

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM SISTEMAS DE
TELECOMUNICAÇÕES

ALINE KLUG DE MOURA

**REDES DE ACESSO: o futuro do cabo de cobre e a era da fibra
óptica**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA
2013

ALINE KLUG DE MOURA

**REDES DE ACESSO: o futuro do cabo de cobre e a era da fibra
óptica**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações do Departamento Acadêmico de Eletrônica – DAELN – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientação: Professor M.Sc. Alexandre Jorge Miziara.

CURITIBA
2013

ALINE KLUG DE MOURA

**REDES DE ACESSO: o futuro do cabo de cobre e a era da fibra
óptica**

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado no dia 30 de Abril de 2013, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Sistemas de Telecomunicações, outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O aluno foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. M.Sc. César Janeczko
Coordenador de Curso
Departamento Acadêmico de Eletrônica

Prof. Sergio Moribe
Responsável pela Atividade de Trabalho de Conclusão de Curso
Departamento Acadêmico de Eletrônica

BANCA EXAMINADORA

Prof. M.Sc. Alexandre Jorge Miziara
Orientador

Prof^a. Dr^a Denise Elizabeth Hey David

Prof^a. Dr^a Jamea Cristina Batista Silva

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”

RESUMO

MOURA, Aline. **Redes de acesso: o futuro do cabo de cobre e a era da fibra óptica**. 2013. 85 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações, UTFPR, Curitiba, 2013.

Esta pesquisa faz uma abordagem sobre os meios de transmissões: par metálico de cobre e fibra óptica, utilizados nas redes de acesso com suas características físicas e tecnológicas e suas respectivas capacidades nas operadoras de telefonia fixa. O trabalho apresenta os conceitos das redes de telecomunicações e os equipamentos envolvidos desde a rede de comutação até o usuário final. Para o entendimento das necessidades de melhorias nas redes de acesso, são descritas as inovações tecnológicas que exigem um maior consumo de banda assim como um comparativo das tecnologias utilizadas pelas empresas de telefonia no Brasil. Os resultados apresentam como alternativa das operadoras de telefonia fixa a implantação de novas redes utilizando fibra óptica e a migração gradativa das redes de par metálico.

Palavras-chave: Par metálico de cobre. Fibra óptica. Redes de Acesso. Triplo *Play*.

ABSTRACT

MOURA, Aline. **Access networks: the future of copper cable and the era of fiber optics**. 2013. 85 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações, UTFPR, Curitiba, 2013.

This research presents an approach about the means of transmission: metallic pair copper and optical fiber used in access networks with their physical and technological characteristics and their capabilities in operators of fixed telephony. The paper presents the concepts of telecommunications networks and equipment involved from the switching network to the end user. To understand the need for improvements in access networks describe the technological innovations that require a higher bandwidth consumption as well as a comparative of the technologies used by telephone companies in Brazil. The results show how the alternative fixed operators deploying new networks using fiber optic networks and the gradual migration of metallic pair.

Keywords: Metallic copper pair. Optical fiber. Access Networks. Triple Play.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação da subdivisão da rede fixa de telecomunicação.....	20
Figura 2 – Representação dos modems do lado DSLAM e remoto	21
Figura 3 – Placas de assinante e controladoras do fabricante Zhone.....	21
Figura 4 – DSLAM, DG e rede primária	23
Figura 5 – Tipos de cabo UTP e STP.....	26
Figura 6 – Tabela de padronização internacional AWG	27
Figura 7 – Componentes da Fibra Óptica	28
Figura 8 – Reflexão, refração e índice de refração	30
Figura 9 – Reflexão total do raio incidente	30
Figura 10 – Modo de propagação Monomodo.....	32
Figura 11 – Modo de propagação Multimodo de Índice Degrau.....	32
Figura 12 – Modo de propagação Multimodo de Índice Gradual.....	33
Figura 13 – Tratamento das informações no <i>splitter</i>	38
Figura 14 – Faixa de frequência variável da modulação CAP	39
Figura 15 – Faixa de frequência ADSL2 e ADSL2+	41
Figura 16 – Resultado da aplicação do <i>Vectoring</i>	44
Figura 17 – <i>Splitter</i> Óptico 1:8.....	46
Figura 18 – Topologia e elementos da rede PON	47
Figura 19 – Classificação de redes ópticas.....	48
Figura 20 – Tecnologia TDMA PON sentido upload dos pacotes	49
Figura 21 – Tecnologia TDMA PON sentido download dos pacotes.....	50
Figura 22 – Tecnologia WDMA PON.....	51
Figura 23 – Topologia <i>Deep</i> GPON	54
Figura 24 – Topologia <i>Staged</i> GPON.....	55
Figura 25 – Topologia P2P GPON	56

LISTA DE ACRÔNIMOS

ADSL - Asymmetric Digital Subscriber Line
ADSL2 - Asymmetric Digital Subscriber Line 2
ADSL2+ - Asymmetric Digital Subscriber Line extended bandwidth
AN - Access Network
ANATEL - Agência Nacional de Telecomunicações
APL - Aluminium Polyethylene Laminated
APON – ATM Passive Optical Network
ATA - adaptador telefônico analógico
ATM - Asynchronous Transfer Mode
ATU-C - ADSL Terminal Unit-Central
ATU-R - ADSL Terminal Unit-Remoto
AWG - American Wire Gauge
BPON - Broadband Passive Optical Network
BRI - Basic Rate Interface
CADE - Conselho Administrativo de Defesa Econômica
CAP - Carrierless Amplitude and Phase
CO - Central Office
COPEL - Companhia Paranaense de Energia
CPE - Customer Provided Equipment
CTBC - Companhia de Telecomunicações do Brasil Central
DG - Distribuidor Geral
DMT - Discrete Multi Tone
DSL - Digital Subscriber Lines
DSLAM - Digital Subscriber Line Access Multiplexer
DTV_i - Televisão Digital interativa
EFM - Ethernet in the first mile
EMBRATEL - Empresa Brasileira de Telecomunicações
EPON - Ethernet Passive Optical Network
FSAN - Full Service Access Network
FTTB - Fiber-To-The-Building
FTTC - Fiber To The Curb

FTTH - Fiber-To-The-Home
FTTN - Fiber To The Node
GPON - Gigabit Passive Optical Network
GSM - Global System for Mobile Communications
GVT - Global Village Telecom
HDSL - High-Bit-Rate Digital Subscriber Line
HDSL2 - High-Bit-Rate Digital Subscriber Line 2
HDTV - High Definition Television
iDEN - Integrated Digital Enhanced Network
IDSL - Integrated Digital Subscriber Line
IMS - IP Multimedia Sub-System
IP - Internet Protocol
IPTV - Internet Protocol Television
ISDN - Integrated Service Digital Network
ITU-T - International Telecommunication Union - Telecommunication
LD - Laser Diode
LE - Local Exchange
LED - Light-emitting Diode
LTE - Long Term Evolution
MSAG - Multi-service Access Gateway
MSAN - Multi-service Access Node
MVNO - Mobile Virtual Network Operator
NGN - New Generation Network
ODN - Optical Distribution Network
OLT - Optical Line Terminal
ONT - Optical Network Terminal
ONU - Optical Network Unit
OSI - Open Systems Interconnection
OTT - Over-the-top
P2P - Point to Point
PAM - Pulse Amplitude Modulation
PC - Personal Computer
PCM – Pulse code modulation
PLC - Powerline Communications

PNBL - Plano Nacional de Banda Larga
PON - Passive Optical Network
PVC - Conexões de circuitos permanentes
QoS - Quality of servisse
RADSL - Rate Adaptive Digital Subscriber Line
RN - Remote Node
SBTVD-T - Sistema Brasileiro de Televisão Digital Terrestre
SDSL - Symmetric Digital Subscriber Line
SDTV - Standard Definition Television
SFP - Small form-factor pluggable
SHDSL - Single-par High Bit-rate Digital Subscriber Line
SIP - Session Initiation Protocol
SMS - Short Message Service
SRA - Seamless Rate Adaptation
STP - Shielded Twisted Pair
TDM – Time division multiplexing
TDMA - Time Division Multiple Access
TELEBRAS - Telecomunicações Brasileiras S.A.
TIM - Telecom Italia Mobile
UHDTV - Ultra High Definition Television
UTP - Unshielded Twisted Pair
VDSL - Very-high-bit-rate Digital Subscriber Line
VDSL2 - Very-high-bit-rate Digital Subscriber Line 2
VLAN - Virtual Local Area Networks
VoD - Video on demand
VOIP - Voice over Internet Protocol
WDMA - Wavelength Division Multiple Access

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 PROBLEMA	12
1.2 OBJETIVOS	13
1.2.1 Objetivo Geral	13
1.2.2 Objetivos Específicos	13
1.3 JUSTIFICATIVA	13
1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	14
1.5 EMBASAMENTO TEÓRICO	15
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	16
2 EVOLUÇÃO DAS REDES DE TELECOMUNICAÇÕES	18
2.1 ELEMENTOS DA REDE DE ACESSO	20
2.1.1 DSLAM	20
2.1.2 MSAN	22
2.1.3 Redes Primárias	22
2.1.4 Redes Secundárias	23
2.1.5 CPE	24
2.2 PAR METÁLICO DE COBRE	24
2.2.1 Materiais de Construção	25
2.2.2 Características no Meio de Transmissão	26
2.3 FIBRA ÓPTICA	28
2.3.1 Materiais de Construção e Funcionamento	28
2.3.2 Tipos de Fibras Ópticas	31
2.3.3 Características no Meio de Transmissão	33
3 TECNOLOGIA xDSL	35
3.1 IDSL	36
3.2 HDSL	36
3.3 SDSL	36
3.4 SHDSL	37
3.5 ADSL	37
3.6 RADSL	38
3.7 G. LITE (ADSL LITE)	39
3.8 ADSL2	40
3.9 ADSL2+	40
3.10 VDSL	41
4 TECNOLOGIA PON	46
4.1 TECNOLOGIA PON-TDMA	49
4.2 TECNOLOGIA PON-WDMA	50
4.3 APON / BPON	52
4.4 EPON	52
4.5 GPON	53
5 INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS	57
5.1 COMPORTAMENTO CONSUMIDOR	60
5.2 FUSÕES DE EMPRESAS DE TELECOMUNICAÇÕES (INFRAESTRUTURA x SERVIÇOS)	61
5.3 SERVIÇO <i>TRIPLE PLAY</i>	63
5.3.1 Voz	63
5.3.2 Comunicação de Dados Multimídia	64

5.3.3 TV Interativa (Digital).....	65
5.3.4 Cenário Nacional.....	67
5.3.4.1 Principais Operadoras no Brasil.....	68
5.4 CENÁRIO MUNDIAL.....	70
6 COMPARAÇÃO ENTRE PAR METÁLICO E FIBRA ÓPTICA PARA OS SERVIÇOS <i>TRIPLE PLAY</i>.....	72
6.1 ANÁLISE DE CASO.....	73
7 CONCLUSÃO E SUGESTÕES DE NOVOS TRABALHOS	75
8 CONCLUSÃO	77
REFERÊNCIAS	

1 INTRODUÇÃO

Ao verificar o histórico das redes de telecomunicações, um fator que chama atenção é a demanda cada vez maior por banda e qualidade exigida por novas aplicações. (FONTES, 2008). Devido a esta característica, todos os componentes das redes de telecomunicações sofrem mudanças para se adequarem a esta realidade. As redes de acesso, que em algumas operadoras eram compostas somente por cabos primários e secundários ligados a centrais telefônicas e em outras operadoras também possuíam o equipamento denominado Multiplexador de Acesso da Linha Digital do Assinante (DSLAM), estão inclusas nestas modificações.

Devido às novas tecnologias, os equipamentos e os cabos da redes de acesso que possuíam capacidade de banda disponível, começaram a ser totalmente utilizados principalmente por novos formatos de mídia que ocupam grande quantidade de banda (NETO, 2012).

Para aumentar a disponibilidade de banda na rede de acesso foi necessário que as operadoras ampliassem a capacidade de *uplink* dos DSLAMs, pois são os primeiros pontos de concentração de banda dos clientes e por muito tempo o valor de 100 Mbps, *fast ethernet*, de banda por DSLAM foi suficiente para trafegar voz em formato analógico e dados em banda larga nestes equipamentos, que poderiam conter algumas centenas de clientes, porém devido as inovações na área de telecomunicações este cenário foi alterado.

Com a evolução da tecnologia em resoluções de imagens, de áudios, de pacotes de dados em geral, verificou-se que este valor de banda deveria passar de *fast ethernet*, 100 Mbps, para no mínimo 1 *gigabit ethernet* 1Gbps e o DSLAM que antes era usado para atender os serviços de voz e banda larga foi mudando aos poucos para os chamados *Multi-Service Access Node* (MSAN) ou Nó de Acesso de Multi Serviços, pois começaram a agregar estes novos serviços de VOIP (*Voice Over Internet Protocol*) e IPTV (*Internet Protocol Television*) e multimídia. O aumento da capacidade de banda aconteceu de maneira mais rápida nos DSLAMs, pois como são concentradores, somente algumas placas, fibras e *Small Form-factor Pluggable* (SFP) foram substituídas, porém somente essa mudança nos tempos atuais não satisfaz mais à necessidade de capacidade de banda do cliente e a ampliação deve chegar até a casa do assinante. O maior problema para as

operadoras é com relação aos cabos que chegam até o cliente (secundários), pois para trocá-los existe uma infraestrutura complexa e com altos custos envolvidos.

Outras tecnologias foram desenvolvidas com o intuito de aumentar a capacidade e conseqüentemente o “tempo de vida” dos secundários, que é a rede de cobre já existente, como o caso do VDSL (*Very-high-bit-rate Digital Subscriber Line*), mas o mesmo possui suas limitações e este trabalho visa analisar todos os recursos que ainda podem existir através do cabo de cobre e os benefícios que conseguiremos somente com a implantação da fibra óptica chegando até o cliente final de forma massiva e não somente corporativa como existe hoje na maioria dos casos no Brasil.

1.1 PROBLEMA

Com o desenvolvimento de novos produtos e tecnologia voltados para transmissão de dados, as operadoras de telefonia fixa identificaram que poderiam entrar em um novo mercado oferecendo produtos diferenciados e mais completos para os clientes finais como os serviços *Triple Play* (oferta tripla), que é a combinação de três serviços: acesso à internet banda larga, telefonia e multimídia. (BATISTA, 2007). Porém, para que estes produtos pudessem ser oferecidos, identificou-se a necessidade de aumento de velocidade e banda dos serviços para os clientes, e para que este aumento de banda ocorresse, verificou-se a necessidade de mudança na forma como entregar estes serviços, o que antes era entregue em tecnologia ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*), que em alguns casos já não oferece a qualidade exigida, pois a quantidade de dados necessária é maior do que a suportada por esta tecnologia.

Da mesma forma a estrutura física que compõe a operadora também precisa de mudanças, pois também não suportam altas velocidades, principalmente a grandes distâncias como é o caso dos secundários da rede de acessos constituídos por pares metálicos de cobre. (NETO, 2012).

Portanto, o propósito deste trabalho é o estudo das tecnologias e equipamentos que as operadoras de telefonia fixa utilizam atualmente para atender seus clientes e quais mudanças físicas e de tecnologias serão necessárias para atender a tendência do mercado destes novos produtos e tecnologias no Brasil.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Identificar as limitações do uso do par metálico de cobre utilizado pelas operadoras de telefonia fixa e quais melhorias são implantadas ao utilizar a rede óptica passiva (PON) até o usuário final.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar uma rede de telefonia fixa;
- Analisar as características, aspectos físicos e funcionais do par metálico de cobre e fibra óptica;
- Caracterizar os equipamentos necessários para utilização dos dois métodos no cliente final CPE (*Customer Provided Equipment*);
- Conhecer as tecnologias de transmissão do serviço *Triple Play* (voz, dados e multimídia);
- Analisar nas principais empresas de telefonia do Brasil como é feita a transmissão *Triple Play*;
- Levantar como está o cenário *Triple Play* nos países mais desenvolvidos que o Brasil;
- Caracterizar uma análise de caso onde seja pertinente a utilização da fibra óptica até o usuário final;
- Avaliar os resultados obtidos.

1.3 JUSTIFICATIVA

O mercado de telecomunicações com o passar dos anos vem se mostrando cada vez mais competitivo e as empresas de telefonia fixa conseguem conquistar os clientes devido aos detalhes (serviços agregados e ofertas diferenciadas) nos serviços oferecidos. Essa competição entre as empresas faz surgir produtos e novas tecnologias que muitas vezes não são suportadas pelas estruturas físicas existentes. (FERREIRA, 2012). Esse é principalmente o caso da transmissão de sinal multimídia que nos últimos anos vem aumentando de forma exponencial a qualidade do sinal, que está diretamente ligado à quantidade de informações a ser transmitida de forma mais rápida.

Para que as empresas possam utilizar ao máximo a estrutura física existente, elas buscam novas modulações e métodos de transmissões que ainda possam ser utilizadas sobre o par metálico de cobre, porém no Brasil verifica-se que esta mudança estrutural está começando a acontecer e a tendência é que daqui a algum tempo tome conta de todo mercado.

Esta mudança estrutural e tecnológica é grande perante a estrutura existente na maioria das empresas. Portanto, foi identificada uma oportunidade de estudo e aprendizado sobre o tema, pois o conhecimento adquirido será necessário para as futuras atividades profissionais nas empresas de telefonia fixa.

1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para o desenvolvimento deste projeto primeiramente será realizada uma pesquisa com relação aos itens relacionados nos objetivos em caráter descritivo através de estudo bibliográfico. A pesquisa bibliográfica será desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros, artigos científicos e trabalhos de conclusões de cursos. Para auxílio nas pesquisas técnicas, meios como a internet serão utilizados para assuntos gerais. Sites com materiais confiáveis como o da ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações), TELEBRASIL, Teleco e das operadoras de telefonia que serão pesquisadas, serão fundamentais para a elaboração do estudo e dos resultados.

