 1.0 (30%)	Certificação DOCSIS 1.1 (70%)	Roadmap do Fabricante	Pontuação
	uBR10012	SIM	NÃO, Previsão de Certificação para terceiro trimestre de 2002	CPE 951 Janeiro 2002; Partner CPE Março 2002; CWNMS 1.1 Janeiro 2002; Multisid NM Fevereiro 2002; Install tools Março 2002; CWNMS 1.5 Julho 2002; MPLS VPN, DOCSIS 1.1, Plug and Play install with voice Setembro 2002	3,0
	uBR7246 uBR7246VXR	SIM	NÃO, Previsão de Certificação para terceiro trimestre de 2002	CPE 951 Janeiro 2002; Partner CPE Março 2002; CWNMS 1.1 Janeiro 2002; Multisid NM Fevereiro 2002; Install tools Março 2002; CWNMS 1.5 Julho 2002; MPLS VPN, DOCSIS 1.1, Plug and Play install with voice Setembro 2002	3,0
	CAS 2000	SIM	NÃO		3,0
	BSR 64000	SIM	NÃO	Release 1.2: melhorias no CMTS (melhorias no gerenciamento de espectro, informação por cable modem (SNR, BER)), melhorias no serviço IP, NIM Ethernet de 8 portas, OC-3 de 2 portas. Release 2.0: Melhorias no CMTS (1x4 Hot Standby, melhorias no gerenciamento de espectro, DOCSIS 1.1, Euro Packet Cable 1.0), melhorias no serviço IP, melhorias no serviço de gerência. Release 2.1: Abril de 2002. Release 3.0: Q3, 2002.	3,0
	BE 2000	SIM	NÃO	A Terayon esta participando dos processos para obter a certificação DOCSIS 1.1 para os cable modems e CMTS.	3,0
	BE 2800	SIM	NÃO	A Terayon esta participando dos processos para obter a certificação DOCSIS 1.1 para os cable modems e CMTS.	3,0
	Prisma G10	SIM	Previsão: 21/03/2002		3,0
	Cornerstone CMTS 1500 4.2	SIM	SIM	A Arris adquiriu recentemente a Cadant, a segunda empresa a ter homologação DOCSIS 1.1. O atual produto foi lançado a 6 meses e é a quarta geração. Está presente a 5 anos no mercado Brasileiro.	10,0









**Tabela 7-6: Equipamento Central - Administração de Acessos.**

Administração de Acessos (10%)							
Fabricante	Modelo	Suporta gerência simultânea de mais de 2000 CM (100%)	Capacidade máxima de gerência simultânea de CM	Impacto em termos consumo de banda e processamento na operação em capacidade máxima de gerência	Processador e memória instalados	Escalabilidade do equipamento quanto a processador e memória	Pontuação
	uBR10012	SIM	35,000 com Gerenciamento CISCO-CWNMS_DS e 10,000 com GCM-Furukawa (expansível)	Mínimo	CWNMS CISCO ?; GCM-Furukawa Pentium III, 256Mbytes	Para o CWNMS CISCO - ?; GCM Furukawa - Para o aplicativo GCM Client os requisitos são os anteriores, porém para o Banco de Dados (SQL ou ORACLE), é necessário verificar a quantidade de CMs e CMTS a serem operados, Servers COMPAQ ou Estações SUN são recomendáveis para o Banco de Dados Relacional	10,0
	uBR7246 uBR7246VXR	SIM	35,000 com Gerenciamento CISCO-CWNMS_DS e 10,000 com GCM-Furukawa (expansível)	Mínimo	CWNMS CISCO ?; GCM-Furukawa Pentium III, 256Mbytes	Para o CWNMS CISCO - ?; GCM Furukawa - Para o aplicativo GCM Client os requisitos são os anteriores, porém para o Banco de Dados (SQL ou ORACLE), é necessário verificar a quantidade de CMs e CMTS a serem operados, Servers COMPAQ ou Estações SUN são recomendáveis para o Banco de Dados Relacional	10,0
	CAS 2000	SIM	28,000 por canal de downstream				10,0
	BSR 64000	SIM	22.000				10,0
	BE 2000	SIM	12.000	NÃO	R5000, 256MBytes	Pode se iniciar a operação com uma configuração mínima do chassis BE2000 ou BE28000 e incrementar o numero de placas CMTS conforme as necessidades. A placa CMTS como todos os demais interfaces funcionam nos dois tipos de chassis e podem ser transportados entre os dois chassis sem problemas.	10,0
	BE 2800	SIM	28.000	NÃO	R5000, 256MBytes	Pode se iniciar a operação com uma configuração mínima do chassis BE2000 ou BE28000 e incrementar o numero de placas CMTS conforme as necessidades. A placa CMTS como todos os demais interfaces funcionam nos dois tipos de chassis e podem ser transportados entre os dois chassis sem problemas.	10,0
	Prisma G10	SIM	X	X	X	X	10,0
	Cornerstone CMTS 1500 4.2	SIM	10000 expandível				10,0









**Tabela 7-7: Resultado de Equipamento Central.**

Equipamento Central		
Fabricante	Modelo	Resultado
	Cornerstone CMTS 1500 4.2	9,53
	Prisma G10	9,45
	CAS 2000	7,53
	uBR7246 uBR7246VXR	6,73
	BSR 64000	6,25
	uBR10012	5,85
	BE 2800	5,80
	BE 2000	5,74

**Tabela 7-8: Controle e Gerência - Configuração de CoS.**

Configuração de Classes de Serviço (20%)					
Fabricante	Modelo	Permite definição de CoS (50%)	Permite alteração remota de classes de um dado CM (50%)	Número máximo de classes que podem ser definidas	Pontuação
	uBR10012	SIM	SIM, via OSS ou GCM	Não há número exato, depende da implementação	10,0
	uBR7246 uBR7246VXR	SIM	SIM, via OSS ou GCM	Não há número exato, depende da implementação	10,0
	CAS 2000	SIM	?		5,0
	BSR 64000	SIM	SIM	Não há número exato, depende da implementação	10,0
	BE 2000	SIM	SIM	16	10,0
	BE 2800	SIM	SIM	16	10,0
	Prisma G10	SIM	SIM	16	10,0
	Cornerstone CMTS 1500 4.2	SIM	SIM	Não há número exato, depende da implementação	10,0