Após o levantamento teórico dos itens, será realizada uma pesquisa em campo a nível exploratório com as principais empresas de telefonia que oferecem o serviço *Triple Play*, para identificar com quais tecnologias estes serviços são oferecidos.

Já na análise de caso serão observados em quais situações já existe a fibra óptica até o usuário final no Brasil. Após este estudo, será realizada uma comparação com os países mais desenvolvidos e descrito um caso onde seria pertinente a utilização da fibra no Brasil.

1.5 EMBASAMENTO TEÓRICO

Para que exista total entendimento dos resultados obtidos na pesquisa, alguns conceitos devem ser abordados:

- **Rede de telefonia fixa:**

São redes que transmitem o serviço de telecomunicações entre pontos fixos determinados. (ANATEL, 2013). A rede de telefonia fixa é dividida em rede de comutação, rede de transmissão e redes de acesso;

- **Elementos de uma rede de acesso:**

A rede de acesso é o ponto mais próximo ao usuário final e pode conter os seguintes elementos: DSLAM ou MSAN rede primária, distribuidor geral, armário de distribuição, rede secundária, CPE; (NETO, 2012).

- **DSLAM:**

O Multiplexador de Acesso da Linha Digital do Assinante (do inglês *Digital Subscriber Line Access Multiplexer*, ou simplesmente DSLAM) é o concentrador de tráfego de vários usuários finais que pode ser localizado junto às centrais de comutação ou mais próximo dos pontos de distribuições, porém suporta somente serviços de voz através de *splitters* e serviços de acesso a banda larga; (FILHO, 2007).

- **MSAN:**

O Nó de Acesso Multi-Serviços (do inglês *Multi-Service Access Node*), assim como o DSLAM, também é o concentrador de tráfego de vários usuários finais, porém além de prover os mesmos serviços do DSLAM, também tem a capacidade de agregar serviços de VOIP, IPTV entre outros de multimídia;

- **CPE:**

CPE significa *Customer Provided Equipment*, é o equipamento localizado no cliente final que recebe o serviço entregue pela operadora de telefonia fixa, que pode ser voz, dados ou multimídia.

- **Par metálico de cobre:**

São utilizados para transmissão dos serviços de telecomunicações, tanto nas redes primárias, quanto nas secundárias. São compostos por dois fios paralelos de cobre e a transmissão ocorre por meio de variações de tensão.

- **Fibra óptica:**

Fibra óptica é um filamento extremamente fino e flexível composto por vidro que serve como meio de transporte para os serviços de telecomunicações. Neste meio, as informações são transmitidas através de energia luminosa.

- **Tecnologia xDSL:**

DSL significa *Digital Subscriber Lines* ou Linha Digital do Assinante. O “x” no começo da sigla identifica as variações que são possíveis de usar para este tipo de tecnologia, as quais utilizam técnicas digitais de processamentos de sinais com a finalidade de permitir aos usuários o acesso à internet. (GARNIER, 2003).

- **Tecnologia PON:**

PON significa *Passive Optical Network* ou Rede Óptica Passiva. As redes com tecnologia PON são formadas por fibra Ópticas.

- **Serviço Triple Play:**

É o serviço que combina voz, dados e multimídia em um único canal de comunicação.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em 8 capítulos relacionados com os conceitos, características e outros fatores que interferem nos meios de transmissões utilizados para fornecer os serviços *Triple Play* na rede de acesso.

No capítulo 1 é apresentada a introdução do tema para contextualização do trabalho, o problema a ser resolvido, os objetivos geral e específicos, a justificativa, os procedimentos metodológicos e o embasamento teórico sobre os aspectos relevantes ao trabalho.

O conceito da rede de telefonia fixa composta por: redes de acesso, redes de transmissão, redes de comutação e dados é descrito no capítulo 2. Também no capítulo 2 são identificados os elementos que formam a rede de acesso: DSLAM, MSAN, redes primárias, redes secundárias e CPE e os materiais de construção e características do meio de transmissão ao utilizar o par metálico de cobre e fibra óptica para transmissão na rede de acesso.

No capítulo 3 são abordados os conceitos de tecnologia xDSL, e suas derivações: IDSL, HDSL, SDSL, SHDSL, ADSL, RADSL, G.Lite, ADSL2, ADSL2+ e VDSL utilizadas sobre par metálico de cobre. Já no capítulo 4 são relatadas as tecnologias utilizadas em fibras ópticas PON e suas derivações: APON, BPON, EPON e GPON, assim como as demais classificações e tipos de transmissões utilizadas.

O capítulo 5 apresenta as inovações tecnológicas nas redes de telecomunicações: LTE, MVNO, *hotspots* públicos, IMS, casa conectada inteligente, OTT e *hardwares* que utilizam essas tecnologias. Considerações sobre o comportamento do consumidor e os fatores que influenciam na mudança deste comportamento e principais fusões de empresas de telecomunicações e suas consequências também são descritas neste capítulo, assim como os serviços *Triple play* e as tecnologias utilizadas pelas operadoras para oferecer os serviços de Voz, comunicação de dados multimídia e TV digital interativa. O cenário nacional com as principais operadoras que oferecem os serviços de telecomunicações e cenário mundial também fazem parte do capítulo 5.

No capítulo 6 é realizada uma comparação entre os pares metálicos e fibra óptica para os serviços *triple play* apresentando os benefícios e os pontos fracos ao utilizar cada um dos meios e uma análise de caso envolvendo a implantação de uma rede óptica em uma cidade ao invés da passagem de pares metálicos na rede de acesso.

No capítulo 7 são apresentados os resultados, e no capítulo 8, finalizando o trabalho, está à conclusão.

2 EVOLUÇÃO DAS REDES DE TELECOMUNICAÇÕES

Rede de telefonia fixa é a rede que oferece serviços de telecomunicações por meio de transmissão de voz e de outros sinais e destina-se à comunicação entre pontos fixos determinados, utilizando processos de telefonia. (ANATEL, 2013). Antigamente utilizava-se esta comunicação, tanto para voz quanto para dados, em sinais modulados por códigos de pulsos (PCM) em 30 canais (PCM 30), que são denominados E1 e possuem a velocidade de 2.048 Mbps. Através destes E1's, são formados os sinais multiplexados no tempo (TDM). (GARNIER, 2003).

No modelo atual de telefonia fixa este padrão já não atende mais à necessidade do tráfego de dados, pois mesmo que fossem utilizados vários E1's, a velocidade por equipamento seria muito baixa comparada com a velocidade que os clientes utilizam atualmente, em média 2 a 10 Mbps. Então, a tecnologia utilizada para o processamento de dados é do Protocolo de Internet (IP), porém a rede de voz, na maioria dos casos, ainda funciona com tecnologia analógica TDM, pois ainda atende à necessidade das operadoras de telefonia fixa. O próximo passo é a utilização da rede IP também para o tráfego de voz VOIP (Voz sobre IP), fazendo com que exista a possibilidade de criação das redes convergentes ou também denominadas redes de nova geração (NGN).

A NGN faz com que exista a separação do *hardware* e *software* dos equipamentos tornando as empresas de telecomunicações mais independentes dos fabricantes, pois com a tecnologia atual os fabricantes entregam equipamentos que só funcionam os serviços que foram especificados não permitindo flexibilidade para novos serviços. Na maioria das vezes esta tecnologia é proprietária o que não permite mobilidade nas ações de operadoras. (TRONCO, 2006).

A convergência consiste no tratamento e encaminhamento de todos os tipos de informações (voz, dados e vídeo) na mesma infraestrutura de rede, ou seja, usando o mesmo tipo de equipamento.

A rede de telefonia fixa atual se divide em:

- **Redes de acesso:** é a rede que provê interfaces para os dispositivos instalados nos usuários finais. É constituída por um conjunto de equipamentos e cabos que permitem a ligação adequada e otimizada dos clientes à rede principal das operadoras, de modo a obter acesso ao conjunto

de serviços oferecidos. A rede de acesso é o ponto mais próximo ao usuário final e pode conter os seguintes elementos: DSLAM, MSAN, rede primária, distribuidor geral, armário de distribuição, rede secundária, CPE;

- **Redes de transmissão:** a rede de transmissão realiza o encaminhamento e o transporte das informações que chegam da rede de acesso até a rede de comutação e dados. Os equipamentos que constituem essa rede na maioria dos casos utilizam fibra óptica para realizar este transporte e normalmente estão ligados com a topologia de anel para evitar interrupção do serviço, caso ocorra rompimento ou falha em um dos lados do anel, o que faz com que exista a comutação do serviço para o outro lado. Estes equipamentos também são agregadores de tráfego, pois em um único elemento concentram-se vários DSLAM's ou MSAN's.
- **Redes de comutação e dados:** a rede de comutação é formada por equipamentos de redes denominados centrais de comutação, cuja função é permitir o encaminhamento da chamada telefônica do terminal do assinante até o destino. Já as redes de dados são formadas por *routers* e *switchs* que através do protocolo IP e de outros protocolos de roteamento permitem que solicitações de acesso a conteúdos da internet, por exemplo, sejam alcançadas. Quando se fala de NGN, as redes de comutação e dados se fundem, pois a voz passa a ser tratada também como rede de dados utilizando o protocolo IP.

Na figura 1 é mostrado um exemplo de topologia contendo as três redes citadas (acesso, transmissão e comutação e dados):

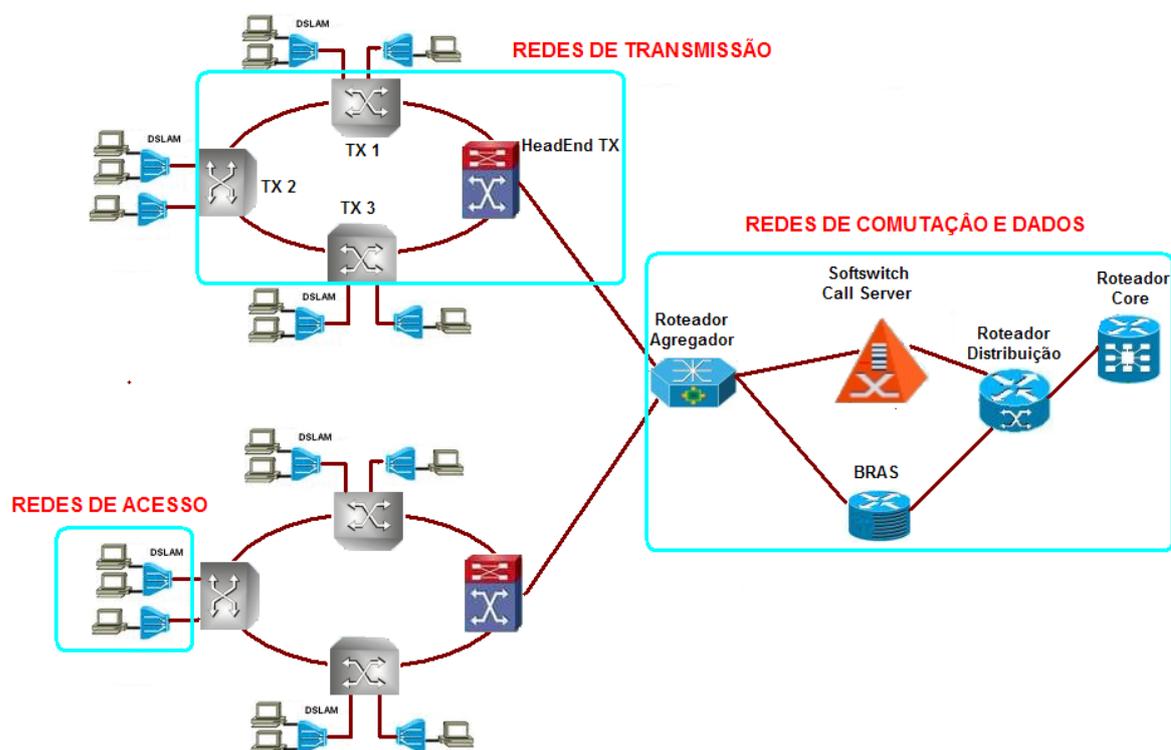


Figura 1 – Representação da subdivisão da rede fixa de telecomunicação

Fonte: autoria própria

2.1 ELEMENTOS DA REDE DE ACESSO

2.1.1 DSLAM

O DSLAM (*Digital Subscriber Line Access Multiplexer* ou Multiplexador de Acesso da Linha Digital do Assinante) é o equipamento da rede de telecomunicações responsável por concentrar os serviços dos clientes que chegam através de vários cabos secundários e primários e encaminhar estes serviços para os equipamentos de transmissão, que por sua vez entregarão os serviços aos equipamentos centrais, que são responsáveis por “rotear” o tráfego, chamados de rede de dados.

Para cada assinante conectado a este DSLAM existe um modem denominado, vide figura 2, como ATU-C (*ADSL Terminal Unit-Central*), que será responsável por receber e transmitir o sinal para o modem remoto que está no assinante chamado de ATU-R (*ADSL Terminal Unit-Remoto*). (ANTUNES, 2002).

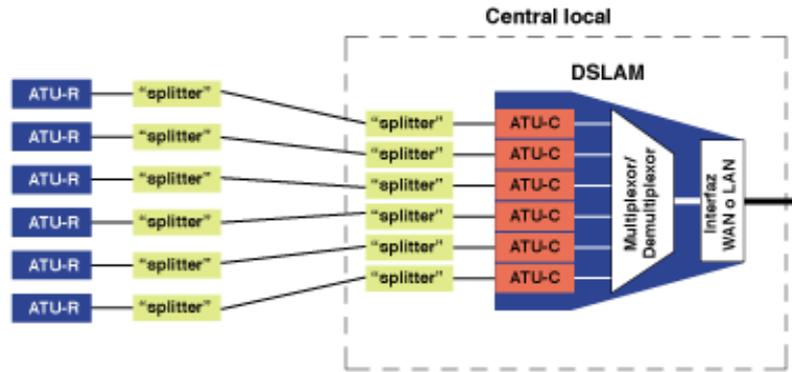


Figura 2 – Representação dos modems do lado DSLAM e remoto

Fonte: (ANTUNES, 2002)

Normalmente os DSLAM concentram vários desses modems, que na realidade são *chipsets* (circuitos integrados muito pequenos), em placas denominadas placas de assinantes, conforme ilustrado na figura 3. Através do barramento deste DSLAM, a informação chega à placa concentradora e controladora do DSLAM e por uma porta de tráfego, que pode ter capacidade *fast ethernet*, *1 giga ethernet* ou *10 giga ethernet*, transferindo as informações para o equipamento de transmissão. (ZHONE, 2012).

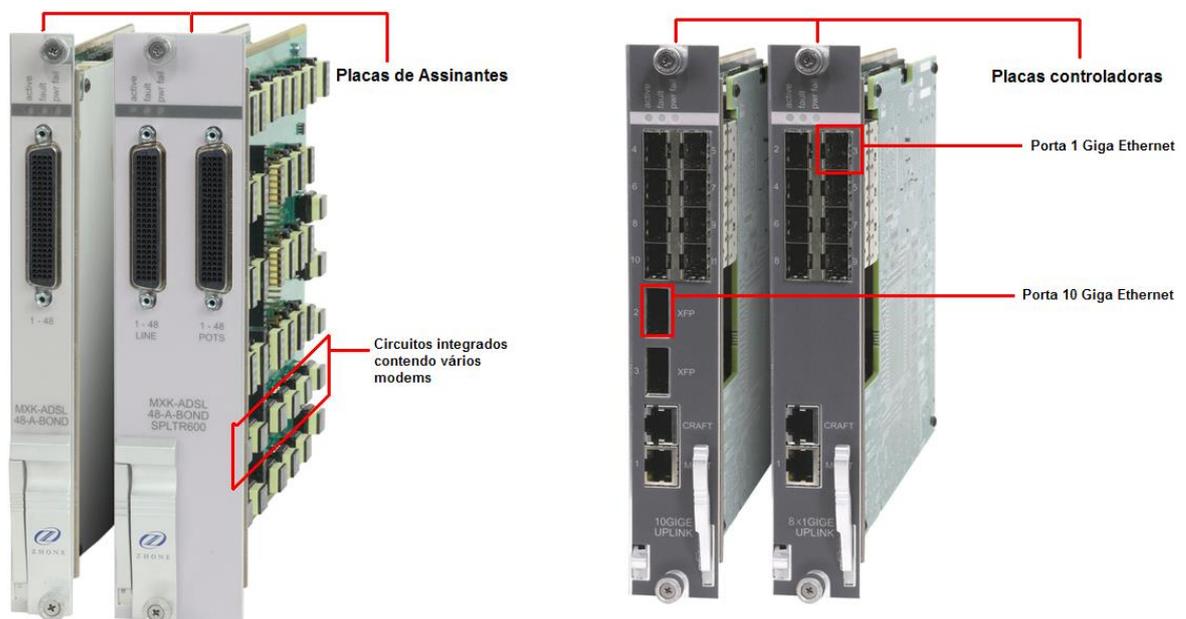


Figura 3 – Placas de assinante e controladoras do fabricante Zhone

Fonte: (ZHONE, 2012)

As primeiras aplicações para o DSLAM eram relacionadas com serviços de dados com tecnologia ATM (do inglês *Asynchronous Transfer Mode* ou Modo de

Transferência Assíncrona). Em seguida os fabricantes evoluíram para a tecnologia ethernet, principalmente com xDSL, e começaram a utilizar placas *splitters*, que combinam voz analógica e dados IP em um só cabo e os enviam para o assinante.

Em sua concepção, o DSLAM era um equipamento para funcionar somente em camada 2 do modelo OSI (*Open Systems Interconnection* ou Sistema de Interconexão Aberta), porém com a oportunidade de aliviar o processamento em equipamentos que concentram tráfego de vários DSLAMs, foram desenvolvidos modelos que também trabalham com camada 3 do modelo OSI. (GARNIER, 2003).

O DSLAM pode ser colocado próximo às centrais de telefonia e equipamentos de dados, porém uma das grandes vantagens deste equipamento é a possibilidade de trazê-lo para mais próximo do assinante e evitar degradação e perdas de sinais que são proporcionais à quantidade de cabo de cobre utilizado para atender ao assinante devido à distância que o mesmo se encontra do DSLAM.

2.1.2 MSAN

O Nó de Acesso de Multi-Serviços (do Inglês *Multi-Service Access Node*) ou também conhecido como MSAG (Gateway de Acesso Multi-Serviço) é um equipamento da rede de acesso similar fisicamente ao DSLAM, mas foi desenvolvido para agregar todos os tipos de serviços (VOIP, IPTV, multimídia, xPON, e xDSL) em 1 único equipamento. Também em seu conceito, o MSAN tornou-se mais robusto que o DSLAM com placas redundantes, barramento com maior capacidade e redundância, capacidade de separação e classificação do tipo de tráfego, entre outras características fundamentais para a importância de fornecer tantos serviços/tecnologias quanto o mercado solicita nos tempos atuais. (ZHONE, 2012).

2.1.3 Redes Primárias

Redes primárias, para operadoras de multi-serviços, são as redes caracterizadas entre os equipamentos DSLAM ou MSAN até o DG (distribuidor geral). Estes dois elementos da rede normalmente estão fisicamente no mesmo local.

Esta rede também é composta por cabos par trançado e sua principal função é transportar os cabos que saem agrupados das placas de assinantes do DSLAM até o DG. No DG cada par deste cabo corresponderá a uma posição que será conectada aos cabos secundários da rede.

Na figura 4 mostra-se a foto de um equipamento com o DSLAM onde nas placas estão ligados os conectores com os cabos amarelos que chegam ao lado esquerdo da foto, onde está localizado o DG. Cada posição do DG corresponderá a um assinante.

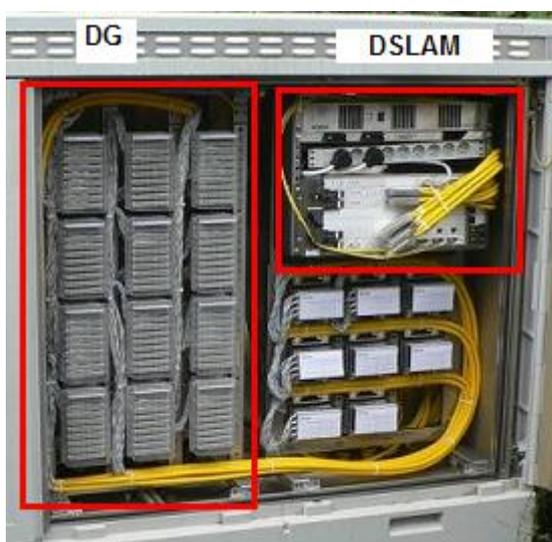


Figura 4 – DSLAM, DG e rede primária

Fonte: (ADRENALINE, 2012)

2.1.4 Redes Secundárias

Após a distribuição dos pares no DG, novamente ocorre o agrupamento dos pares em novos cabos com quantidade de pares e seqüências diferentes da encontrada na rede primária. Estes novos cabos saem do DG em diversas direções para atender aos assinantes no raio de ação do DSLAM. A partir da saída do DG, identifica-se a rede secundária que é composta por todos os elementos (postes, caixas de emendas aéreas e subterrâneas, blocos de conexão, entre outros) necessários ao transporte do sinal até a caixa terminal que está localizado mais próximo do assinante. (NETO, 2012).

Na rede secundária é onde localiza-se a maior quantidade de cabos de cobre utilizado na rede da empresa de telefonia fixa, e este significa um grande

investimento que foi realizado no início das operações e, portanto, deve ser aproveitado ao máximo. Este é o maior impeditivo das empresas ao pensar em substituir a rede da última milha para fibra óptica.

Após a caixa terminal, normalmente instalada em postes, existe a chamada rede interna, que é composta pela descida deste par da caixa terminal e a entrada do mesmo, seja no prédio ou na casa do assinante. (NETO, 2012).

2.1.5 CPE

CPE significa *Customer Provided Equipment* ou Equipamento Instalado no Cliente. É a nomenclatura utilizada para definição de um *hardware* que vai receber os serviços oferecidos pela operadora de telecomunicações. Como exemplos podem-se citar: telefones, cabos, *modem*, receptor do sinal de televisão entre outros. (HENZ, 2008).

As mudanças de tecnologias sempre estão ligadas diretamente a este equipamento, pois ele precisa estar preparado para receber estes sinais, muitas vezes provenientes de fontes geradoras diferentes e interagir de forma imperceptível para o cliente.

Este equipamento pode ser adquirido pelo cliente após consulta às operadoras e ANATEL sobre quais equipamentos são homologados pelas mesmas, ou então em casos de serviços específicos como banda larga VDSL, PON ou IPTV, por exemplo, estes CPEs devem que possuir interoperabilidade com o equipamento remoto. Então, a operadora aluga, empresta ou vende o CPE até que o serviço não seja mais utilizado pelo cliente.

2.2 PAR METÁLICO DE COBRE

Este meio de transmissão constituído por um ou mais pares de fios de cobre é ainda o meio físico mais utilizado pelas operadoras de serviço de telefonia fixa, devido ao custo e à simplicidade de implantação e também pelo fato de que pode ser utilizado nos demais serviços característicos do triplo *play* que as empresas estão agregando aos serviços já oferecidos tradicionalmente, sem a necessidade de mudanças físicas. (BASTOS; GARCIA, 2009).

Como principais desvantagens deste meio de transmissão, pode-se citar a largura de banda e a distância entre o DSLAM e o cliente. Ambos os valores não são competitivos quando comparados com a fibra óptica. (BASTOS; GARCIA, 2009).

2.2.1 Materiais de Construção

O material que propaga o sinal elétrico é o cobre, por isso foi escolhido, pois possui boa condutividade e maleabilidade que são características fundamentais para sua sobrevivência no mercado até os dias de hoje.

Os cabos podem possuir milhares de pares e para organizá-los e ordená-los foi criado um sistema de código de cores. Quando o cabo possui muitos pares, alguns fabricantes também utilizam um fio de lã colorida para separar um conjunto de condutores. Os cabos metálicos podem ser blindados ou sem blindagem. (PINHEIRO, 2010).

Os cabos sem blindagem são os chamados UTP (*unshielded twisted pair* ou par trançado não protegido), normalmente são utilizados internamente, em distância curtas e distantes de umidade e de equipamentos que possam gerar campos eletromagnéticos. O cabo UTP possui um revestimento ou capa em plástico. (FERREIRA, 2010).

Os cabos que possuem blindagem são denominados STP (*shielded twisted pair* ou par trançado blindado) e sua blindagem é feita com uma malha metálica em cada par e a principal função da blindagem é proteger o cabo contra interferências eletromagnéticas. Estes cabos possuem identificação na capa de plástico a sigla APL (*aluminium polyethylene laminated* ou laminação de alumínio e polietileno). (FERREIRA, 2010).

A figura 5 ilustra os dois tipos de cabos UTP e STP.



Figura 5 – Tipos de cabo UTP e STP

Fonte: (ROUTERLINK, 2012)

2.2.2 Características no Meio de Transmissão

Nos pares metálicos as informações são transmitidas ou recebidas através de sinais elétricos (variações de tensão), o que faz com que exista uma série de características eletromecânicas que afetam o comportamento do cabo na transmissão de dados. (SADOYAMA, 2004).

Como principais características do cabo que interferem em suas características no momento da transmissão, pode-se citar: a espessura do condutor, também conhecida como bitola ou diâmetro, o comprimento do cabo, o número de voltas por centímetro devido o par ser trançado e o tipo do material utilizado para separar os pares e acabamento ou blindagem externa. (BASTOS; GARCIA, 2009).

A figura 6 mostra a tabela AWG (*American Wire Gauge*), ou também conhecida como escala americana, que é utilizada para padronização de fios e cabos elétricos. Nesta tabela estão especificadas algumas das características citadas acima, além do peso e resistência do cabo por Km e a corrente suportada.

Devido à maneira como os dados são transmitidos, através de variações de tensão, ocorre uma interferência entre os pares de cobre devido ao acoplamento capacitivo e indutivo gerando atenuação do sinal ao longo do cabo, o que faz com que a banda disponibilizada para o cliente na saída do DSLAM não chegue totalmente no cliente. (PINHEIRO, 2010).

Esta interferência é denominada *crosstalk* e aumenta proporcionalmente à distância entre o DSLAM e o cliente. Uma das maneiras encontradas para diminuir

esta atenuação é trançar os pares, o que minimiza o efeito causado pela radiação eletromagnética no cabo. (PINHEIRO, 2010).

Número AWG	Diâmetro (mm)	Seção Transversal (mm ²)	Número de espiras/cm	Peso (Kg) / Km	Resistência (ohm/Km)	Corrente Suportada(A)
0000	11,86	107,2			0,158	319
000	10,40	85,3			0,197	240
00	9,226	67,43			0,252	190
0	8,252	53,48			0,317	150
1	7,348	42,41		375	1,40	120
2	6,544	33,63		295	1,50	96
3	5,827	26,67		237	1,63	78
4	5,189	21,15		188	0,80	60
5	4,621	16,77		149	1,01	48
6	4,115	13,30		118	1,27	38
7	3,665	10,55		94	1,70	30
8	3,264	8,36		74	2,03	24
9	2,906	6,63		58,9	2,56	19
10	2,588	5,26		46,8	3,23	15
11	2,305	4,17		32,1	4,07	12
12	2,053	3,31		29,4	5,13	9,5
13	1,828	2,63		23,3	6,49	7,5
14	1,628	2,08	5,6	18,5	8,17	6,0
15	1,450	1,65	6,4	14,7	10,3	4,8
16	1,291	1,31	7,2	11,6	12,9	3,7
17	1,150	1,04	8,4	9,26	16,34	3,2
18	1,024	0,82	9,2	7,3	20,73	2,5
19	0,9116	0,65	10,2	5,79	26,15	2,0
20	0,8118	0,52	11,6	4,61	32,69	1,6
21	0,7230	0,41	12,8	3,64	41,46	1,2
22	0,6438	0,33	14,4	2,89	51,5	0,92
23	0,5733	0,26	16,0	2,29	56,4	0,73
24	0,5106	0,20	18,0	1,82	85,0	0,58
25	0,4547	0,16	20,0	1,44	106,2	0,46
26	0,4049	0,13	22,8	1,14	130,7	0,37
27	0,3606	0,10	25,6	0,91	170,0	0,29
28	0,3211	0,08	28,4	0,72	212,5	0,23
29	0,2859	0,064	32,4	0,57	265,6	0,18
30	0,2546	0,051	35,6	0,45	333,3	0,15
31	0,2268	0,040	39,8	0,36	425,0	0,11
32	0,2019	0,032	44,5	0,28	531,2	0,09
33	0,1798	0,0254	56,0	0,23	669,3	0,072
34	0,1601	0,0201	56,0	0,18	845,8	0,057
35	0,1426	0,0159	62,3	0,14	1069,0	0,045
36	0,1270	0,0127	69,0	0,10	1338,0	0,036
37	0,1131	0,0100	78,0	0,089	1700,0	0,028
38	0,1007	0,0079	82,3	0,070	2152,0	0,022
39	0,0897	0,0063	97,5	0,056	2696,0	0,017
40	0,0799	0,0050	111,0	0,044	3400,0	0,014
41	0,0711	0,0040	126,8	0,035	4250,0	0,011
42	0,0633	0,0032	138,9	0,028	5312,0	0,009
43	0,0564	0,0025	156,4	0,022	6800,0	0,007
44	0,0503	0,0020	169,7	0,018	8500,0	0,005

Figura 6 – Tabela de padronização internacional AWG

Fonte: (ELETRONICA.ORG, 2012)

2.3 FIBRA ÓPTICA

2.3.1 Materiais de Construção e Funcionamento

A fibra óptica é um filamento extremamente fino e flexível, de dimensões microscópicas comparáveis às de um fio de cabelo humano, feito de vidro ultrapuro, plástico ou outro isolante elétrico (material com alta resistência ao fluxo de corrente elétrica). (FONTES, 2008).

Possui uma estrutura simples, composta por capa protetora, núcleo e casca, conforme mostra a figura 7.

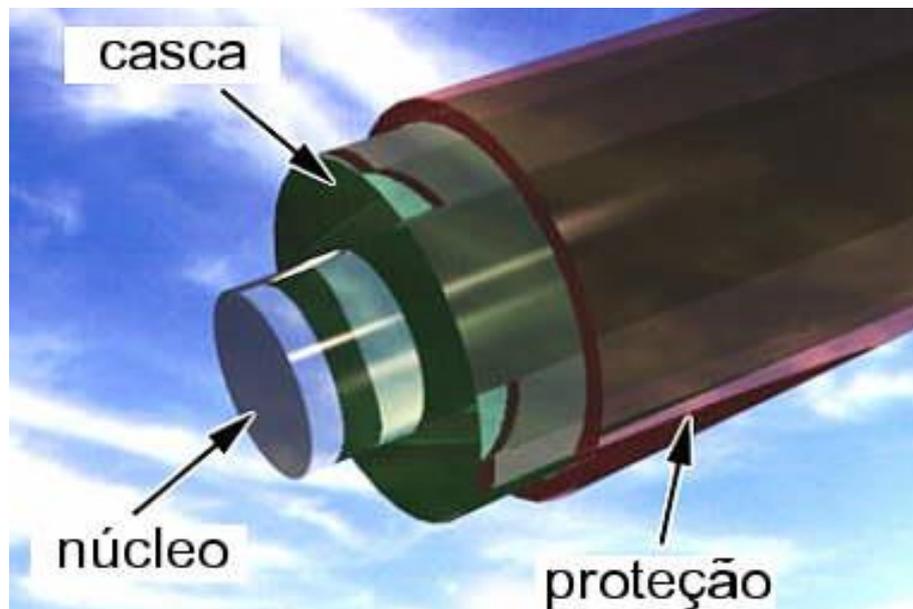


Figura 7 – Componentes da Fibra Óptica

Fonte: (FERREIRA, 2011)

Para entender o funcionamento da fibra óptica é necessário compreender alguns conceitos de física: refração, índice de refração, reflexão e reflexão total.

- **Refração:** ocorre quando uma onda ou raio de luz, incidindo na posição oblíqua, passa de um meio 1 para um meio 2, onde os mesmos possuem características diferentes e a direção deste raio é modificada. Este desvio que a luz sofre é chamado de Refração.

A frequência do raio não é alterada. O que muda quando ocorre o fenômeno é a velocidade e o comprimento do raio. (FONTES, 2008).

- **Índice de refração:** quando o raio de luz passa de um meio para outro e acontece a refração, o desvio que a luz sofre depende da velocidade da luz nos dois meios. O índice de refração relativo ($n_{2,1}$) é definido como a razão da velocidade no meio 1 (v_1) e a velocidade no meio 2 (v_2): $n_{2,1} = \frac{v_1}{v_2}$. Já o índice de refração absoluto considera que o meio 1 é o vácuo e o seu índice de refração absoluto é igual a 1 e o segundo meio é outro qualquer. Então a equação passa a ser $n = \frac{c}{v}$, onde n = ao índice de refração absoluto que meio 2, c = velocidade de luz no vácuo, igual a 300.000 km/s e v = velocidade da luz no meio 2.

O índice de refração absoluto do vidro, que é o material utilizado na fibra, é igual 1,5, pois a velocidade da luz no vidro é igual a 200.000 km/s então $n(\text{vidro}) = \frac{300.000}{200.000} = 1,5$. (FONTES, 2008).

- **Reflexão:** acontece quando uma onda ou um raio de luz que está no meio 1 incide sobre um meio 2 e volta a se propagar no meio de origem, meio 1. O ângulo do raio refletido será igual ao ângulo do incidente. (FERREIRA, 2011).

Na figura 8 são ilustrados os raios incidentes, refletidos e refratados relacionados aos meios 1 e 2, onde N = a normal à superfície (que é o plano perpendicular ao plano de incidência), i = ângulo de incidência e r = ângulo de refração.

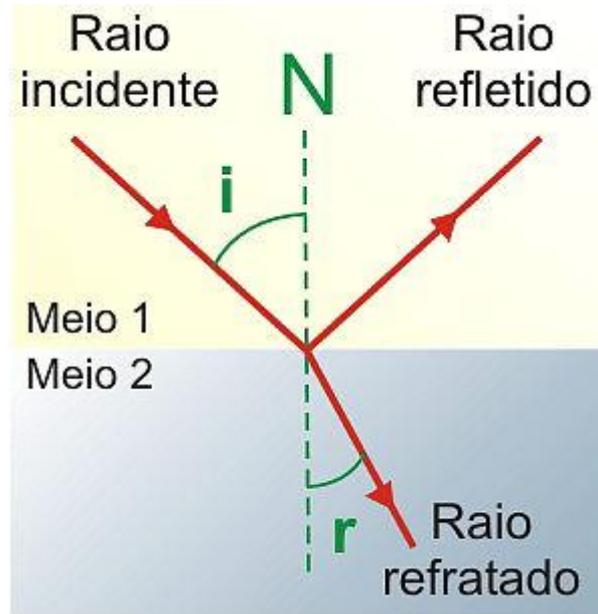


Figura 8 – Reflexão, refração e índice de refração

Fonte: (FERREIRA, 2011)

- **Reflexão Total:** acontece quando o raio está passando de um meio com maior índice de refração (meio 2), para um meio com índice de refração menor (meio 1) e o ângulo de incidência deste raio (i) é maior que o ângulo limite de incidência (L). Para cálculo, utiliza-se o seno do ângulo limite (L) igual à razão entre o índice de refração menor (n menor) e o índice de refração maior (n maior). $\text{sen}L = \frac{n \text{ menor}}{n \text{ maior}}$. (FONTES, 2008).