**Tabela 7-9: Controle e Gerência - Configuração de QoS.**

Configuração de Qualidade de Serviço (20%)							
Fabricante	Modelo	Permite definição de QoS (70%)	Implementação de QoS é nativa ou através de hardware/software externo	Forma de ocorrência do controle de QoS	Permite QoS na rede WAN e no acesso ao backbone	Permite a definição de núvens de usuários (30%)	Pontuação
	uBR10012	SIM	Nativa	WRED, WFQ, CAR	SIM	SIM	6,5
	uBR7246 uBR7246VXR	SIM	Nativa	WRED, WFQ, CAR	SIM	SIM	6,5
	CAS 2000	SIM	Nativa			?	3,5
	BSR 64000	SIM	Software			SIM	6,5
	BE 2000	SIM	Nativa	Traffic Shapping	?	SIM	6,5
	BE 2800	SIM	Nativa	Traffic Shapping	?	SIM	6,5
	Prisma G10	SIM	Nativa	Traffic policing e shaping, Connection Admission Control (CAC). Variáveis: Maximum rates, delay, jitter, packet loss	Sim. DOCSIS CoS mapeado diretamente sobre VLAN tags, DiffServ, MPLS tags.	SIM	6,5
	Cornerstone CMTS 1500 4.2	SIM*	Nativa	Traffic Shapping	controle de wan é feito por roteador externo	SIM	10,0









\* Certificado pela CableLabs

Regras para pontuação: QoS

5 pontos: SIM

10 pontos: SIM\*









**Tabela 7-10: Controle e Gerência - Controle de uso de banda por usuário**

Controle de Uso de Banda Por Usuário (10%)					
Fabricante	Modelo	Permite controle e registro de banda por usuário em banco de dados (100%)	Padrão de registro em banco de dados	Permite a importação e exportação de dados SQL de forma automatizada (em caso proprietário)	Pontuação
	uBR10012	SIM	CWNMS CISCO – depende de outros applications utilizados; GCM – Furukawacompatível com o SQL Server 7 e Oracle 8.0.5.	-	10,0
	uBR7246 uBR7246VXR	SIM	CWNMS CISCO – depende de outros applications utilizados; GCM – Furukawacompatível com o SQL Server 7 e Oracle 8.0.5.	-	10,0
	CAS 2000	SIM	Oracle	-	10,0
	BSR 64000	SIM		-	10,0
	BE 2000	SIM	SQL ou Oracle	-	10,0
	BE 2800	SIM	SQL ou Oracle	-	10,0
	Prisma G10	SIM	SQL	-	10,0
	Cornerstone CMTS 1500 4.2	SIM	Oracle	-	10,0

**Tabela 7-11: Controle e Gerência - Controle de banda do sistema completo.**









Controle de Banda do Sistema Completo (10%)				
Fabricante	Modelo	Permite a gerência de uso de banda por canal de Up/Down (50%)	Permite o registro de uso de banda por canal em banco de dados (50%)	Pontuação
	uBR10012	SIM	SIM	10,0
	uBR7246 uBR7246VXR	SIM	SIM	10,0
	CAS 2000			0,0
	BSR 64000	SIM	SIM	10,0
	BE 2000	SIM	SIM	10,0
	BE 2800	SIM	SIM	10,0
	Prisma G10	SIM	SIM	10,0
	Cornerstone CMTS 1500 4.2	SIM, via gerencia de elementos	SIM	10,0

**Tabela 7-12: Controle e Gerência - Controle de Acesso.**









Controle de Acesso (10%)					
Fabricante	Modelo	Plataforma permite controle de acesso baseado em endereço MAC e login de usuário (100%)	Em que se baseia a autenticação na rede	Compatibilidade do sistema com banco de dados SQL	Pontuação
	uBR10012	SIM	Radius based on objects	Depende do Radius, deve ser planejando com o sistema de OSS	10,0
	uBR7246 uBR7246VXR	SIM	Radius based on objects	Depende do Radius, deve ser planejando com o sistema de OSS	10,0
	CAS 2000	SIM			10,0
	BSR 64000	SIM	PPPoE/Radius	SIM	10,0
	BE 2000	SIM	Suporte ao protocolo RADIUS ou PPPoE ou um sistema de DHCP	?	10,0
	BE 2800	SIM	Suporte ao protocolo RADIUS ou PPPoE ou um sistema de DHCP	?	10,0
	Prisma G10	SIM	X	X	10,0
	Cornerstone CMTS 1500 4.2	SIM, via MAC			10,0











**Tabela 7-13: Controle e Gerência - Open Access.**

Open Access (10%)					
Fabricante	Modelo	Acesso de múltiplos provedores à rede (100%)	Como funciona a solução de Open Access	A solução é do próprio fabricante ou de terceiros	Pontuação
	uBR10012	SIM	Policy based routing, MPLS VPN future, Service Selection Gateways	Open Access baseado em Policy Routing é do próprio fabricante em conjunto com o GCM-Furukawa, MPLS e VPN é necessário a compatibilidade com os equipamentos dos parceiros ISP da Operadora; Open Access baseado em Agregador é do próprio fabricante CISCO (6400 ou 7200).	10,0
	uBR7246 uBR7246VXR	SIM	Policy based routing, MPLS VPN future, Service Selection Gateways	Open Access baseado em Policy Routing é do próprio fabricante em conjunto com o GCM-Furukawa, MPLS e VPN é necessário a compatibilidade com os equipamentos dos parceiros ISP da Operadora; Open Access baseado em Agregador é do próprio fabricante CISCO (6400 ou 7200).	10,0
	CAS 2000	SIM			10,0
	BSR 64000	SIM	Layer 2 (PPPoE) ou Layer 3 (L2TP)	Próprio fabricante	10,0
	BE 2000	SIM	Provisionamento via DHCP com Option 82, combinado com "policy routing" e ACL (Access Control Lists) definido no CMTS; Definição de uma VLAN no CMTS para cada ISP e associação do modem a sua VLAN de preferencia; MPLS pode se criar circuitos individuais para cada provedor; PPPoE com um sistema externa de autenticação	Próprio fabricante ou de terceiros	10,0
	BE 2800	SIM	Provisionamento via DHCP com Option 82, combinado com "policy routing" e ACL (Access Control Lists) definido no CMTS; Definição de uma VLAN no CMTS para cada ISP e associação do modem a sua VLAN de preferencia; MPLS pode se criar circuitos individuais para cada provedor; PPPoE com um sistema externa de autenticação	Próprio fabricante ou de terceiros	10,0
	Prisma G10	SIM	Via Policy Routing ou MPLS	Próprio fabricante	10,0
	Cornerstone CMTS 1500 4.2	SIM	Via Policy routing	Próprio fabricante	10,0