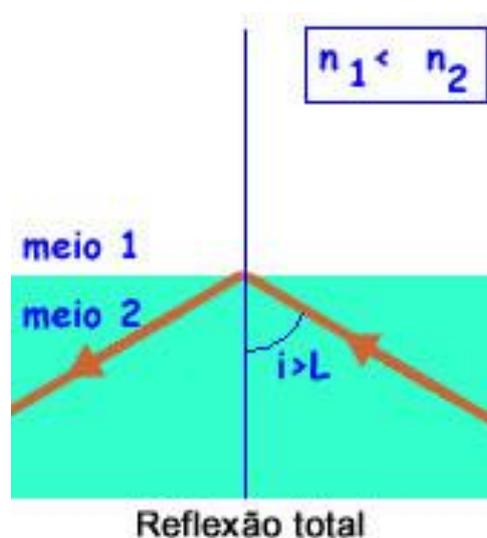


Figura 9 – Reflexão total do raio incidente

Fonte: (BISQUOLO, 2011)

Para que a fibra possa ser utilizada, primeiramente deve existir um conversor do sinal elétrico para sinal luminoso e isso ocorre através de conversores integrados aos transmissores que podem ser LD (diodo *laser*) ou LED (diodo emissor de Luz). Esses conversores identificam a presença de um bit lógico “1” e elevam a corrente para além do limiar, fazendo com que o diodo transmita luz.

Quando o sinal é recebido, existem os fotodetectores que realizam o trabalho contrário de transformar os sinais luminosos nos sinais elétricos que serão entendidos pelos demais equipamentos. (FONTES, 2008).

O sinal ao ser convertido para luz é enviado em uma das extremidades da fibra, e para chegar à outra extremidade, utiliza os fenômenos da física apresentados anteriormente.

Existe diferença entre o índice de refração do material utilizado no núcleo e do material utilizado na casca. Como no núcleo o índice de refração é maior, o sinal luminoso fica confinado ao núcleo, e ao injetar o feixe de luz na fibra com um ângulo de incidência apropriado ocorre o fenômeno de reflexão total e a luz chega à outra extremidade após várias reflexões sem nenhuma perda, teoricamente. (FONTES, 2008).

2.3.2 Tipos de Fibras Ópticas

As fibras podem ser classificadas conforme o modo de propagação do feixe de luz em monomodo e multimodo, sendo que o segundo tipo também pode ser dividido em índice degrau e índice gradual. (PEREIRA, 2008).

- **Fibra monomodo:** as fibras monomodo ou também conhecidas como *single mode* são fibras que possuem o núcleo menor que as demais e são capazes de transportar a luz apenas em um modo, por um único caminho, pois os demais modos já são descartados logo no início da transmissão devido ao diâmetro do núcleo. Como o núcleo da fibra atua praticamente como o guia de luz onde não existem reflexões, as perdas são mínimas. O diâmetro do núcleo tem em torno de 10 μm e o diâmetro da casca 125 μm . Normalmente o conversor elétrico / luminoso utilizado na transmissão é o *laser*. (HAMANN, 2011). Na figura 10, é mostrada a representação da propagação do feixe de luz em uma fibra monomodo.

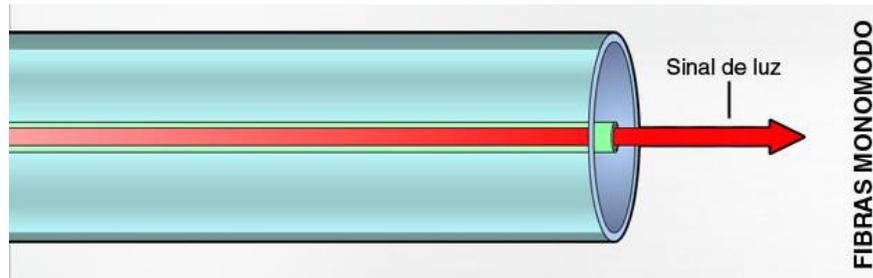


Figura 10 – Modo de propagação Monomodo

Fonte: (HAMANN, 2011)

- **Fibra multimodo:** as fibras multimodo possuem o núcleo maior comparado às fibras monomodo e por este motivo tem a capacidade de transmitir os feixes de luz em várias direções. Na figura 11, é representada a propagação da luz nas **Fibras Multimodo de Índice Degrau** onde o núcleo possui o diâmetro em torno 50 μm e casca de 125 μm .

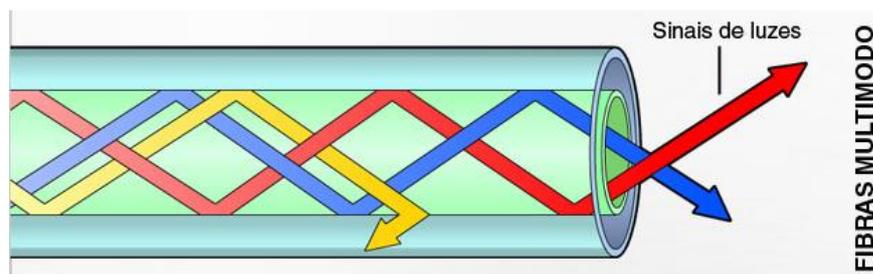


Figura 11 – Modo de propagação Multimodo de Índice Degrau

Fonte: (HAMANN, 2011)

Neste tipo de fibra ocorre grande perda do sinal, pois o índice de refração é uniforme em todo o diâmetro do núcleo. Como melhoria nas fibras multimodos, foi criada a **Fibra Multimodo de Índice Gradual**, que diminui gradualmente o índice de refração do centro para a casca e reduz a perda do sinal comparado à Fibra Multimodo de Índice Degrau. Esta fibra possui o diâmetro do núcleo em torno de 62 μm e da casca de 125 μm . Na figura 12, é mostrada a representação da propagação do sinal luminoso da fibra multimodo de índice gradual. (PEREIRA, 2008).



Figura 12 – Modo de propagação Multimodo de Índice Gradual.

Fonte: (PEREIRA, 2008)

2.3.3 Características no Meio de Transmissão

O pensamento que quando se usa fibra óptica nas redes de telecomunicações não existem perdas de sinais devido à teoria da reflexão total não acontece na prática, pois ao longo da distância alguns fatores acabam influenciando as características da rede e outros fenômenos acabam acontecendo, ou até mesmo devido aos materiais utilizados não serem perfeitos acontecem as perdas e os sinais não chegam conforme deveriam ao receptor. Alguns desses fatores estão relacionados abaixo (FONTES, 2008):

- **Atenuação:** as perdas por atenuação, que significam a diminuição da potência do sinal de entrada, normalmente acontecem devido a três fatores: absorção, espalhamento e curvatura. Atenuação por absorção ocorre devido ao tipo do material utilizado e como é realizada a fabricação da fibra, pois durante o processo o material pode ser misturado com impurezas, o que ocasiona maior absorção do sinal no momento da transmissão. Já a atenuação por espalhamento, ocorre durante a propagação devido às irregularidades no diâmetro da fibra e flutuações no índice de refração. Atenuação por curvatura é caracterizada quando a fibra é submetida a dobras ou curvas e podem ser classificadas como macrocurvatura, (quando o raio de curvatura é grande comparado com o diâmetro da fibra) e microcurvatura, (quando o raio de curvatura é próximo ao diâmetro do núcleo da fibra). (PEREIRA, 2008).

- **Dispersão:** a dispersão surge do resultado dos diferentes atrasos de propagação dos modos que enviam os sinais luminosos e seu efeito é a distorção dos sinais transmitidos, gerando perda neste sinal. A dispersão pode ser classificada em dois tipos: dispersão modal e dispersão cromática. A dispersão modal ocorre somente em fibras do tipo multimodo, pois é caracterizada pelas diferentes velocidades de propagação que cada modo do sinal injetado na fibra possui para o mesmo comprimento de onda. A dispersão cromática ocorre devido a diferentes atrasos causados pelos vários índices de refração, que variam de modo não linear de acordo com os comprimentos de onda, causando a diferença de velocidades que caracteriza a dispersão. (PEREIRA, 2008).

As vantagens das fibras multimodos comparadas com as monomodos estão relacionadas principalmente com custos, pois como o diâmetro do núcleo é maior, o processo de fabricação tanto da fibra quanto dos demais materiais utilizados como conectores, componentes eletrônicos entre outros são mais baratos e os equipamentos utilizados para realizar as emendas também, pois o alinhamento do núcleo no momento da fusão torna-se mais fácil. Porém devido a todas estas características, fazem com que a fibra multimodo seja utilizada em pequenas distâncias. A distância alcançada depende do conversor de transmissão utilizado e da necessidade da banda a ser transmitida, pois quanto maior for a mesma, menor será a distância atingida com a fibra multimodo devido à atenuação e dispersão modal afetarem mais este tipo de fibra.

Já a fibra monomodo consegue atingir distâncias e bandas maiores do que a multimodo devido às características do modo de propagação e o transmissor deste tipo de fibra ser normalmente o *laser*. (FONTES, 2008).

3 TECNOLOGIA xDSL

O termo xDSL é utilizado genericamente pra representar todas as tecnologias DSL (*Digital Subscriber Line*). Estas tecnologias utilizam um par de modems aplicados a uma linha comum e sua finalidade é prover serviços digitais de dados de alta velocidade e com baixo custo de implantação. (SADOYAMA, 2004).

A xDSL utiliza os pares de fios de cobre da rede de telefonia sem interferir na faixa de voz, pois utiliza frequências acima de 4 KHz e possibilita o uso simultâneo do telefone e transmissão de dados devido a um componente chamado *splitter* que consegue separar os sinais de voz e dados da linha do assinante.

A tecnologia xDSL possui técnicas avançadas de modulação e codificação para garantir a qualidade do sinal que está diretamente ligada à espessura dos cabos, ruídos, atenuações, interferências eletromagnéticas, potência de sinal e distância do assinante até o DSLAM. (GARNIER, 2003).

As variações do DSL estão basicamente no processamento de sinais com diferentes faixas de frequências, que acabam permitindo diferentes taxas de transmissões. O DSL pode ser caracterizado em três tipos diferentes (SADOYAMA, 2004):

- **DSL Simétrico:** transmite a mesma taxa de bits, tanto no sentido do cliente para rede (*upstream*) quanto no sentido da rede para o cliente (*downstream*);
- **DSL Assimétrico:** transmite a taxa de *downstream* maior que a taxa de *upstream*;
- **DSL Simétrico e Assimétrico:** pode transmitir nos dois modos.

Como o DSL é uma tecnologia compreendida na camada física, os protocolos utilizados neste meio são transparentes, o que faz do xDSL uma tecnologia multiprotocolo, pois possui total compatibilidade com os protocolos de nível de enlace e rede.

3.1 IDSL

Integrated Digital Subscriber Line (IDSL) utiliza as mesmas técnicas de codificação ISDN (*Integrated Service Digital Network*) com interfaces BRI (*Basic Rate Interface*) compatíveis, não existindo a necessidade de nenhum equipamento adicional para os já usuários dos serviços ISDN.

Esta tecnologia utiliza um par de fios de cobre e possui comunicação *duplex* e simétrica de 144 Kbps somente para dados. Possui um alcance médio de 5.5 Km. (GARNIER, 2003).

3.2 HDSL

High-Bit-Rate Digital Subscriber Line (HDSL) possibilita a comunicação simétrica a taxa de 1,544 Mbps se utilizado o padrão T1 norte americano com dois pares de fios cobre ou a taxa de 2.048 Mbps ou $N \times 64$ Kbps (fracionados) se utilizado o padrão E1 europeu com três pares de fios de cobre. Como os pares operam com a metade ou um terço da velocidade, caso ocorra falhas em um dos pares, o sistema não é interrompido, somente a velocidade será reduzida proporcionalmente aos pares defeituosos.

Devido à técnica de cancelamento de eco, a transmissão é *full-duplex*. A tecnologia é utilizada somente para dados e possui um alcance médio entre 3,5 Km e 4,5 Km. (GARNIER, 2003).

3.3 SDSL

Symmetric Digital Subscriber Line (SDSL) é uma versão do HDSL, porém utiliza apenas um par metálico e devido a este fator, não ultrapassa o alcance de 3 Km. Possui comunicação simétrica e utiliza as mesmas taxas do HDSL na ordem de E1 e T1.

Esta tecnologia utiliza codificação de linha 2B1Q e técnicas de cancelamento de eco avançadas e devido a esta codificação, o *crosstalk* ou diafonia, que significam a interferência gerada pelos campos elétricos dos demais condutores ou de outras linhas de cobre dentro de um cabo telefônico é reduzido. Também é utilizado somente para dados. (SADOYAMA, 2004).

3.4 SHDSL

Single-par High Bit-rate Digital Subscriber Line (SHDSL) também conhecido como HDSL2, utiliza apenas um par de fios de cobre com transmissão simétrica e a codificação utilizada é a *Pulse Amplitude Modulation* (PAM) que é a responsável pela diminuição de interferências em outras linhas.

Possui uma velocidade média de 2.048 Mbps, porém pode ser fracionado em $N \times 64$ Kbps. Alcança uma distância máxima de 3,6 Km. Não permite o uso do serviço de telefonia, somente deve ser utilizado para dados. (HENZ, 2008).

3.5 ADSL

Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) é uma tecnologia desenvolvida principalmente para usuários residenciais que durante a concepção da tecnologia utilizavam uma banda superior para *download* das informações e não para *upload*, então a tecnologia por ser assimétrica, possibilita essa diferença de velocidade ao enviar e receber os dados para o DSLAM. (GARNIER, 2003).

A velocidade é garantida por um processo digital avançado que comprime as informações, podendo chegar a velocidades de até 8 Mbps *downstream* e 800 Kbps *upstream* na primeira versão da tecnologia. A distância entre o assinante e o DSLAM pode chegar até 5,5 Km, porém quanto maior for essa distância, menor será a velocidade final alcançada pelo assinante. (GARNIER, 2003).

O diferencial do ADSL é que os assinantes podem utilizar os serviços de telefonia em conjunto com os serviços de dados devido à modulação utilizada, o DMT (*Discrete Multi Tone*) com cancelamento de eco e devido ao modem conter um chip chamado *splitter* que separa a frequência de voz da frequência de dados. (HENZ, 2008).

Na figura 13, verifica-se a entrada do sinal no *splitter* com as informações de dados e voz no mesmo par de fios de cobre. O filtro passa baixa recupera o sinal de voz e o filtro passa alta recupera o sinal de dados. Na saída do *splitter* ambos sinais saem em saídas diferentes.

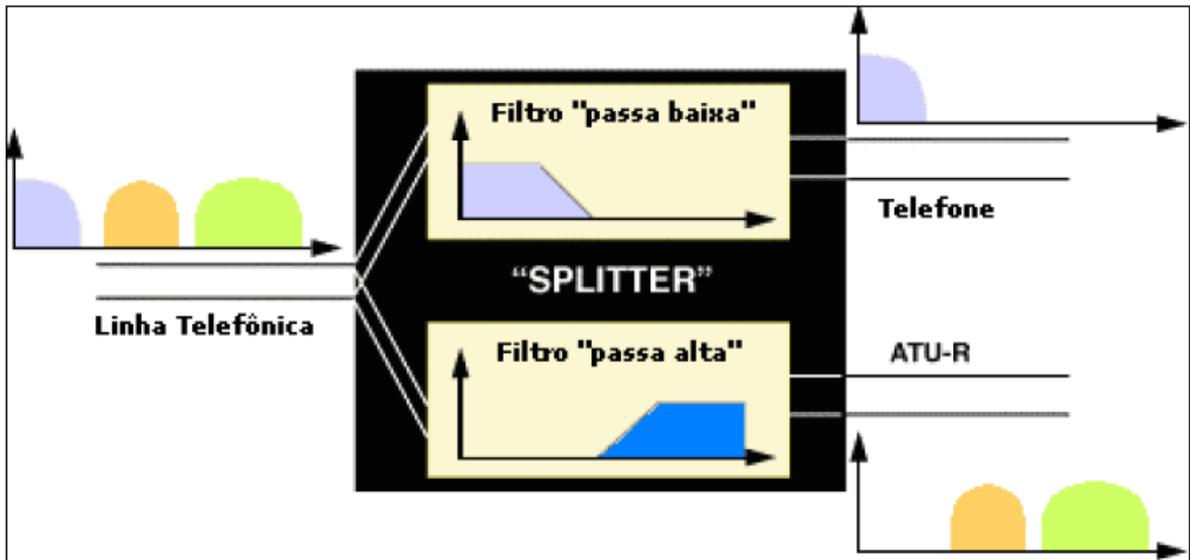


Figura 13 – Tratamento das informações no *splitter*

Fonte: (HENZ, 2008)

O DMT é o tipo de modulação que divide o sinal de transmissão no par trançado de cobre em várias bandas de frequência, utilizando a técnica de sobreposição espectral. O espectro de 0 a 4 KHz é reservado para os serviços de voz. Para os serviços de dados, a modulação utiliza o espectro de 26 KHz até 1,1 MHz. Esta última faixa é dividida em 256 canais de 4 KHz cada 1, destes 256 canais, 24 são utilizados para *upload* e 222 para *download*. Tanto na recepção, quanto na transmissão, estes canais são monitorados e sempre que a qualidade do sinal está inferior a um valor que pode ser determinado manualmente, o sinal é deslocado para outro canal a fim de manter a qualidade do mesmo. (HENZ, 2008).

3.6 RADSL

Rate Adaptive Digital Subscriber Line (RADSL) é uma tecnologia muito semelhante ao ADSL, possui transmissão assimétrica e utiliza apenas um par para transmissão de voz e dados. O RADSL possui a capacidade adaptativa, ou seja, o modem ajusta dinamicamente a largura de banda de acordo com a distância do assinante até o DSLAM e a qualidade que a linha possui. (GARNIER, 2003).

A tecnologia utiliza modulação *Carrierless Amplitude and Phase* (CAP) que, por sua vez, possui uma técnica que divide o espectro de frequência em três portadoras: uma utilizada exclusivamente para o transporte de voz que ocupa a faixa

de frequência até 4 KHz, a segunda portadora é para o transporte de *upstream* e última para o transporte de *downstream*.

À medida que as variáveis das condições da linha mudam, o limite superior de *upstream* é deslocado e devido a isto o limite inferior de *downstream* também, o que faz com que quanto maior seja a banda de *upload*, menor será a de *download* e vice-versa. (GARNIER, 2003).

A figura 14 mostra as faixas de transmissões de UP e DOWN da técnica CAP, que podem variar de acordo com as condições da linha ou então de forma configurável pelo provedor de serviços.

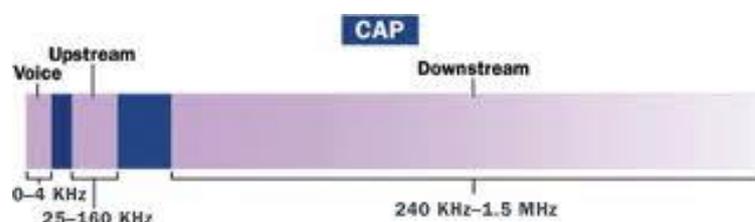


Figura 14 – Faixa de frequência variável da modulação CAP

Fonte: (GARNIER, 2003)

A velocidade do usuário final que utiliza o RADSL pode variar de 1 a 7 Mbps para *download* e de 128 Kbps a 1 Mbps para *upload* e a distância varia de acordo com essa taxa.

3.7 G. LITE (ADSL LITE)

A tecnologia G. Lite foi desenvolvida para evitar a instalação de *splitter* no lado do assinante para separar as frequências de voz e dados, porém permite a transmissão de ambos sinais simultâneos, o que torna a tecnologia interessante por ter uma instalação simplificada e custos reduzidos.

Assim como o ADSL, utiliza modulação DMT e pode alcançar uma distância de 5,5 Km. Porém, devido ao fato de não possuir o *splitter*, a velocidade que a tecnologia consegue alcançar é de no máximo 1.5 Mbps para *download* e 512 Kbps para *upload*. Como a taxa de transferência não é alta, existe uma maior tolerância a ruído e não é necessário separar os sinais de voz e dados no assinante, pois isto é feito somente do lado DSLAM. (GARNIER, 2003).

3.8 ADSL2

O ADSL2 surgiu através da necessidade de melhorias e aumento das taxas de *download* e *upload* das tecnologias ADSL e G. Lite. Assim como o G. Lite, o ADSL2 também não necessita de *splitter* no assinante somente no DSLAM, porém a velocidade pode chegar a 12 Mbps para *download* e 800 Kbps para *upload* das informações.

Utiliza modulação quadri-dimensional com codificação *trellis* de 16 estados, que permite maiores taxas de bits para maiores distâncias. Possui redução de *overhead* na transmissão através do uso de um quadro programável.

Da mesma forma do ADSL, o ADSL2 trabalha com as faixas de frequências de voz, *upload* e *download* de 0 até 1,1 MHz. (HENZ, 2008).

Para melhorar a relação sinal/ruído da linha, a tecnologia varia a potência do sinal enviado, fazendo com que seja sempre transmitida a mínima potência necessária para atingir a velocidade configurada para cada assinante sem que ocorra queda do sincronismo do modem. Esta característica também faz com que seja economizada energia do sistema.

Caso seja detectado *crosstalk*, interferência provocada por rádios AM, diferença de temperatura ou até mesmo umidade nos cabos, a tecnologia adapta a potência do assinante, a relação sinal ruído e a taxa de bits transmitidos sem que o sinal seja interrompido, tornando imperceptível para o cliente final. Esta inovação é chamada de *Seamless Rate Adaptation* (SRA). (FILHO, 2007).

3.9 ADSL2+

Asymmetric Digital Subscriber Line Extended Bandwidth 2 (ADSL2+ ou ADSL2plus) uniu-se à família de tecnologias ADSL em 2003 e trouxe como principal diferença do ADSL2 a duplicação da banda de *download* que pode chegar a 24 Mbps e para *upload* 1 Mbps a uma distância de no máximo 1,5 Km. A partir deste ponto é possível conseguir distâncias maiores, porém com taxas de *download* e *upload* menores. (FILHO, 2007).

Essa duplicação também ocorre na faixa de frequência de *downstream* que no ADSL2+ é de até 2,2 MHz conforme é mostrado na figura 15:

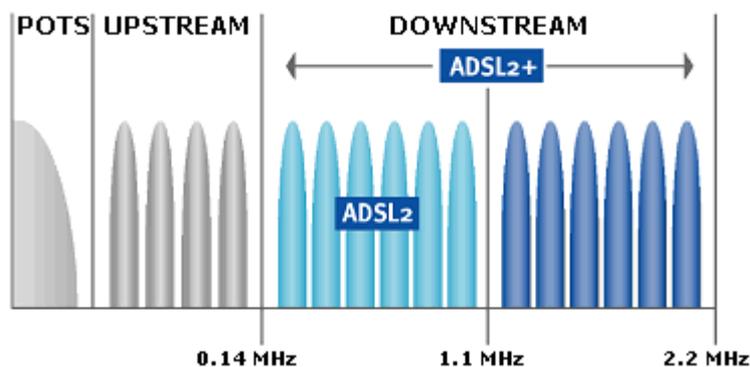


Figura 15 – Faixa de frequência ADSL2 e ADSL2+

Fonte: (FILHO, 2007)

Com esta nova faixa para transmissão de dados, pode-se diminuir o *crosstalk* no cabo de cobre permitindo que os assinantes que sincronizem o modem com o DSLAM na tecnologia ADSL ou ADSL2, funcionem na faixa até 1,1 MHz e os assinantes que sincronizem o modem em ADSL2+, o *downstream* funcione na faixa de 1,1 MHz até 2,2 MHz, evitando a interferência. (FILHO, 2007).

No ADSL2+ é possível agrupar dois ou mais pares de cobres através da funcionalidade chamada *Bonding*, o que faz com que a banda de *download* e *upload* também aumente na proporção dos pares agrupados, porém para este tipo de serviço são necessárias placas especiais no lado do DSLAM e o modem a ser instalado no lado do cliente também é diferenciado, o que torna o custo mais elevado e não competitivo se comparado ao próximo item a ser abordado o VDSL. Também aumentam os problemas de interferências. (HENZ, 2008).

Para melhorar a relação sinal/ruído e conseqüentemente a taxa de *upload* dos assinantes, tanto na tecnologia ADSL2 quanto na tecnologia ADSL2+, é possível habilitar a função Annex M nos modems e nos DSLAM. Esta função aumenta o número de portadoras de *upload* e reduz as portadoras de *download*, o que resulta na melhora da taxa de sincronismo de *upload* do cliente final, porém conseqüentemente ocorre o efeito contrário na taxa de sincronismo de *download*.

3.10 VDSL

VDSL significa “*Very High Bit Rate Digital Subscriber Line*” e assim como o ADSL, o VDSL é um padrão tecnológico desenvolvido para utilizar a infraestrutura existente da rede de telefonia (rede de pares de cobre trançados). O VDSL foi criado

com o principal propósito de aumentar as taxas de *downstream* e *upstream* da tecnologia ADSL.

Apesar de utilizar a rede já existente, o VDSL necessita de CPEs especiais para receber e transmitir os serviços no usuário, pois foi a partir desta tecnologia que as operadoras começaram a entregar o protocolo *Ethernet* como tecnologia de multiplexação na primeira milha (usuário final) encapsulado nas chamadas VLAN (*Virtual Local Area Networks*) simplificando toda a arquitetura da rede ao deixar de usar as conexões de circuitos permanentes (PVC) características da tecnologia ATM utilizada no ADSL. (SADOYAMA, 2004).

Ao contrário do ADSL que possui seu espectro de frequência dividido em dois, o 1º para *upstream* e o 2º para *downstream*, o VDSL foi desenvolvido para que tanto para o *upstream* quanto para o *downstream*, existissem várias bandas diferentes permitindo maior flexibilidade para configuração de taxas de dados.

Em sua 1ª versão, o VDSL tem a capacidade de transmitir até ao usuário uma banda de 55 Mbps de *downstream* e 15 Mbps de *upstream* a curtas distâncias do DSLAM. (FILHO, 2007).

No VDSL2, que é a 2ª geração do VDSL e a tecnologia xDSL mais avançada até o momento, a largura de banda do usuário pode chegar a 100 Mbps simétricos a uma distância máxima de 300 metros do DSLAM. Esta banda diminui drasticamente ao aumentar a distância, pois como o valor da largura de banda é alto, maior é a interferência causada pelos próprios pares de cobre no mesmo cabo. Ao aumentar a distância, as placas de dados instaladas no DSLAM aumentam a potência enviada para os assinantes na tentativa de manter a relação sinal/ruído no nível adequado, porém essa ação faz com que o *crosstalk* no cabo também aumente, o que causa degradação da qualidade do sinal e na percepção do assinante, quedas no sincronismo do modem, lentidão da conexão com a internet, ruídos e chiado na linha telefônica (VOIP), imagem quadriculada no vídeo sobre demanda (VOD), entre outros problemas. (FILHO, 2007).

Existem vários padrões de VDSL2, porém os mais utilizados são os padrões 17a e 30a.

O padrão 17a utiliza o espectro de frequência até 17 MHz e deve ser empregado para atender distâncias maiores do cliente ao DSLAM, porém atinge uma velocidade menor. Este padrão normalmente é utilizado para oferecer ao cliente uma banda de 35 Mbps em uma distância máxima de 500 metros do DSLAM ou 50

Mbps em uma distância máxima de 300 metros. Este padrão também é denominado VDSL2 de longo alcance.

Já o padrão 30a utiliza o espectro de frequência de 30 MHz e é chamado de VDSL2 de curto alcance, pois consegue atingir velocidades maiores, em média 75 Mbps a distância de 300 metros. (FILHO, 2007).

Atualmente o VDSL2 é muito utilizado pelas operadoras para oferecer os serviços *Triple Play* e jogos interativos que são os mais procurados pelos usuários e os serviços que consomem um volume de banda alto.

Um recurso existente e utilizado pelas operadoras é o *Fallback* de tecnologia que funciona da seguinte forma: no DSLAM são instaladas placas de assinantes com a capacidade de funcionar com modems VDSL ou ADSL (placas *Fallback*) e através de configurações é possível selecionar se uma determinada porta da placa (que corresponde a um assinante) tentará sincronizar com o modem remoto em VDSL ou ADSL. Caso a opção escolhida seja VDSL, esta porta da placa realizará três tentativas de sincronismo com o modem remoto, caso não tenha sucesso ou os valores de atenuação e relação sinal/ruído não atendam os requisitos mínimos, também configurados no DSLAM, a porta da placa tentará novamente o sincronismo, só que desta vez em tecnologia ADSL. Desta forma, dependendo da distância que o assinante está do DSLAM ou do valor de banda contratado pelo mesmo, a operadora pode entregar um modem com ADSL ou VDSL que o DSLAM interpretará o sinal e sincronizará os modems. Assim como as placas do DSLAM tem essa funcionalidade, determinados modems também possuem o *fallback*, ocorrendo a negociação dos melhores valores de atenuação e relação sinal/ruído é decidido automaticamente a tecnologia (VDSL ou ADSL) entre os modems e as portas das placas do DSLAM.

Outra funcionalidade que pode ser aplicada ao VDSL para aumentar a largura de banda ou a distância do cliente até o DSLAM é a chamada "*Bonding*" e, assim como no ADSL, é possível agrupar virtualmente mais que um par de fios de cobre e entregar no mesmo cliente este sinal combinado, porém os mesmos obstáculos encontrados no ADSL são observados no VDSL para esta funcionalidade. São necessárias placas no DSLAM diferenciadas e modem no cliente também, o que torna o custo para a operadora inviável ao utilizar o "*Bonding*".

Um recurso que pode ser utilizado pelas prestadoras de serviço para também aumentar a banda oferecida para o assinante aproveitando toda a rede de cobre

existente é a tecnologia “*Vectoring*”, que tem como função diminuir os efeitos do principal vilão da tecnologia VDSL2: o “*crosstalk*”. O *Vectoring* pode utilizar somente com um par de fios de cobre e trabalha com o cancelamento de ruído dentro de um determinado grupo de linhas, porém para que o *Vectoring* seja eficiente, todos os pares de cobre de um determinado cabo devem possuir esta funcionalidade, pois caso algum não tenha esta função o *Vectoring* não conseguirá agir nestes pares e eles gerarão o *crosstalk* nos pares protegidos pelo *Vectoring*. (ALCATEL-LUCENT, 2012).

O *Vectoring* é baseado em um cálculo da interferência gerada entre todos os pares de cobre de um determinado cabo e com esta informação um novo sinal é gerado para cancelar o ruído em cada par, o que remove, na teoria, toda interferência e a linha passa a operar com seu desempenho máximo.

A figura 16 mostra os resultados da aplicação do *Vectoring* nas linhas com tecnologia da Alcatel - Lucent:

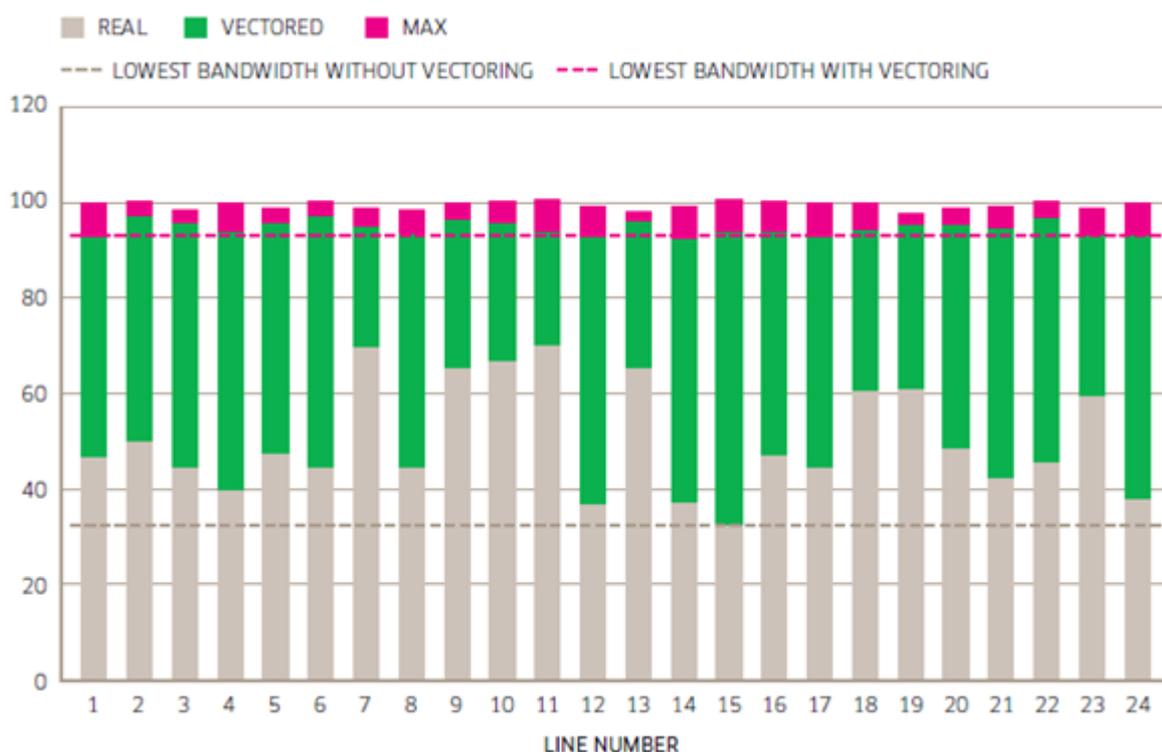


Figura 16 – Resultado da aplicação do *Vectoring*.

Fonte: (ALCATEL-LUCENT, 2011)

Como ilustra a figura 16, um cabo com 24 pares a uma distância de 400 metros do DSLAM apresentou a variação de banda representada pela cor cinza, já quando foi aplicada a tecnologia *Vectoring* os valores de banda alcançados por cada

par foi representado pela cor verde. Isto significa que na prática o menor valor de banda alcançado antes de aplicar o *Vectoring* foi de 30 Mbps e após aplicar a tecnologia esse valor subiu para 90 Mbps, porém este ganho não é fixo, pois depende da distância entre o DSLAM e o cliente. (ALCATEL-LUCENT, 2012).

O ultimo recurso desenvolvido para utilização do par de fios de cobre obtendo um aumento de banda para um valor total de 300 Mbps a uma distância de 400 metros foi criado e está em teste pela empresa Alcatel-Lucent e é chamado de “*Phantom Mode*” ou modo fantasma.

O *Phantom Mode* consiste em dois pares trançados utilizando VDSL2 com tecnologia *Bonding* para união dos mesmos e tecnologia *Vectoring* para o cancelamento do ruído, atingindo a banda de 200 Mbps em uma distância de 400 metros. Para conseguir alcançar a banda de 300 Mbps, um terceiro par virtual é criado, contribuindo com mais 100 Mbps após ser eliminado o ruído utilizando o *Vectoring*. (ALCATEL-LUCENT, 2012).

Como novamente foi utilizado o *Bonding* na solução, os problemas com relação a custos já descritos neste trabalho devem ser analisados.

4 TECNOLOGIA PON

Passive Optical Network ou Rede Óptica Passiva são redes com arquitetura ponto-multiponto (um ponto da rede é ligado com vários outros pontos) que possuem como característica principal a troca de dados entre o cliente e a operadora através de fibra óptica. (FONTES, 2008).