**Tabela 7-14: Controle e Gerência - Administração de Acessos.**

Administração de Acessos (10%)							
Fabricante	Modelo	Possui solução de provisionamento (50%)	Armazenamento dos dados de provisionamento em banco de dados padrão aberto (50%)	Como funciona a solução de provisionamento	A solução é proprietária ou de terceiros	É possível a exportação para banco de dados SQL de forma automatizada	Pontuação
	uBR10012	SIM	SIM	Somente com NDA	Proprietária ou de terceiros	SIM	10,0
	uBR7246 uBR7246VXR	SIM	SIM	Somente com NDA	Proprietária ou de terceiros	SIM	10,0
	CAS 2000	SIM	SIM				10,0
	BSR 64000	SIM	SIM		Terceiros (CONEXON, da Interactive Enterprise)		10,0
	BE 2000	SIM	SIM	O sistema de provisionamento inclui um software de servidor completo com DHCP, DNS, TFTP, TOD.	Padrão Versant	SIM	10,0
	BE 2800	SIM	SIM	O sistema de provisionamento inclui um software de servidor completo com DHCP, DNS, TFTP, TOD.	Padrão Versant	SIM	10,0
	Prisma G10	SIM	SIM	CLI, SNMP.	Proprietária e standard.	SIM	10,0
	Cornerstone CMTS 1500 4.2	SIM	SIM	Software de DHCP	Proprietária	SIM	10,0






**Tabela 7-15: Controle e Gerência - Ferramentas de Gerência.**

Ferramentas de Gerência (10%)									
Fabricante	Modelo	Possui ferramenta de gerência e configuração através de interface gráfica (20%)	Análise de problemas através de indicadores como Taxas de Tx/Rx, relação sinal/ruído, perda de pacotes, Flap List (20%)	Permite interação com sistema de gerência de assinantes (SMS) (15%)	Possui alarmes administrativos (15%)	Possui gerência de espectro (15%)	Permite a geração de backup de configuração através de interface gráfica (15%)	É possível em caso de alarme o envio automático de e-mail ou bip para o administrador	Pontuação
	uBR10012	SIM	SIM	X	SIM	SIM	SIM	NÃO, somente com softwares de terceiros	8,5
	uBR7246 uBR7246VXR	SIM	SIM	X	SIM	SIM	SIM	NÃO, somente com softwares de terceiros	8,5
	CAS 2000	SIM			SIM				3,5
	BSR 64000	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	-	10,0
	BE 2000	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	10,0
	BE 2800	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	10,0
	Prisma G10	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO	SIM	8,5
	Cornerstone CMTS 1500 4.2	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	10,0

**Tabela 7-16: Resultados de Gerência e Controle.**

Gerência e Controle		
Fabricante	Modelo	Resultado
 ARRIS	Cornerstone CMTS 1500 4.2	10,00
 MOTOROLA intelligence everywhere	BSR 64000	9,30
 TERAYON	BE 2000	9,30
 TERAYON	BE 2800	9,30
 CISCO SYSTEMS	uBR10012	9,15
 CISCO SYSTEMS	uBR7246 uBR7246VXR	9,15
 Scientific Atlanta	Prisma G10	9,15
 MOTOROLA intelligence everywhere	CAS 2000	6,05

**Tabela 7-17: Resultado Final.**

Fabricante	Modelo	Pontuação Final		Resultado Final
		Equipamento Central	Gerência e Controle	
	Cornerstone CMTS 1500 4.2	9,53	10,00	9,74
	Prisma G10	9,45	9,15	9,32
	uBR7246 uBR7246VXR	6,73	9,15	7,82
	BSR 64000	6,25	9,30	7,62
	BE 2800	5,80	9,30	7,38
	BE 2000	5,74	9,30	7,34
	uBR10012	5,85	9,15	7,34
	CAS 2000	7,53	6,05	6,86

## II. GLOSSÁRIO

<b>ARP</b>	Protocolo de Resolução de Endereços (Address Resolution Protocol): é um protocolo de mapeamento de endereços IPs para um endereço físico MAC reconhecido numa rede local.
<b>Bidirecional, Comunicação de Dados</b>	Quando o tráfego de dados é feito em RF em ambas direções, tanto na direção do operador ao assinante quanto do assinante ao operador.
<b>BOOTP</b>	Bootstrap Protocol: protocolo que permite um host ser configurado automaticamente e ter um sistema operacional inicializado sem o envolvimento de um usuário.
<b>BPI, DOCSIS</b>	Baseline Privacy Interface: parte das especificações DOCSIS que permite com que usuários de cable modems possuam privacidade, com o uso de algoritmos criptográficos, no tráfego de dados através da rede. Implementa segurança na camada 2 do modelo OSI.
<b>CableLabs</b>	Cable Television Laboratories, Inc.: consórcio norte-americano de empresas da indústria de televisão a cabo fundado em 1998. Sem fins lucrativos, promove a pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias e integra seus membros em avanços técnicos para alcançarem seus objetivos de negócios.
<b>Camada</b>	(Layer): subdivisão da arquitetura OSI, constituído de subsistemas de mesma ordem.
<b>CAR, 3Com</b>	Cable Access Router: roteador que segue os padrões estabelecidos pelo DOCSIS que fornece o roteamento de pacotes da Internet ou da rede RF de cable modems.
<b>CM</b>	Cable Modem: dispositivo modulador/demodulador que se localiza nas instalações do assinante e que permite tráfego de dados através do cabo de TV por assinatura, com taxas de até 1,5 Mbps.
<b>CMCI, DOCSIS</b>	Cable Modem Customer Premises Equipment Interface: parte das especificações DOCSIS que define a interface de dados entre o computador do usuário e o cable modem.