O ponto concentrador da rede, que fica mais próximo à prestadora dos serviços, a *Central Office*, é denominado OLT (*Optical Line Terminal* ou Terminação de Linha Óptica). Após a fibra sair da OLT, outro elemento da rede PON aparece, este elemento é chamado de ODN (*Optical Distribution Network* ou Rede de Distribuição Óptica). Na ODN estão os *Passive Optical Splitter* também conhecidos como Divisores Ópticos. Estes divisores ópticos são responsáveis pela derivação da única fibra da entrada para várias fibras na saída. Esta derivação implica na separação dos comprimentos de onda (sistema WDMA - *Wavelength Division Multiple Access*), ou na divisão da potência total que entra no *splitter* através da fibra, que será igualmente dividida entre as fibras da saída. Assim, caso o *splitter* seja de 1:4 (significa que uma fibra entra enquanto quatro fibras saem), a potência de sinal em cada fibra após passar pelo *splitter* será $\frac{1}{4}$ da potência da fibra na entrada (sistema TDMA). (RIBEIRO, 2008). Na figura 17, segue exemplo de *splitter* ópticos com derivação 1:8:

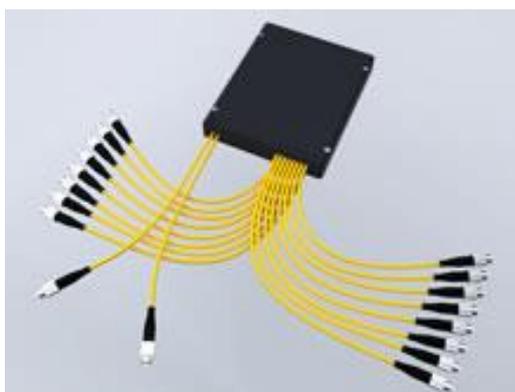


Figura 17 – *Splitter* Óptico 1:8

Fonte: (FIBERCAN, 2012)

Os *splitters* são elementos passivos na rede, isto significa que economizam energia, espaço em sites e manutenção de equipamentos eletrônicos. Na ODN,

podem existir vários *splitters*, realizando as derivações necessárias para atender a quantidade de clientes finais.

Após as fibras passarem por todos os divisores ópticos da ODN, cada fibra é ligada no último elemento da rede PON, denominada ONU (*Optical Network Unit* ou Unidade de Rede Óptica) ou ONT (*Optical Network Terminal* ou Terminação de Rede Óptica), que é o equipamento instalado mais próximo do cliente para receber esta fibra e tratar os dados a serem enviados e recebidos da OLT. Na ONT é realizada a conversão do sinal óptico para sinal elétrico para que os equipamentos dos clientes possam ser ligados. (RIBEIRO, 2008).

A figura 18 mostra a topologia da rede PON com seus elementos:

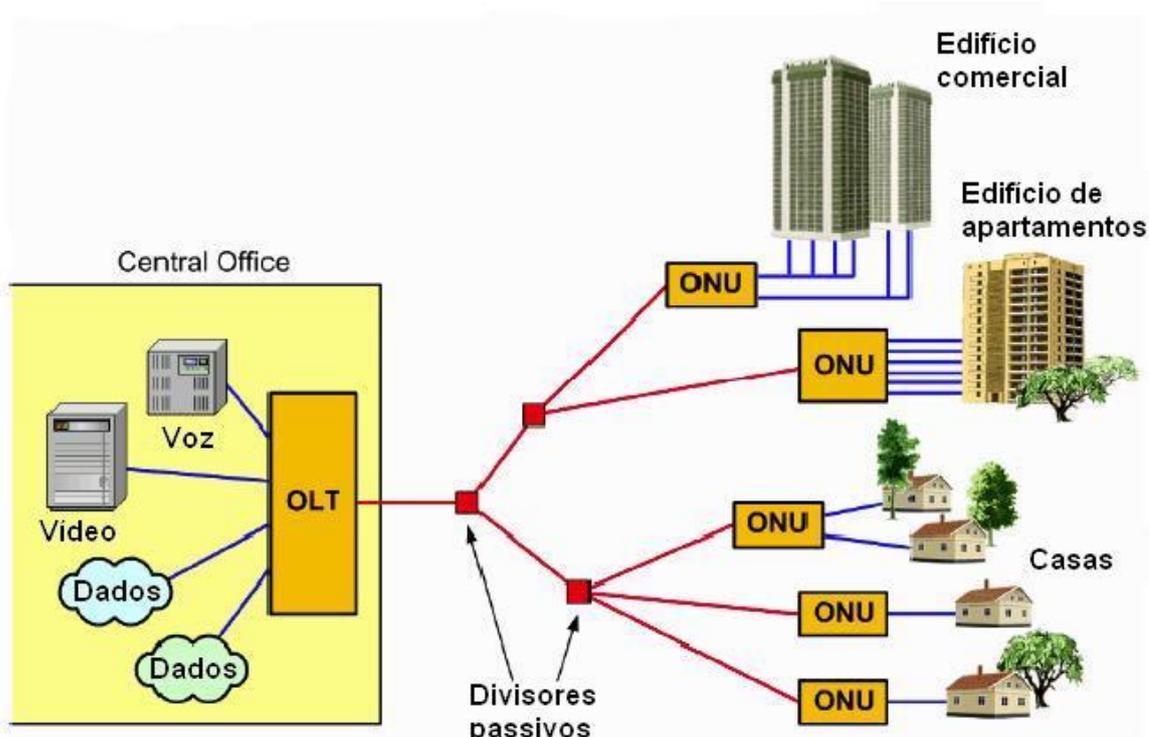


Figura 18 – Topologia e elementos da rede PON

Fonte: (RIBEIRO, 2008)

Os terminais de rede óptica podem ser instalados em pontos diferentes da rede e conforme sua localização surge uma classificação nas redes PON:

- **FTTC e FTTN:** *Fiber To The Curb e Fiber To The Node* – A rede composta somente por fibra óptica vai até o DSLAM e a partir deste a rede passa a ter cabos metálicos para distribuição até os clientes. A diferença entre FTTC e

FTTN é que no primeiro caso o armário está localizado até 300 metros dos clientes e no segundo caso a mais de 300 metros. (OLIVEIRA, 2010).

- **FTTB:** *Fiber-To-The-Building* – A rede de fibra óptica vai até a entrada de um edifício onde as ONT são instaladas. Normalmente o acesso interno ao cliente é atendido através da rede metálica. (OLIVEIRA, 2010).
- **FTTH:** *Fiber-To-The-Home* – A rede de fibra óptica é disponibilizada até o assinante final. A ONT é instalada na residência do cliente que possui acesso exclusivo ao equipamento para realizar a ligação no seu equipamento receptor óptico e se for o caso realizar a conversão do sinal óptico para sinal elétrico. (OLIVEIRA, 2010).

A figura 19 ilustra a classificação das redes ópticas com relação à distância do cliente:

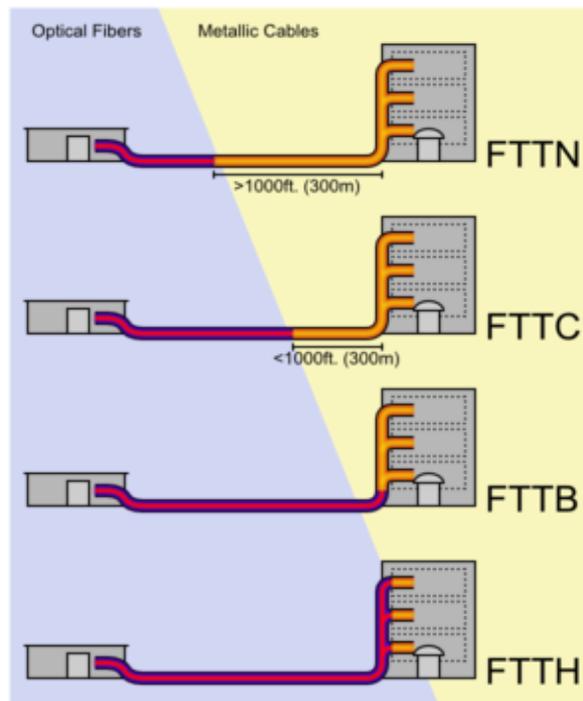


Figura 19 – Classificação de redes ópticas.

Fonte: (WIKIPEDIA, 2011)

4.1 TECNOLOGIA PON-TDMA

Devido a várias ONT's compartilharem a mesma fibra para transmissão e recepção do sinal, são necessárias tecnologias para controlar estes acessos simultâneos. A tecnologia TDMA (acesso múltiplo por divisão de tempo) divide em vários canais ou time slots a largura total de banda passante na fibra, utilizando um único comprimento de onda. De forma sincronizada, estes times slots transportam as informações das ONT's para as OLT's dependendo da largura de banda contratada por cada assinante referente à determinada ONT. Este sincronismo querer atenção, pois caso ocorra problema, os pacotes não chegarão de forma sequencial as OLT's e ocorrerão colisões das informações. (FONTES, 2008).

No sentido de envio das informações das ONT's para OLT (upload), a faixa de comprimento de onda utilizado pode variar entre 1260nm e 1360nm. A comunicação é *unicast* (transmissão ponto a ponto), pois as ONT's conhecem a OLT para onde devem ser enviados os pacotes (SILVA; FERREIRA, 2011), conforme é ilustrado na figura 20:

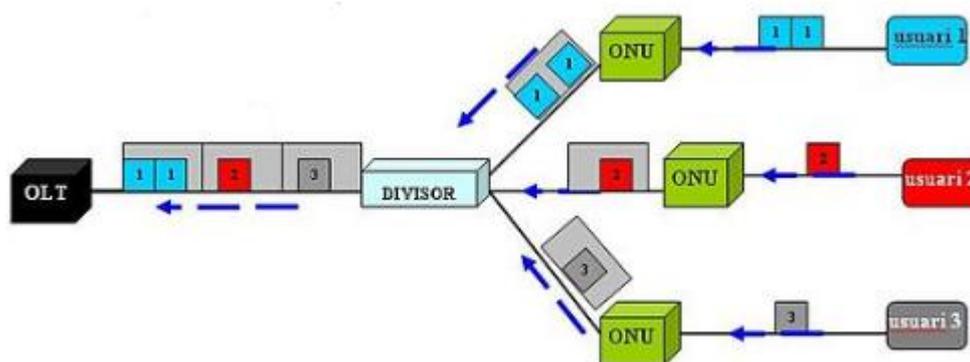


Figura 20 – Tecnologia TDMA PON sentido *upload* dos pacotes

Fonte: (WIKIPEDIA, 2011)

Já no sentido de transmissão da OLT para as ONTs (*download*), a faixa do comprimento de onda varia entre 1480 nm a 1500 nm. A comunicação é *broadcasting* (transmissão ponto-multiponto), todas as ONT's da mesma fibra recebem todos os pacotes e analisam os frames. Caso os frames não sejam da ONT que o recebeu, o pacote é descartado (SILVA; FERREIRA, 2011), conforme é mostrado na figura 21:

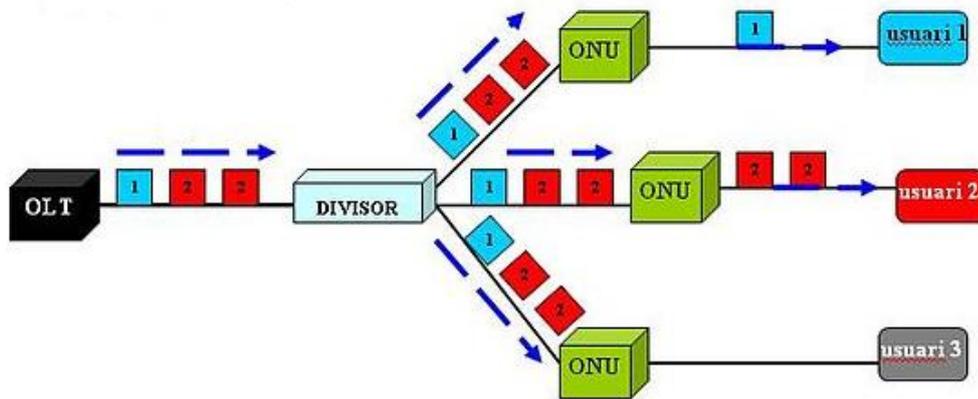


Figura 21 – Tecnologia TDMA PON sentido *download* dos pacotes

Fonte: (WIKIPEDIA, 2011)

Uma das vantagens deste sistema é a simplicidade na atribuição de banda para cada assinante, devido ao fato do sistema ter o controle da quantidade de pacotes que cada ONT deve enviar em intervalos de tempo e também o fato de que as ONT's podem ser iguais, pois o comprimento de onda não é diferente para cada uma delas, o que traz vantagens operacionais e durante a manutenção e consequentemente os custos são menores. (FONTES, 2008).

Como desvantagens, pode-se citar a segurança do sistema, pois todas as ONT's recebem as informações enviadas pela OLT, mesmo que a informação não seja destinada a ela, e para que isto seja evitado, deve-se usar um sistema de criptografia das informações. Também como já foi citado, podem ocorrer colisões dos pacotes e as perdas de potência do sinal aumentam proporcionalmente com o número de ONT's que são instaladas nos *splitters*. (FONTES, 2008).

4.2 TECNOLOGIA PON-WDMA

A tecnologia WDMA (acesso múltiplo por divisão de comprimento de onda) permite que cada ONT se comunique com a OLT utilizando comprimento de ondas diferentes, o que possibilita que a ONT utilize toda a banda disponível no comprimento de onda sem a necessidade de compartilhamento com as demais ONT's (CARVALHO, 2009), conforme é ilustrado na figura 22:

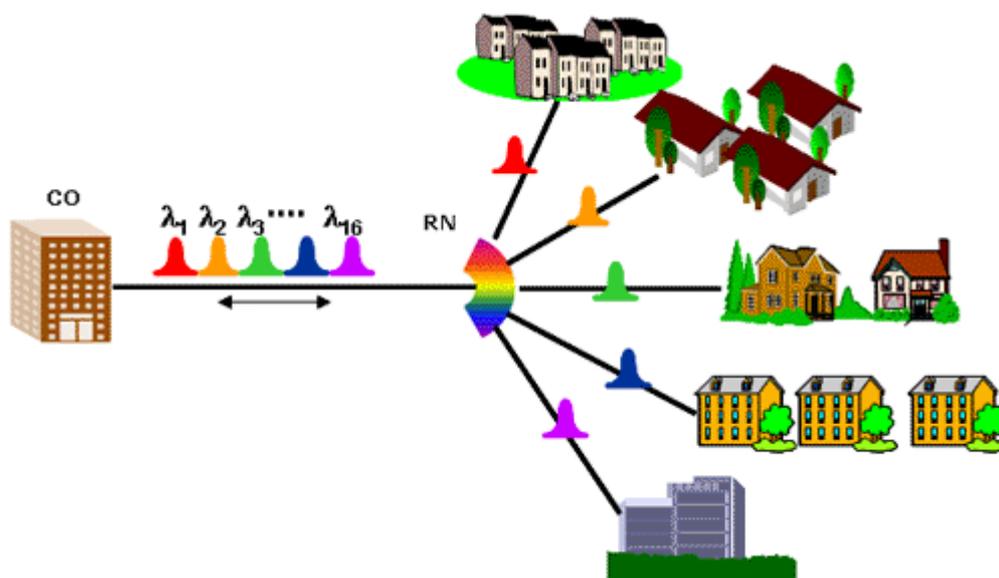


Figura 22 – Tecnologia WDMA PON

Fonte: (SOLID, 2012)

Na figura 22 é mostrado um prédio com denominação CO, que significa *Central Office* (neste caso é o local onde se encontram as OLT's).

O elemento RN (*Remote Node*) normalmente é o chamado AWG (*arrayed waveguide grating* ou guia de onda óptico), e é responsável por enviar as ONT's somente o comprimento de onda que lhe é destinado no sentido de *download*. Também pode ser usado *splitter* normal, porém neste caso a ONT deve possuir um filtro para tratar somente o comprimento de onda que lhe cabe. O AWG tem como vantagem a baixa perda de potência do sinal e a não utilização dos filtros nas ONT's. (CARVALHO, 2009).

Devido ao fato de que os comprimentos de ondas das ONT's sejam diferentes, para cada ONT deve existir uma fonte diferente de *laser* na OLT e para cada nova ONT adicionada no sistema um novo comprimento de onda deve ser adicionado. Devido a estas características a OLT se torna um equipamento caro. A operação e a manutenção do sistema acabam se tornando complexas e caras. (WIEZBICKI, 2004).

A vantagem deste sistema é a segurança e a escalabilidade devido à perda ser menor nos divisores ópticos do que no sistema TDMA.

4.3 APON / BPON

Em 1995 foi criado um grupo composto por várias empresas de telecomunicações com o intuito de padronizar a utilização de fibras ópticas para prover os serviços de voz, vídeo e banda larga. Este grupo foi chamado de FSN (Full Service Access Network). Inicialmente a padronização foi realizada com base na tecnologia ATM (*Asynchronous Transfer Mode* ou modo de transferência assíncrona) para serviço de transporte e recebeu o nome de APON (Rede Óptica Passiva sobre Modo de Transferência Assíncrona). Esta primeira versão não suportava serviço de vídeo e conseguia alcançar uma banda total de 155 Mbps simétricos. (FERREIRA, 2011).

O BPON (*Broadband Passive Optical Network*) foi o nome dado à evolução do APON. No BPON continuou-se utilizando a tecnologia ATM como protocolo de camada 2, porém a banda que poderia ser utilizada passou a 622 Mbps simétrico. (FONTES, 2008).

Existem diferentes derivações de *splitters* (1 fibra derivando 16, 32 fibras, entre outras), porém considerando um *splitter* 1:32, o usuário final poderia ter a banda total de 20 Mbps.

Com o estudo de novas tecnologias e o aumento de banda, incluiu-se a padronização do serviço de vídeo na tecnologia BPON.

4.4 EPON

O EPON (*Ethernet Passive Optical Network*) surgiu em 2004, resultado dos estudos de um grupo chamado *ethernet* na primeira milha (EFM) que foi montado com a finalidade de chegar até o usuário final com rede PON transportando dados encapsulados em frames *ethernet*. O mesmo visava o aumento de desempenho e minimização dos custos de equipamento, operação e manutenção. (FERREIRA, 2011).

O EPON possui capacidade de banda de até 1 Gbps simétrico e sua grande vantagem com relação ao BPON é a capacidade de trabalhar com pacotes de tamanhos variáveis, o que facilita o tráfego IP.

Para o tráfego de *downstream*, o EPON utiliza o comprimento de onda de 1490 nm e para *upstream* 1310 nm. (FERREIRA, 2011).

Considerando o mesmo *splitter* citado no exemplo do item BPON, 1:32, a banda que poderia ser disponibilizada para o usuário é de 30 Mbps simétricos.

4.5 GPON

O estudo sobre GPON (*Gigabit Passive Optical Network*) teve início em 2001 pelo grupo FSAN e foi padronizado em 2003 como as redes PON com capacidade de operar com taxas acima de 1 Gbps. (TAKEUTI, 2005).