<b>CMTS</b>	Sistema de Terminação de Cable Modems (Cable Modem Termitaion System): componente localizado nas instalações da operadora, que possibilita o tráfego de dados numa rede de TV por assinatura.
<b>CoS</b>	Classe de Serviço (Class of Service): uma maneira de gerenciar tráfego na rede através do agrupamento de tipos de tráfegos similares e tratar cada tipo como uma classe com o mesmo nível de prioridade.
<b>CPE</b>	Customer Premises Equipment: é o equipamento que reside fisicamente no assinante. Exemplos são set-top boxes de TV por assinatura, Cable Modems ou roteadores ADSL. Hoje em dia qualquer equipamento do usuário final pode ser classificado como CPE e pode ser proprietário tanto do assinante quanto da operadora de serviço.
<b>CRC</b>	Código de Redundância Cíclica: método de detecção e correção de erros em dados numa transmissão/recepção. O transmissor aplica um determinado polinômio na mensagem e o receptor utiliza o mesmo polinômio aos dados e compara o resultado com a mensagem transmitida. Se iguais, os dados foram recebidos de maneira correta.
<b>CRM</b>	Customer Relationship Management: termo que define metodologias, softwares e capacidades da Internet para ajudar empresas a gerenciar relações com consumidores de maneira organizada.
<b>DHCP</b>	Dynamic Host Configuration Protocol: protocolo que permite a administração centralizada da distribuição de endereços IPs. Sem o uso deste protocolo, o endereço deve ser feito de maneira manual em cada estação de trabalho. Novas estações que entram na rede podem ser configuradas automaticamente com este protocolo. Utiliza também o conceito de empréstimo para que seja feito reuso dos endereços.
<b>DNS</b>	Servidor de Nome de Domínio (Domain Name Server): é um meio de traduzir nomes de domínios em endereços IPs.
<b>DOCSIS</b>	Especificação de Interface do Sistema de Dados sobre Cabo (Data-Over-Cable System Interface Specification): padroniza interfaces para o tráfego de dados entre o operador de TV por assinatura e computadores.

<b>DOCSIS 1.0</b>	Primeira versão do protocolo de comunicação de dados estabelecido pela CableLabs.
<b>DOCSIS 1.1</b>	Em sua segunda versão, sua principal diferença é a funcionalidade de QoS na forma nativa.
<b>DOCSIS 2.0</b>	Vista a viabilidade em ambientes sem fio, o padrão evolui para maior adaptabilidade nestes ambientes e triplica a capacidade de dados, em comparação com as versões anteriores, com o uso de técnicas como o A-TDMA e o S-CDMA (ambas da empresa Terayon).
<b>Downstream</b>	Fluxo de sinais do CMTS para os CMs da rede. O CMTS envia sinais de dados para os cable modems da rede (broadcast) em um canal digital de largura de 6 MHz (TV).
<b>DTC, Subcamada</b>	Downstream Transmission Convergence Sublayer: subcamada da camada física que fornece a interface entre a subcamada PMD e a camada de enlace.
<b>FCC</b>	Comitê de Comunicações Federal (Federal Communications Commission): agência governamental norte-americana independente que regula comunicações interestaduais e internacionais pelo rádio, TV, cabo e satélite.
<b>FEC</b>	Forward Error Control: com o intuito de corrigir erros que possam surgir no tráfego de dados, bits suficientes para a correção de determinados erros são adicionados à mensagem transmitida.
<b>FI</b>	Frequência Intermediária: neste caso de 44 MHz, para sinais de TV (analógicos ou digitais) ou de dados (digital) que serão convertidos em frequência de transmissão.
<b>FTP</b>	Protocolo de Transferência de Arquivo (File Transfer Protocol): protocolo padronizado para permitir um modo simples de troca de arquivos entre computadores numa rede TCP/IP.
<b>Headend</b>	Local onde residem os equipamentos para a transmissão dos sinais de TV por assinatura e de dados.
<b>HFC</b>	Hybrid Fiber/Coax: tecnologia que possui o uso de fibra ótica e de cabo coaxial em diferentes porções de uma rede para carregar conteúdo de vídeo, dados e voz em banda larga.



<b>Hot-Swap</b>	É a troca ou inserção de um dispositivo enquanto o equipamento ainda continua em operação. Isto é geralmente feito em caso de falha.
<b>IEEE</b>	Instituto de Engenheiros Elétricos e Eletrônicos (Institute of Electrical and Electronics Engineers): eles mesmos se descrevem como a maior sociedade do mundo de profissionais técnicos que promovem o desenvolvimento e aplicação de tecnologias elétricas e de ciências aliadas para a promoção do benefício humano, o avanço da profissão e do bem-estar dos membros.
<b>ISO</b>	International Organization for Standardization: organização não-governamental criada em 1947 cuja missão é de desenvolver a padronização e atividades relacionadas para facilitar a troca internacional de bens e serviços e para desenvolver a cooperação nas esferas intelectual, científica, tecnológica e econômica.
<b>ITFS</b>	Serviço Fixo de Televisão Institucional (Instructional Television Fixed Service): estabelecido em 1963, é um serviço norte-americano que fornece instrução educacional e desenvolvimento cultural e profissional para escolas e outras instituições. Ocupa o espectro de 2,5 a 2,7 GHz, com 20 canais de 6 MHz.
<b>LLC, Subcamada</b>	Subcamada de Controle de Enlace Lógico (Logical Link Control Sublayer): parte do protocolo que governa a montagem de quadros LLC e sua troca entre estações, independente de como o meio físico está compartilhado.
<b>MAC Address</b>	Endereço MAC: endereço físico da interface de rede, que deve ser único.
<b>MAC, Subcamada</b>	Subcamada de Controle de Acesso ao Meio (Media Access Control Sublayer): parte da camada de enlace que utiliza os serviços da camada física (PMD) para fornecer serviço à subcamada de controle de enlace lógico (LLC). É responsável pela montagem dos quadros, proteção contra erros e aquisição de direitos para o uso do meio.
<b>MAP</b>	Upstream Bandwidth Allocation Map: mensagens periódicas geradas pelo CMTS para os cable modems da rede, que fornecem informações do tipo: alocação de banda, ajuste de nível de sinal e offset de sincronismo.

<b>MBP, 3Com</b>	Management Bus Protocol: protocolo utilizado no barramento de gerência do Total Control 1000 da 3Com, para o monitoramento de todos os cartões presentes no chassi.
<b>Midplane, 3Com</b>	Barramento que interconecta as placas de aplicação (NACs) com as de interface (NICs). Possui a arquitetura proprietária "Quad Bus Architecture" para tráfego de dados no chassi Total Control e, um barramento adicional de gerência.
<b>Mini-Slots</b>	Slots de tempo disponíveis aos cable modems da rede, em múltiplos inteiros de 6,25 ms.
<b>MMDS</b>	Serviço de Distribuição Multiponto Multicanal (Multichannel Multipoint Distribution Service): serviço de broadcast originalmente de sinais de TV por assinatura, que opera na frequência de 2,5 a 2,686 GHz, também conhecido como "wireless cable". Pode-se oferecer também comunicação de dados banda larga em altas velocidades.
<b>MPEG</b>	Moving Pictures Expert Group: grupo que desenvolve padrões para imagens e áudio digitais comprimidos.
<b>MS, 3Com</b>	Estação de Gerência (Management Station): PC que roda o software TCM da 3Com que, através do cartão NMC instalado no chassi Total Control, gerencia remotamente os demais cartões.
<b>NAC, 3Com</b>	Placa de Aplicação (Network Application Card): placas que são instaladas pela frente do chassi Total Control. Fazem o processamento de uma determinada aplicação e enviam para a devida interface.
<b>NCTA</b>	National Cable Television Association: associação voluntária de operadores de TV a cabo norte-americana que fornece, dentre outras coisas, orientações para medidas em sistemas de TV a cabo.
<b>NIC, 3Com</b>	Placa de Interface (Network Interface Card): placas que são instaladas por trás do chassi Total Control e fornecem interfaces necessárias para as diversas funcionalidades do CMTS.
<b>NMC, 3Com</b>	Placa de Gerência da Rede (Network Management Card): cartão que gerencia os dispositivos no chassi Total Control, sob a direção de um PC (MS) que roda o programa proprietário TCM da 3Com.

<b>NOC</b>	Centro de Operações de Rede (Network Operations Center): lugar onde uma rede de telecomunicações é supervisionada e monitorada. Podem ser feitas manutenções, detecção de problemas, distribuição de software (updates), observações do desempenho da rede e gerência dos roteadores e backbones.
<b>NSI, DOCSIS</b>	Network Services Interface: parte das especificações DOCSIS que define a interface de dados entre o CMTS e a rede de dados.
<b>NTP</b>	Protocolo de Tempo da Rede (Network Time Protocol): protocolo utilizado para sincronizar computadores em uma rede.
<b>OSI</b>	Open Systems Interconnection: um dos padrões da ISO para comunicação entre diferentes sistemas de diferentes fabricantes, na qual o processo de organização é organizado em 7 diferentes categorias que são colocadas em ordem de camadas, baseado em sua relação com o usuário. Cada camada utiliza a camada inferior e fornece serviço à camada superior. As camadas de 1 a 3 tratam de funções da rede, enquanto as camadas de 4 a 7 com a comunicação fim a fim de uma mensagem entre a fonte e o destino.
<b>PHY, Camada</b>	Camada Física (Physical Layer): correspondente à camada 1 do modelo de referência OSI. Esta camada fornece serviços para a transmissão de bits em um enlace entre sistemas abertos, que envolve procedimentos elétricos, mecânicos e de "handshake".
<b>PMD, Subcamada</b>	Subcamada Dependente do Meio Físico (Physical Medium Dependent Sublayer): subcamada da camada física que trata da transmissão de bits e da característica elétrica do sinal passante.
<b>PPPoE</b>	Protocolo Ponto a Ponto sobre Ethernet (Point-to-Point Protocol over Ethernet): combina as características do protocolo ponto a ponto PPP (utilizado em conexões discadas) com o protocolo Ethernet, que permite múltiplos usuários em uma rede local. Informações PPP são encapsuladas num quadro Ethernet, permitindo com que um escritório se conecte a um site remoto ou acesse a Internet através do compartilhamento de um CPE, que pode ser um modem DSL ou um cable modem.

<b>PSI, 3Com</b>	Power Supply Interface: interface do cartão PSU do Total Control.
<b>PSU, 3Com</b>	Power Supply Unit: cartão da plataforma Total Control 1000 que fornece energia elétrica para o funcionamento de um chassi completamente cheio. Um cartão somente é necessário para a total funcionalidade, possuindo ainda um outro cartão redundante, que faz também balanceamento de carga.
<b>QAM</b>	Modulação de Amplitude em Quadratura (Quadrature Amplitude Modulation): método de modulação digital de sinais que envolvem codificação tanto de amplitude quanto de fase.
<b>QAM, 3Com</b>	Quadrature Amplitude Modulation Card: cartão presente no chassi Total Control que recebe dados do roteador CAR e os transmite modulados em 64/256 QAM em frequência intermediária (FI) para o transmissor no headend.
<b>QoS</b>	Qualidade de Serviço (Quality of Service): a idéia deste serviço é que de alguma forma taxas de transmissão e outras características possam ser garantidas.
<b>QPSK</b>	Quadrature Phase Shifting Key: método de modulação digital de sinais na qual dois bits codificam quatro estados de fase.
<b>RADIUS</b>	Remote Authentication Dial-In User Service: protocolo de arquitetura cliente/servidor que permite servidores remotos acessar um servidor central para autenticar usuários e autorizar seu pedido a um sistema ou um determinado serviço. Deste modo, é possível fazer o uso de uma política centralizada, mais fácil para bilhetagem ou coleta de estatísticas.
<b>RBW</b>	Resolução de Banda (Resolution Bandwidth): filtro FI passabanda presente no analisador de espectro que é usado para o janelamento de sinais. Quanto mais estreito, a seletividade é aumentada, deste modo, dois sinais de entrada muito próximos em frequência podem ser visualizados.
<b>Rede, Camada</b>	Network Layer: camada 3 da arquitetura OSI que fornece o serviço de estabelecimento de um caminho entre sistemas abertos.