O GPON foi padronizado seguindo as recomendações G.984 aprovadas pela ITU-T (União Internacional de Telecomunicações – Telecomunicações ou Setor de Normatização das Telecomunicações), essas recomendações foram baseadas nas recomendações anteriores que padronizaram o APON/BPON (G.983) para garantir a compatibilidade entre as tecnologias. (CARVALHO, 2009).

O GPON funciona baseado em quadros *ethernet* e também em células ATM, o que proporciona a utilização de QoS (qualidade de serviço) provenientes do ATM e a eficiência do *ethernet*.

Pode existir a combinação de várias velocidades para esta tecnologia que chega ao máximo de 2,5 Gbps simétricos, porém a combinação mais utilizada é de 2,5 Gbps para *downstream* e 1,25 Gbps para *upstream*, o que permite uma banda de 75 Mbps de *down* e 35 Mbps de *Up* se utilizarmos o *splitter* de 1:32 e atinge uma distância de até 20 Km entre a OLT e as ONT's.

O GPON pode utilizar uma ou duas fibras para transmissão e recepção de dados, sendo que a faixa do comprimento de onda para *upload* é de 1260 a 1360 nm para ambos modos (uma ou duas fibras), de 1480 a 1500 nm para *download* no sistema de uma fibra e 1260 a 1360 nm para *download* no sistema de duas fibras.

Conforme a apresentação realizada na GVT (2012) são três as topologias mais utilizadas para GPON na rede de acesso:

- *Deep GPON*: nesta topologia, apenas um *splitter* é utilizado por porta GPON e este *splitter* normalmente se localiza mais próximo a ONT em média a 150 metros. Devido o *splitter* ser próximo a ONT, existe dificuldade na segmentação, pois a área de cobertura é restrita, porém os custos para implantação são menores em relação às demais topologias. Na figura 23 é ilustrado o sistema *Deep GPON* na rede de acesso: (GVT, 2012).

Deep GPON

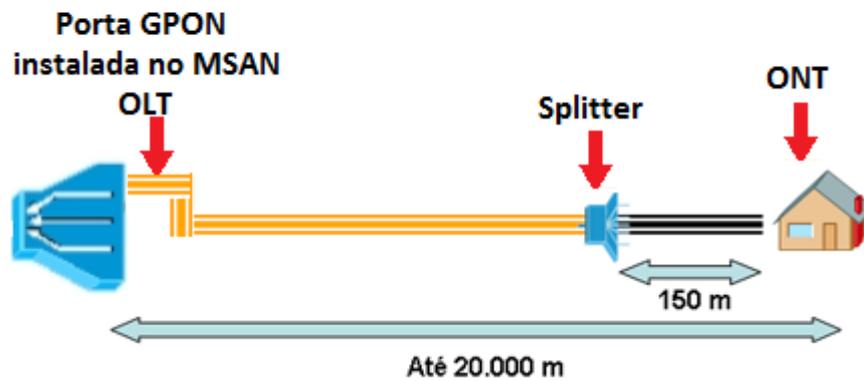


Figura 23 – Topologia *Deep GPON*

Fonte: Autoria própria

- *Staged GPON*: neste sistema, são utilizados dois níveis de *splitters* por OLT, um mais próximo ao cliente conforme o *Deep GPON*, com adição de outro na saída da OLT agregando os serviços de vários *splitters*, conforme é ilustrado na figura 24. Para esta topologia é mais fácil a segmentação da área de cobertura, pois já na saída da OLT é possível encaminhar a fibra para diversas direções e novas demandas de clientes podem ser atendidas sem muitas modificações na infraestrutura, porém o custo para implantar este sistema é maior se comparado ao *Deep GPON*, pois são necessárias várias fibras e *splitters* adicionais. Outro ponto de desvantagem se comparado ao sistema anterior é o operacional, que apresenta grande dificuldade com relação ao cadastro e manutenção das ONT's, pois como o *splitter* não é gerenciável, não é possível definir completamente por onde determinado cliente está passando para realizar a tratativa de falhas, caso existam. (GVT, 2012).

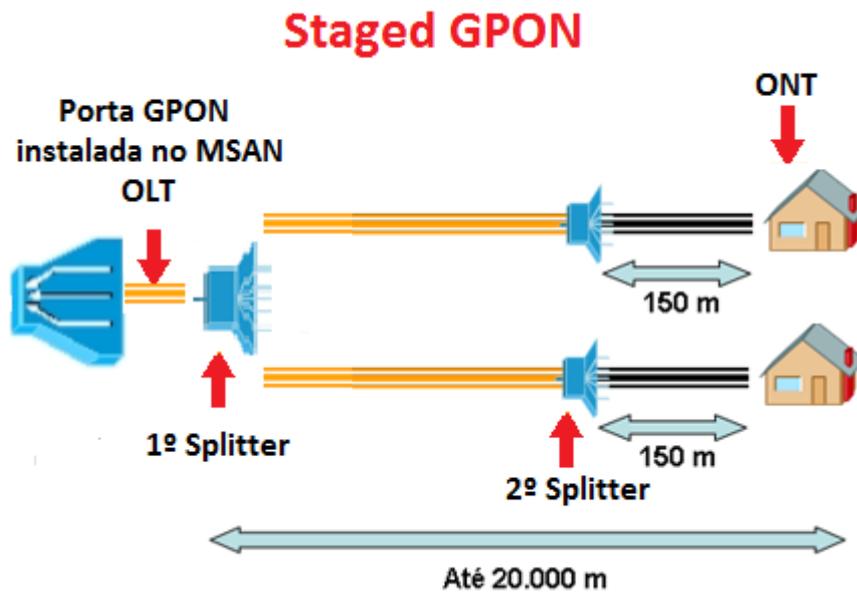


Figura 24 – Topologia *Staged* GPON

Fonte: Autoria própria

- P2P GPON: a topologia *Point to Point* ou ponto a ponto, pode ser comparada ao sistema mais utilizado nos tempos atuais, a rede de cobre tradicional onde o *splitter* está localizado no DSLAM ou no MSAN. Só existe um nível de *splitter* diretamente ligado na OLT, conforme é ilustrado na figura 25. Nesta topologia a segmentação é total, ou seja, não existe dificuldade para atender clientes distantes no máximo 20 Km da porta OLT. A dificuldade de implantar é maior que os sistemas anteriores, porém o operacional é mais simplificado devido a só existir um nível de *splitter* e o mesmo estar diretamente ligado na OLT, tornando o cadastro de fácil controle e manutenção simples. (GVT, 2012).

P2P GPON

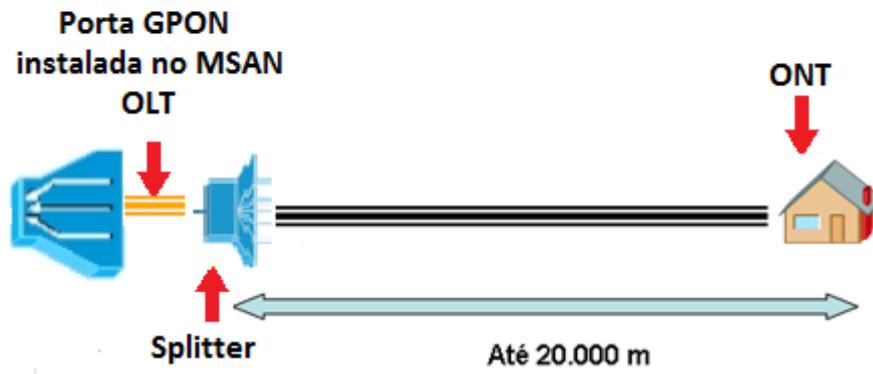


Figura 25 – Topologia P2P GPON

Fonte: Autoria própria.

5 INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS

Segundo dados da Associação Brasileira de Telecomunicações (Telebrasil), o número de acessos em banda larga fixa e móvel atingiu em Novembro de 2012 89,3 milhões, sendo destes, 32 milhões de acessos ativos no ano de 2012. (TELEBRASIL, 2012)

Do valor total de acessos, 78% são referentes a banda larga móvel e os demais 22% referentes a banda larga fixa. (TELEBRASIL, 2012)

Os principais responsáveis por este aumento de acessos na banda larga móvel são os *smartphones* e *tablets* que revolucionaram o mercado de telecomunicações após seu lançamento, e a cada dia, diferentes sistemas operacionais e aplicativos são lançados para estes equipamentos. A grande inovação é a interatividade que o usuário possui com estes sistemas e por este motivo é necessário o uso da rede de banda larga.

A tecnologia LTE (*Long Term Evolution*) utilizada para o novo padrão de rede de telefonia móvel 4G ou 4ª geração, também é a responsável por este aumento elevado na quantidade de acessos na rede móvel e será a grande impulsionadora de vendas tanto de aparelhos quanto de serviços para a telefonia celular no ano de 2013. O padrão 4G tem a capacidade de velocidade de 100 Mbps de *download*. Porém, como sua comercialização no Brasil, começou no final do ano de 2012 pelas operadoras de telefonia móvel. Esta taxa ainda não está disponível e deve aumentar conforme as operadoras invistam em suas redes e os fabricantes em seus aparelhos. (VEDOR, 2012).

Já as operadoras de telefonia fixa e de TV por assinatura que ainda não desfrutam deste mercado em grande crescimento, analisam novas opções como as redes MVNO (*Mobile Virtual Network Operator* ou operadora móvel com rede virtual) que consistem em prestar serviços de telefonia móvel utilizando a rede de outra operadora de telefonia móvel tradicional. (TELECO, 2010).

Outra alternativa para as operadoras de telefonia fixa oferecerem serviços para o mercado de telefonia celular são os *Hotspots* públicos. Estes sistemas são formados por antenas ou micro antenas conectadas a outros equipamentos que permitem disponibilizar o serviço de internet da operadora fixa via *Wi-Fi* para qualquer aparelho: *notebooks*, *smartphones*, *tablets* entre outros. Normalmente as redes *Hotspots* ficam localizadas em *shopping*, bares, restaurantes e aeroportos. O

modem/router *Wi-Fi* utilizado nas residências, também pode ser um *Hotspot* público dependendo da configuração aplicada.

Após localizar a rede *Wi-Fi*, uma página solicitando usuário e senha é apresentada no aparelho do usuário e ao efetuar o *login*, já é possível o acesso à rede internet da operadora fixa no aparelho móvel.

Para ampliar as alternativas de serviços que uma operadora de telefonia fixa pode explorar nos dias atuais, é necessário que a rede de comutação e de dados seja formada por IMS (*IP Multimedia Sub-System*) que é uma arquitetura de rede e funcionalidades para controle de sessões multimídia e serviços, utilizada nas redes NGN. (TRONCO, 2006).

Através desta arquitetura são possíveis vários serviços, como por exemplo, mobilidade total do número do assinante que utiliza VOIP, suporte a serviços sofisticados de multimídia e priorização de tráfego de rede fim a fim de forma simplificada. (TRONCO, 2006).

Com relação à tecnologia, também é possível citar o conceito de *Smart Connected Home* ou casa conectada inteligente, que já existe há algum tempo, porém ainda não foi explorado por muitas empresas da área de telefonia. A essência da tecnologia é a integração de vários equipamentos dentro da casa do cliente, através de um controlador central que pode ser ou pode estar ligado a um modem/roteador com acesso a internet ou de forma mais simplificada a uma linha telefônica. Estes equipamentos disponíveis na casa podem ser acessados e colocados em estados diferentes através de *smartphones* ou outros que possuam conexão com a internet, por exemplo, a luz pode ser acessada ou apagada, no condicionador de ar pode ser regulada a temperatura desejada, as imagens das câmeras instaladas na casa podem ser visualizadas, o portão da garagem pode ser aberto, todas as ações realizadas remotamente. Em aplicações médicas, exames podem ser executados pelos pacientes em suas casas por aparelhos especiais e o resultado ser enviado para os médicos através da internet ou em casos graves diretamente para outros aparelhos através de mensagem de emergência.

Outra área em crescimento é a de prestação de serviços OTT (*Over-the-top*), que são caracterizados pela disponibilização de conteúdos e serviços através de infraestrutura não própria, utilizando a internet. Para melhor caracterizar este tipo de serviço, cita-se um dos principais exemplos de servidor de OTT no mundo, o NETFLIX, que possui em seus servidores inúmeros filmes e seriados e disponibiliza

a seus clientes através de assinatura mensal estes conteúdos *online* pela internet, porém o responsável pela infraestrutura para este acesso é o provedor de internet. (NASCIMENTO, 2012).

Este novo conceito de serviço tem feito com que as operadoras de telefonia procurem novos meios para continuar com seus serviços ativos, pois aplicativos como Skipe e GTalk, que possibilitam chamadas VOIP locais, longa distâncias e até internacionais através de PC (*Personal Computer*), *smartphone*, *tablete* entre outros, pela internet, fazem com que os clientes utilizem estes serviços pois não precisarão pagar por eles para as operadoras. Da mesma forma, as empresas prestadoras de serviços de TV por assinatura e VoD (*Video on Demand*), também são afetados pelos servidores OTT como NETFLIX, Net Movies e YouTube. (NASCIMENTO, 2012).

Já as prestadoras de serviço de internet, sofrem influência dos OTT de outra forma. A quantidade de banda consumida pelo cliente é bem maior, pois toda a informação é *online* e normalmente necessita de qualidade elevada na infraestrutura para funcionar corretamente. Os servidores de jogos, que também são exemplos de OTT's, além de exigirem alta taxa de *download*, também exigem alta taxa no *upload* para que os jogos funcionem. Este item tem impacto positivo e negativo para as prestadoras de serviço de internet, pois devido a esta necessidade os clientes contratam o serviço com taxas de velocidades maiores, que tendem a ser mais caros e conseqüentemente uma maior receita é gerada para as prestadoras. Porém, por outro lado, este alto tráfego exige maior infraestrutura de equipamentos em toda rede desde o MSAN até o *backbone*.

Cada vez mais, inúmeras tecnologias são criadas para substituir outras, muitas vezes ainda não obsoletas. Cabe aos prestadores de serviços identificarem novas oportunidades para utilizar estas tecnologias para prover serviços agregados aos já existentes ou se for o caso substituí-los por novos produtos ou então aguardar o amadurecimento tecnológico para somente neste momento aplicá-lo em suas redes, o que pode gerar defasagem com as demais que arriscaram e aderiram às inovações.

5.1 COMPORTAMENTO CONSUMIDOR

Nos tempos atuais é extremamente importante que as prestadoras de serviços conheçam, monitorem e estudem o mercado consumidor onde atuam. Entender o que e como o cliente deseja obter o serviço ou o produto, será o sucesso ou fracasso do negócio.

Com relação ao mercado de telecomunicações, o consumidor tornou-se mais exigente nos fatores de qualidade e disponibilidade dos serviços. No ano de 2012, a ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações) começou a analisar se as operadoras estavam entregando a velocidade de banda larga contratada pelo cliente. Aconteceram 45 mil inscrições de voluntários que gostariam de participar das medições, o que demonstra a preocupação com o recebimento do serviço que foi contratado. (COMPUTERWORLD, 2012)

Os dados informados no começo do capítulo cinco, demonstram o interesse do consumidor pela mobilidade, pois 78% dos assinantes de banda larga são da telefonia móvel. Já a quantidade de planos, tanto na banda larga móvel quanto na fixa, são indicativos de flexibilidade que o consumidor cada vez exige mais, pois assim consegue adequar quanto quer consumir, com quanto quer gastar. Um exemplo de exigência de flexibilidade é o lançamento do produto de 25 Mbps da empresa GVT (Global Village Telecom). A empresa já possuía os produtos com 15 Mbps e 35 Mbps de velocidade, porém para atender a necessidades dos clientes criou um produto intermediário. (COMPUTERWORLD, 2013-1).

Flexibilidade também implica no desenvolvimento de equipamentos, pois hoje em somente um aparelho como o *smartphone*, por exemplo, é possível ouvir música, assistir televisão digital, acessar a internet, utilizá-lo como controle remoto para os demais aparelhos da casa, conectar outros aparelhos a internet entre outras diversas funções.

Devido a esta infinidade de inovações, os consumidores que antes eram considerados tradicionais e fieis a equipamentos, modelos e marcas, tornaram-se mais receptivos a esta evolução, buscando estas novidades. Outro fator que contribuiu para estas mudanças no setor de telecomunicações foi a portabilidade numérica que permitiu aos usuários a troca de operadora sem que o seu número fosse alterado. (BRANTES, 2011).

Esta mudança fez com que as operadoras buscassem produtos diferenciados e personalizados, agregando valores aos serviços convencionais para atrair este consumidor que antes estava “preso” a antiga operadora.

A popularização das redes sociais, blogs e fóruns da internet também influenciam no novo comportamento do consumidor, pois caso um serviço ou produto ofertado não tenha a qualidade esperada ou oferecida, o consumidor divulga esta informação na internet, e com uma simples busca é possível visualizá-la. Diferente de antigamente, um cliente insatisfeito tem poder de influenciar muitas pessoas, não somente ao seu redor, mas no mundo inteiro, assim como o inverso também é verdadeiro, pois ao indicar um produto na internet o *marketing* positivo tem grande efeito no poder de decisão dos consumidores. (BRANTES, 2011).

5.2 FUSÕES DE EMPRESAS DE TELECOMUNICAÇÕES (INFRAESTRUTURA x SERVIÇOS)

Com o mundo de telecomunicações cada vez mais competitivo devido a novos serviços e a abertura de mercados em segmentos que anteriormente eram exclusivos para algumas empresas, as prestadoras de serviços em segmentos iguais ou diferentes tendem a unir forças para oferecer pacotes COMBOS para facilitar as escolhas dos consumidores. Como exemplo, podemos citar o serviço de IPTV que era exclusivo para operadoras de televisão por assinatura e após aprovação da mudança da lei do cabo, as operadoras fixas de telecomunicações tiveram a permissão para oferecer TV por assinatura.

Unir forças pode significar a compra de empresas por outras empresas ou então o compartilhamento da infraestrutura ou de serviços prestados na área de telecomunicações.