<b>Retorno, Canal de</b>	Como é chamado o upstream, de largura de banda total de 12 MHz. Este pode ser subcanalizado ainda em canais de frequências menores. Faz-se o uso de setorização (pela sua limitação espectral) e geralmente sofre por interferências
<b>RFI</b>	Request For Information: questionário de caráter confidencial que empresas enviam para fabricantes com o intuito de conhecer melhor o produto em questão.
<b>RFI, DOCSIS</b>	Radio Frequency Interface: parte das especificações DOCSIS que define a interface de radiofrequência para o tráfego de dados: downstream e upstream (de retorno RF). Define as características elétricas dos sinais e seu processo de empacotamento.
<b>RISC</b>	Reduced Instruction Set Computer: microprocessador projetado para um menor número de instruções para que opere em velocidades elevadas. Como cada tipo de instrução necessita de transistores adicionais e mais circuitaria, uma lista maior de instruções faz com que o microprocessador tenha mais complexidade e menos velocidade.
<b>ROBO</b>	Remote Office/Branch Office: Ambiente de escritório remoto ou escritório numa empresa filial.
<b>SLIP</b>	Serial Line Internet Protocol: protocolo que permite a comunicação entre duas máquinas configuradas previamente. Por exemplo, faz com que os pedidos de usuários sejam encaminhados para a Internet, da mesma maneira que as respostas.
<b>SNMP</b>	Simple Network Management Protocol: protocolo de gerência e monitoramento de dispositivos e de hosts na rede.
<b>SOHO</b>	Small Office/Home Office: Ambiente de pequeno escritório ou escritório localizados em casas.
<b>SQL</b>	Structured Query Language: é uma linguagem de programação padrão para pegar e atualizar bancos de dados.
<b>Streaming Video</b>	Seqüência de imagens que são enviadas de modo comprimido sobre a Internet e visualizadas pelo usuário no mesmo instante que chegam. Um usuário pode ver o conteúdo antes que seja feito o download do arquivo.

<b>Subcamada</b>	Subdivisão de uma camada do modelo de referência OSI.
<b>Sweep Time</b>	Tempo de Varredura: tempo que o dispositivo (analisador de espectro, osciloscópio, etc) leva para atualizar sua tela.
<b>TCM</b>	Total Control Manager: software proprietário 3Com que roda numa estação de gerência (MS) e controla todos os cartões presentes no chassi Total Control, através de informações coletadas pelo cartão de gerenciamento (NMC).
<b>TDM</b>	Multiplexação por Divisão no Tempo (Time Division Multiplexing): esquema na qual vários sinais são combinados para transmissão num único canal de comunicação. Cada sinal é quebrado em pequenos segmentos de pequena duração. Um circuito multiplexador é responsável pela construção do sinal combinado, que varre todas as entradas sem que haja perda de informação.
<b>TFTP</b>	Protocolo Trivial de Transferência de Arquivo (Trivial File Transfer Protocol): protocolo que permite a transferência de arquivos de modo mais simples que o FTP, porém mais restrito.
<b>TOD</b>	Time of Day: necessário para o sincronismo com o CMTS, na geração de eventos ou alarmes relacionados com a gerência da rede.
<b>Total Control 1000, Plataforma</b>	Solução do fabricante 3Com, qualificado CableLabs DOCSIS 1.0.
<b>UART</b>	Universal Asynchronous Receiver/Transmitter: é um circuito controlador de uma interface ligada a dispositivos seriais. Algumas de suas funcionalidades são: conversão de circuitos paralelos em um único bit stream, adição de bits de paridade e adição de delimitadores de começo e fim de mensagens.
<b>UCD</b>	Upstream Channel Descriptor: mensagem periódica gerada no canal de downstream pelo CMTS, para alocar canais de upstream disponíveis a todos os cable modems da rede.
<b>Unidirecional, Comunicação de Dados</b>	Quando o tráfego de dados é feito em radiofrequência na direção do operador ao assinante e, em retorno telefônico na direção do assinante ao operador.

<b>Upstream</b>	Fluxo de sinais que vão dos cable modems para o CMTS. Os CMs fazem o múltiplo acesso deste canal por divisão no tempo. O CMTS recebe o sinal de um cable modem, faz a demodulação e roteia o pacote para a Internet ou para um outro cable modem da rede.
<b>URC, 3Com</b>	Upstream Receiver Card: cartão necessário para que a comunicação bidirecional de dados seja possível no chassi Total Control. Estes cartões processam todos os sinais vindos dos assinantes para o headend.
<b>USB</b>	Universal Serial Bus: interface plug-and-play entre o computador e dispositivos externos (teclado, mouse, scanner, impressora, etc). Um dispositivo novo pode tornar-se funcional ao computador sem a adição de uma placa ou ter que desligar o computador. Dispositivos USB podem ter taxas de até 12 Mbps, enquanto alguns de baixa velocidade chegam a 1,5 Mbps.
<b>VBW</b>	Video Bandwidth: filtro passa baixa utilizado para fazer médias ou para suavizar o sinal de entrada traçado na tela do analizador de espectro.
<b>VoIP</b>	Voz sobre IP (Voice over IP): voz entregue através do protocolo IP, da forma digital (em pacotes discretos) ao invés dos protocolos tradicionais de circuitos comutados. Sua vantagem é de não ser cobrada por operadoras de telefonia.
<b>VPN</b>	Rede Privada Virtual (Virtual Private Network): com o uso um protocolo de tunelamento e de procedimentos de segurança, é possível trafegar dados de maneira segura em uma rede pública (geralmente a Internet).

### III. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [ADC]** Cuda 12000 IP Access Switch: Product Overview, ADC Telecommunications, Inc., 2001, disponível em <http://stele.adc.com/Library/Literature/100192PR.pdf>
- [Arris-I]** Cornerstone Product Information Document: Cable Modem Termination System 1500 (CMTS 1500), Arris Interactive, 2001, Confidencial
- [BPI]** Data-Over-Cable Service Interface Specifications: Baseline Privacy Interface Specification, SP-BPI-I03-010829, Cable Television Laboratories, Inc., Agosto, 2001
- [CAR\_CLI]** Cable Access Router: Command Line Interface Reference Guide, Release 2.0, 3Com Corporation, Agosto, 1999.
- [CAR\_UG]** Cable Access Router: User Guide, Release 2.0, 3Com Corporation, Agosto, 1999.
- [Cdnt1]** Cadant: Cable Modems, International Engineering Consortium, 2002, disponível em [http://www.iec.org/online/tutorials/cable\\_mod/](http://www.iec.org/online/tutorials/cable_mod/)
- [Cdnt2]** Cadant C4 Cable Modem Termination System: Data Sheet, Cadant, Inc., 2001, disponível em <http://www.cadant.com>
- [Cdnt3]** Cadant C4 System Overview, Cadant, Inc., 2000, disponível em <http://www.cadant.com>
- [CMCI]** Data-Over-Cable Service Interface Specifications: Cable Modem to Customer Premise Equipment Interface Specification, SP-CMCI-I06-010829, Cable Television Laboratories Inc., Agosto, 2001
- [CMS]** Cable Management System User's Guide, 3Com Corporation, Fevereiro, 2000
- [CMS\_RN]** Cable Modem Termination System, Cable Management System: Release Notes, 3Com Corporation, Janeiro, 2001
- [CMTSSwUp]** Cable Modem Termination System, Software Upgrade Instructions: SR 2.02 or Greater to Latest Release, 3Com Corporation, Dezembro, 1999



<b>[Com21]</b>	High-Performance Headend Switches: ComCONTROLLER Products, Com21, Inc., 2001, disponível em <a href="http://www.com21.com/products/pdf/ComCONTROLLER_Brochure.pdf">http://www.com21.com/products/pdf/ComCONTROLLER_Brochure.pdf</a>
<b>[Crtfcd]</b>	DOCSIS Certified Products, Cable Labs, Inc., disponível em <a href="http://www.cablemodem.com/downloads/Certified_Products.pdf">http://www.cablemodem.com/downloads/Certified_Products.pdf</a>
<b>[Csc10k]</b>	Cisco uBR10012 Universal Broadband Router Hardware Installation Guide, Cisco Systems Inc., 2001, disponível em <a href="http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/cable/ubr10k/ubr10012/hig/index.htm">http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/cable/ubr10k/ubr10012/hig/index.htm</a>
<b>[Csc7100]</b>	Cisco uBR7100 Series Hardware Installation Guide, Cisco Systems Inc., 2001, disponível em <a href="http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/cable/ubr7100/hig7100/index.htm">http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/cable/ubr7100/hig7100/index.htm</a>
<b>[Csc7200]</b>	Cisco uBR7200 Series Hardware Installation Guide, Cisco Systems Inc., 2001, disponível em <a href="http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/cable/cab_rout/cr72hig/index.htm">http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/cable/cab_rout/cr72hig/index.htm</a>
<b>[CscMC28]</b>	Cisco uBR-MC28C and Cisco uBR-MC28C-BNC Line Cards, Offering the highest port density of Cisco uBR7200 Series line cards, Cisco Systems Inc., 2001, disponível em <a href="http://www.cisco.com/warp/public/cc/pd/ifaa/ubmc28y/tech/mc28c_ds.htm">http://www.cisco.com/warp/public/cc/pd/ifaa/ubmc28y/tech/mc28c_ds.htm</a>
<b>[Hybrd]</b>	Wireless Broadband Access System: The S2000 delivers High Speed Internet Access to Business and Consumers, Hybrid Networks, Inc., 2001, disponível em <a href="http://www.hybrid.com/pdf/wbabroc.pdf">http://www.hybrid.com/pdf/wbabroc.pdf</a>
<b>[Inst&amp;Man]</b>	2-Way CMTS v2.51: Installation & Management, Guia do Estudante, 3Com Corporation, Setembro, 2000.
<b>[InstPlan]</b>	Cable Modem Termination System: Installation Planning Reference Guide, Release 2.50, 3Com Corporation, Novembro, 1999.
<b>[LabGd]</b>	2-Way CMTS v2.51: Lab Guide, Serviço de Educação Técnica 3Com, 3Com Corporation, Setembro, 2000.

- [MMDS]** Norma N.002/94-REV/97 - Serviço de Distribuição de Sinais Multiponto Multicanal (MMDS), Ministério de Estado das Comunicações, Brasília, 1997.
- [Mtrl1]** ACRONYM LIST: Satellite & Broadcast Network Systems, Motorola Inc., Outubro, 2001, disponível em <http://www.gi.com/whitepaper/acronyms.pdf>
- [Mtrl2]** Broadband Services Router BSR 1000, Motorola Inc., 2001, disponível em <http://www.gi.com/ipns/bsr1000.pdf>
- [Mtrl3]** Broadband Services Router BSR 64000, Motorola Inc., 2001, disponível em <http://www.gi.com/ipns/bsr64000.pdf>
- [Mtrl4]** DOCSIS Cable Module DCM 2000, Motorola Inc., 2001, disponível em <http://www.gi.com/cmts/DCM2000.pdf>
- [Mtrl5]** RF Module RFM 2000, Motorola Inc., 2001, disponível em <http://www.gi.com/cmts/RFM2000.pdf>
- [Mtrl6]** Control Management Module CMM 2000, Motorola Inc., 2001, disponível em <http://www.gi.com/cmts/CMM2000.pdf>
- [Mtrl7]** IP Module IPM 2000, Motorola Inc., 2001, disponível em <http://www.gi.com/cmts/IPM2000.pdf>
- [Mtrl8]** IP Module IPM 8000, Motorola Inc., 2001, disponível em <http://www.gi.com/cmts/IPM8000.pdf>
- [NCTA]** NCTA Recommended Practices for Measurements on Cable Television Systems', 2ª Edição, 1993. Suplemento Upstream Transport Issues, National Cable Television Association, Outubro, 1997
- [NeoTec1]** Request for Information: Plataforma Broadband para o ambiente MMDS, versão 2.0, Confidencial
- [NeoTec2]** Busca de uma nova visão estratégica para o mercado Broadband, 2001, Confidencial
- [NSI]** Data Over Cable Interface Specifications: Cable Modem Termination System–Network Side Interface Specification, SP-CMTS-NSII01-960702, Cable Television Laboratories Inc., Julho, 1996.
- [PAM]** Cable Modem Termination System: Provisioning and Access Manager User Guide, 3Com Corporation, Setembro, 2000

- [QAM]** Single Channel QAM Modulator Network Interface Card: Getting Started Guide, 36 and 44 MHz Versions, 3Com Corporation, 1999
- [Qlfc]** DOCSIS Qualified Products, Cable Labs, Inc., disponível em [http://www.cablemodem.com/downloads/Qualified\\_Products.pdf](http://www.cablemodem.com/downloads/Qualified_Products.pdf)
- [RFC1157]** Case, Fedor, Schoffstall e Davin, A Simple Network Management Protocol (SNMP), MIT, Maio, 1990, disponível em <http://www.ietf.org/rfc/rfc1157.txt?number=1157>
- [RFC1350]** Sollins, K., The TFTP Protocol (Revision 2), MIT, Julho, 1992, disponível em <http://www.ietf.org/rfc/rfc1350.txt?number=1350>
- [RFC2131]** Droms, R., Dynamic Host Configuration Protocol, Bucknell University, Março, 1997, disponível em <http://www.ietf.org/rfc/rfc2131.txt?number=2131>
- [RFI\_1.0]** Data-Over-Cable System Interface Specifications: Radio Frequency Interface Specification, Cable Television Laboratories, Inc., Agosto, 2001
- [RFI\_C]** Request for Information: Plataforma Broadband para o ambiente MMDS, versão 2.0, respondido pela Cisco - Furukawa, Confidencial
- [RFI\_M]** Request for Information: Plataforma Broadband para o ambiente MMDS, versão 2.0, respondido pela Motorola, Confidencial
- [RFI\_SA]** Request for Information: Plataforma Broadband para o ambiente MMDS, versão 2.0, respondido pela Scientific Atlanta, Confidencial
- [RFI\_T]** Request for Information: Plataforma Broadband para o ambiente MMDS, versão 2.0, respondido pela Terayon, Confidencial
- [SA]** Digital Transport: Prisma G10 CMTS, Scientific-Atlanta Inc., 2002, disponível em [http://www.scientificatlanta.com/customers/broadbandaccess\\_pdfs/750805.pdf](http://www.scientificatlanta.com/customers/broadbandaccess_pdfs/750805.pdf)

- [SAB]** Brown, Christie, Spectrum Analyzer Basics, 1998 Back to Basis Seminar, disponível em [http://we.home.agilent.com/upload/cmc\\_upload/tmo/downloads/E206WIRELESS\\_SABASICS.pdf](http://we.home.agilent.com/upload/cmc_upload/tmo/downloads/E206WIRELESS_SABASICS.pdf), Hewlett-Packard Company, 1998
- [Tryn1]** Advanced Modulation Systems, Technology Reports, Terayon Cable Modem, Transmission System Test Results, Cable Television Laboratories Inc., 1997
- [Tryn2]** DOCSIS 2.0 and Advanced S-CDMA: Maximizing the Data Return Path, White Paper, Terayon Communication Systems, Inc., 2001, disponível em [http://www.terayon.com/cat.html?cat\\_id=9.5.1](http://www.terayon.com/cat.html?cat_id=9.5.1)
- [Tryn3]** DOCSIS 2.0 White Paper: Enabling MSOs To Offer Broader Upstream Bandwidths and Powerful New Networking Services, Terayon Communication Systems, Inc., 2001, disponível em [http://www.terayon.com/cat.html?cat\\_id=9.5.1](http://www.terayon.com/cat.html?cat_id=9.5.1)
- [Tryn4]** BE 2000/2800 CMTS, Terayon Communication Systems, 2001, disponível em [http://www.terayon.com/admin/file\\_handler/d06bfaa5f4 added8f086c6b4a458f773bc/843/BEDOCSIS\\_final.pdf](http://www.terayon.com/admin/file_handler/d06bfaa5f4 added8f086c6b4a458f773bc/843/BEDOCSIS_final.pdf)
- [Tryn5]** Terayon BW 3200: DOCSIS Cable Modem Termination System, Terayon Communication Systems, 2001 disponível em [http://www.terayon.com/admin/file\\_handler/d06bfaa5f4 added8f086c6b4a458f773bc/1010535702/CableDatadataSheets.zip](http://www.terayon.com/admin/file_handler/d06bfaa5f4 added8f086c6b4a458f773bc/1010535702/CableDatadataSheets.zip).
- [Tryn6]** Terayon BW 3500: DOCSIS Cable Modem Termination System, Terayon Communication Systems, 2001 disponível em [http://www.terayon.com/admin/file\\_handler/d06bfaa5f4 added8f086c6b4a458f773bc/1010535702/CableDatadataSheets.zip](http://www.terayon.com/admin/file_handler/d06bfaa5f4 added8f086c6b4a458f773bc/1010535702/CableDatadataSheets.zip).
- [Wndrly1]** Wanderley, Jefferson J. e Iryoda, Flávio A. T., Comunicação de Dados a Alta Velocidade em Redes de TV por Assinatura, não publicado, ITSA Telecomunicações, Brasília, 2001
- [Wndrly2]** Wanderley, Jefferson, Os canais de retorno no MMDS, Revista Engenharia de Televisão, No. 48, Dezembro de 1999.