Em 2005 a EMBRATEL (Empresa Brasileira de Telecomunicações) anunciou que fechou um contrato com a NET para fornecer aos seus clientes serviços de voz local, banda larga e vídeo, além de voz a longa distancia já oferecida pela operadora, utilizando a infraestrutura da NET. (COMPUTERWORLD, 2005).

Após seis anos do primeiro contrato, novo anúncio foi realizado pelas empresas EMBRATEL e NET, a junção com a operadora de telefonia móvel CLARO, o que possibilitou integrar ao serviço *triple play* já ofertado, a telefonia celular.

O novo serviço chamado de “Combo Multi” ainda possibilita aos usuários a utilização de *hotspot* e modem 3G. (COMPUTERWORLD, 2011).

No mês de Abril de 2008, a Oi informou o fechamento do contrato de compra da empresa BRASIL TELECOM, que devido à legislação do setor não permitir este tipo de operação, o contrato deveria passar pela aprovação da ANATEL e o CADE (Conselho Administrativo de Defesa Econômica). (FOLHA DE SÃO PAULO, 2007). Esta aprovação ocorreu somente no ano de 2010. (G1, 2010).

A empresa GVT foi colocada à venda em 2009 e apesar do grande interesse da empresa Telefônica na compra de suas ações, foi a empresa francesa Vivendi que assumiu o controle após a compra das ações em Novembro do mesmo ano. (O GLOBO Economia, 2009).

Em Julho de 2010 foi a vez da empresa espanhola Telefônica anunciar a compra da empresa de celular VIVO. A aprovação da ANATEL foi concedida em Setembro de 2010.

No dia 15 de Abril de 2012 a empresa Telefônica adotou definitivamente o nome VIVO para operação no Brasil, alterando inclusive todos os nomes de seus serviços. (ISTO É DINHEIRO, 2012).

Acordos entre operadoras também são realizados para oferecer novos produtos ou serviços para o consumidor. Em Janeiro de 2013, as empresas VIVO e TIM (Telecom Italia Mobile) confirmaram acordo para troca de SMS (*Short Message Service* ou mensagem de texto) a cobrar entre as operadoras. Esta troca de mensagens a cobrar já podia ser realizada entre clientes de uma mesma operadora e após este acordo as operadoras VIVO, TIM e Oi (que já tinha o acordo com VIVO e TIM) puderam utilizar esta opção de tarifação também para SMS. (COMPUTERWORLD, 2013-2).

Em maio de 2010, o governo lançou o Plano Nacional de Banda Larga (PNBL). Uma das principais ações previstas neste plano é o compartilhamento das redes *Backhaul* (conexão dos pontos das redes de acesso, também conhecido como *backbone*) existentes entre as operadoras de telecomunicações e os provedores, com o objetivo de aquecer o mercado, favorecendo a competição para forçar a baixa dos preços. (REVISTA EM DISCUSSÃO! 2011-1).

5.3 SERVIÇO TRIPLE PLAY

Triple play ou oferta tripla é o nome dado ao pacote de serviços que combina acesso à Internet banda larga, telefonia (voz) e vídeo. A necessidade de implantação deste serviço foi identificada principalmente pelas operadoras de telefonia fixa que estão enfrentando declínio em suas receitas devido às inovações que permitem, por exemplo, que chamadas de voz sejam realizadas pela rede de dados tecnologia VOIP, com novos aplicativos sem custos adicionais na conta telefônica. (BATISTA, 2007).

Tanto as operadoras de telefonia quanto as operadoras de TV por assinatura já possuem a infraestrutura final (última milha ou rede de acesso ao cliente) concluída e após adequação da rede de transmissão e rede core, é possível oferecer os serviços necessários para completar o pacote *Triple Play*.

Alguns fatores devem ser considerados para que os serviços ofertados no *triple play* possuam qualidade, um destes fatores é aplicação de QoS (*Quality of Service* ou qualidade de serviço) que permite priorizar o tipo de tráfego. Neste pacote de serviços, a voz deverá sempre ser priorizada, pois não é possível retransmitir o pacote sem que não se perceba a falha. Após priorização da voz é realizada a priorização do vídeo, e na sequência a priorização do pacote de dados. Outro fator importante é a banda ou velocidade contratada, pois como o *triple play* trabalha com IPTV, a banda necessária para assistir os canais ou visualizar os VoD é grande e deve ser adequada ao valor contratado com a operadora, pois caso contrário ocorrerá a perda de pacotes o que ocasionará um imagem sem qualidade ou quadriculada. (PROMON, 2007).

5.3.1 Voz

O serviço de voz pode ser utilizado nos pacotes tripla play com tecnologia analógica TDM, com tecnologia IP VOIP ou em sistemas mistos.

Quando o serviço é fornecido com tecnologia analógica TDM, normalmente a comunicação é realizada através da interface V5.2. Esta interface utiliza uma pilha de protocolos que comunica a central telefônica chamada de LE (*Local Exchange*) com o DSLAM ou MSAN denominado AN (*Access Network*) através de E1s que podem chegar ao máximo de 16. Ao chegar no AN este sinal é alocado

dinamicamente pelos assinantes do mesmo através do processo TDM. No usuário final é necessário um filtro de linha passa baixa para a frequência de voz que chega ao mesmo par metálico dos sinais de dados. Após passar pelo filtro é conectado um aparelho telefônico. Neste sistema, no LE, são alocados recursos físicos para estas conexões, aonde chegam os E1s e como existe o consumo de hardware existe limitação em seu uso. (GONZAGA, 2004).

Como forma de aperfeiçoar os recursos de *hardware* e de *software*, a tecnologia VOIP pode ser utilizada. Nesta tecnologia os protocolos mais comuns são os H.248 ou Megaco e SIP (*Session Initiation Protocol*). Como o VOIP utiliza a internet para transmissão da chamada, vários recursos são otimizados. Não são mais necessários recursos físicos na rede NGN (os antigos E1s) para terminar esta conexão, pois a mesma é realizada somente logicamente. O mesmo ocorre entre a transmissão e a rede de acesso onde também não são mais necessários os E1s e, na mesma conexão física, são criadas interfaces ou conexões virtuais para separar os diferentes tráfegos de voz, dados e TV. (TRONCO, 2006).

Na tecnologia VOIP, o telefone não é ligado diretamente na rede que chega da operadora e sim após o modem/roteador, pois é este CPE que consegue separar os diferentes sinais. No modem/roteador pode ser ligado o dispositivo chamado ATA (adaptador telefônico analógico) e a este dispositivo ligado o telefone analógico. Para utilização do serviço VOIP também pode ser conectado ao modem/roteador o telefone IP e o computador através de aplicativos instalados.

O sistema misto é formado pelas duas tecnologias, a TDM e o IP. Da central até o MSAN a comunicação é IP e no MSAN existe uma placa controladora que converte o sinal IP em canais TDM e no cliente o telefone analógico pode ser utilizado.

5.3.2 Comunicação de Dados Multimídia

Segundo definição da ANATEL (2013), o serviço de comunicação multimídia é um serviço fixo de telecomunicações de interesse coletivo, prestado em âmbito nacional e internacional, no regime privado, que possibilita a oferta de capacidade de transmissão, emissão e recepção de informações multimídia, utilizando quaisquer meios, a assinantes dentro de uma área de prestação de serviço.

Na rede de acesso a capacidade de transmissão de comunicação de dados está relacionada a duas características principais: o meio de transmissão do MSAN até o cliente (suporte físico) e a tecnologia utilizada (inteligência).

Analisando os meios de transmissão estudados, identifica-se que o par metálico com tecnologia VDSL aplicados no mercado atualmente, consegue atingir a velocidade máxima de 75 Mbps por cliente a uma distância do MSAN máxima de 300 metros. Já se a fibra óptica for utilizada com tecnologia GPON, esse valor pode chegar a 2,5 Gbps por cliente a uma distância de 20 Km.

Como os demais serviços (voz e TV) trafegam neste meio, é necessário realizar o cálculo da banda total que será necessária para que todos os serviços possam ser utilizados simultaneamente sem que ocorra interferência entre eles.

5.3.3 TV interativa (Digital)

Em 2006 o governo brasileiro implantou o Sistema Brasileiro de Televisão Digital Terrestre (SBTVD-T) que estabeleceu as diretrizes para a transição do sistema de transmissão analógica para o sistema de transmissão digital do serviço de radiodifusão de sons e imagens e do serviço de retransmissão de televisão. Uma das normas do sistema prevê que a transição da transmissão analógica para a transmissão digital deverá ocorrer até 2016. (MINISTÉRIO DAS COMUNICAÇÕES, 2013).

Várias emissoras já aderiram a este sistema e com a transmissão digital vários benefícios já são entregues aos telespectadores, sendo o principal a qualidade da imagem. Porém, para que o telespectador passe a ser usuário, a novidade da TV digital é a capacidade de interação com o conteúdo apresentado pelas emissoras.

A interatividade já existe há algum tempo, porém não da maneira como é proposta no modelo novo. Os usuários já interagem com os programas de TV através do telefone e da internet, onde é possível alterar o resultado do que será exibido. O novo conceito de interatividade é que estas escolhas sejam realizadas diretamente no aparelho de TV e não sejam necessários outros meios.

A TV digital gera mudança no mundo televisivo, pois os detalhes na imagem não passam despercebidos e os equipamentos que captam a imagem devem ser altamente desenvolvidos, porém ao incorporar a TV interativa, a mudança é mais

agressiva, pois o conceito de produção de conteúdo é alterado e todos os pontos envolvidos neste mundo sentem esta mudança: fabricantes, emissoras, agências de publicidade, empresas de *software* e provedores de internet.

A plataforma de TVD aberta escolhida para ser utilizada no Brasil é o *middleware* Ginga.

Middleware é uma camada de *software* posicionada entre o código das aplicações e a infraestrutura de execução (plataforma de *hardware* e sistema operacional). Um *middleware* para aplicações de TV digital consiste de máquinas de execução das linguagens oferecidas, e bibliotecas de funções, que permitem o desenvolvimento rápido e fácil de aplicações. (GINGA, 2013).

Os equipamentos que possuem o Ginga são identificados pelo selo DTVi (Televisão Digital Interativa), que garante a compatibilidade com as normas técnicas aprovadas.

Para permitir que a comunicação entre o usuário e o provedor de conteúdo seja bidirecional, deve existir um canal de retorno, pois caso contrário o usuário poderá acessar as informações do provedor, porém não poderá enviar suas informações. Neste canal trafegam os dados exclusivos de cada usuário e não os dados coletivos que o provedor envia para todos. Este canal de retorno envia as informações através da internet, o que significa que as televisões que possuem o selo devem possuir também uma entrada *ethernet* e esta comunicação não é gratuita, pois é fornecida pelos provedores de internet. (NAJAR, 2012).

Devido à falta de algumas definições do governo sobre este sistema de interatividade, e o custo desta aplicação ser elevado, ainda não existem muitas televisões com o selo DTVi. Enquanto isso os sistemas de internet TV ou também conhecida como TV conectada ganham força no mercado devido ao fato de estarem em fase mais avançada de desenvolvimento e as aplicações que podem ser baixadas ou que já estão presente nos modelos *smart* sejam diversificadas.

Outro aspecto que está em desenvolvimento contínuo com relação à televisão e envolve diretamente os provedores de IPTV, são as resoluções de imagens. Hoje os canais são transmitidos basicamente em dois padrões de TV digital, SDTV (*Standard Definition Television* ou Televisão de Definição Padrão) que possui 480 linhas (704x480 pixels progressivas ou intercaladas) sendo necessária a largura de banda de 2 Mbps e o HDTV (*High Definition Television* ou Televisão de Alta Definição) que possui 720 linhas (1.280 x 720 pixels) ou 1.080 linhas (1.920 x 1.080

pixels *Full* HDTV) e necessitam respectivamente de 8 Mbps e 10 Mbps para sua transmissão. Já existem modelos de televisões que suportam o UHDTV (*Ultra High Definition Television* ou Televisão de Ultra Alta Definição) ou também conhecida com 4k por possuir a resolução quatro vezes maior que a *Full* HD. A UHDTV possui 2.160 linhas (resolução 3.840 x 2.160 pixels) e o primeiro canal que transmitiu a imagem com esta definição foi a operadora Europeia Eutelsat Communications, dia 08 de Janeiro de 2013, e foi necessário uma banda de 40 Mbps utilizando o mesmo formato brasileiro MPEG-4. (GARCIA, 2013).

Os modelos de televisões 4k estão começando a ser lançados no mercado e ainda não existe conteúdo disponível para este padrão. O Japão prevê que em 2014 as transmissões começarão a acontecer, porém já está em desenvolvimento o novo padrão em UHDTV, o 8k, também conhecido como *Super Hi-Vision*. Este padrão possui 4.320 linhas (resolução 7.680 x 4.320 pixels) e a imagem é 16 vezes mais nítida que a HDTV. No carnaval de 2013 do Rio de Janeiro a emissora japonesa NHK, em parceria com a TV Globo, realizaram um teste para captação de imagem neste novo padrão, que será lançado no Japão em 2016. (BRAUN, 2013).

5.3.4 Cenário Nacional

O setor de telecomunicações brasileiro é fundamental para o desenvolvimento do país, pois faz parte da nossa infraestrutura e tem grande influência na área econômica. Após a privatização das empresas estatais de telecomunicações e o surgimento de novas empresas espelhos atuando em regime de competição, novos produtos e serviços surgiram, gerando vários novos empregos e a demanda por especialização na área.

A velocidade do desenvolvimento tecnológico impõe às prestadoras de serviços constantes desafios para entrega destas novas tecnologias, porém o cenário brasileiro está longe do ideal se comparado com países mais desenvolvidos.

O Plano Nacional de Banda Larga (PNBL), que oferece internet fixa a R\$ 35,00 por mês com velocidade de 1 Mbps, foi lançado em 2010 e encerrou 2012 com 1,2 milhão de usuários em 2.300 cidades. Porém, segundo analistas, este número poderia ser três vezes maior e o Ministério das Comunicações e a TELEBRAS (Telecomunicações Brasileiras S.A.) estudam duplicar a velocidade de

dados já este ano, chegando a 2 Mbps por mês e preço entre R\$ 35,00 e R\$ 40,00. (ROSA, 2013).

O Brasil ocupou o 46º lugar no *ranking* mundial de inovações tecnológicas segundo a pesquisa realizada em 2012 pela escola de negócios IMD Foundation Board (*World Competitiveness Yearbook*), e essa posição vem caindo no decorrer dos anos, pois em 2010 o Brasil ocupava o 38º lugar. (REVISTA EM DISCUSSÃO!, 2012).

Segundo a Akamai, na pesquisa divulgada dia 2 de Maio de 2012, a velocidade média da banda larga no Brasil é de 1,8 Mbps, abaixo da média mundial, que é 2,3 Mbps, e muito ainda deve ser trabalhado para que o Brasil consiga aumentar esta média e também consiga entregar velocidades acima de 100 Mbps para a população. (RODRIGUES, 2012).

No Brasil são poucas as operadora e as localidades onde é possível a entrega de 100 Mbps, e na maioria dos casos quando este serviço é entregue é através de FTTH, onde uma fibra é alocada do DSLAM ou MSAN somente para atendimento de um assinante, o que torna o serviço muito caro se comparado ao utilizar a tecnologia GPON e consequentemente inacessível aos usuários.

Algum tempo atrás também eram poucos os conteúdos que justificavam a necessidade de uma banda elevada, porém esta realidade mudou e com novos padrões de imagens, filmes, programações, jogos e aplicativos, o mercado começa a exigir maior banda para cada usuário.

5.3.4.1 Principais Operadoras no Brasil

Neste tópico serão descritas as principais operadoras que fornecem os serviços de telecomunicações para os usuários finais, bem como os meios utilizados para o fornecimento de cada serviço.

- VIVO / Telefônica – após o grupo Telefônica ter adquirido a empresa VIVO em 2010, a Telefônica optou por usar o nome VIVO para todos os seus serviços no Brasil. Devido a esta fusão, a empresa VIVO oferece os serviços de telefonia fixa através da tecnologia móvel GSM (*Global System for Mobile Communications* ou Sistema Global para Comunicações Móveis) como serviço substituto, telefonia longa distância, telefonia móvel, através de 3G ou

GSM, internet para residência através da tecnologia 3G Plus atingindo velocidade de até 3 Mbps, internet móvel através de tecnologia 3G atingindo velocidade máxima de 1 Mbps e televisão por assinatura, onde o sinal pode ser oferecido por satélite ou em algumas localidades por fibra óptica. Nesta última opção, existem pacotes COMBO de internet e TV com velocidades que variam entre 25 a 200 Mbps. (VIVO, 2013).

- Claro / EMBRATEL / NET – a união das três empresas possibilitou a oferta de pacotes COMBO com telefonia fixa, telefonia celular, internet fixa nas velocidades de 1, 10 e 20 Mbps, internet móvel com 3G Max (velocidade de até 3 Mbps) e TV por assinatura com canais SD e HD. (NET, EMBRATEL e CLARO, 2013). A TV por assinatura pode ser oferecida por sistema via satélite (Claro) ou via cabo coaxial (NET). A Claro também oferece telefonia celular através de 4G. Este serviço começou a ser oferecido no começo de 2013.
- Oi – a empresa Oi oferece serviços de telefonia fixa e internet através de pares de cobre metálicos. A internet é ofertada nas velocidades a partir de 600 Kbps até 10 Mbps, telefonia móvel através da tecnologia 3G com internet na velocidade de até 1 Mbps e TV por assinatura através de transmissão via satélite. A Oi também começou a ofertar serviços COMBO de internet e TV com fibra óptica no Rio de Janeiro nas velocidades de 50 e 200 Mbps. (OI, 2013).
- TIM – a operadora TIM oferece serviços de telefonia fixa através da tecnologia GSM como serviço substituto e serviços de telefonia celular através de GSM ou 3G. A internet móvel e para computadores também é oferecido através do 3G com velocidade que pode chegar até a 1 Mbps. (TIM, 2013).
- SKY – a operadora de TV por assinatura SKY oferece o serviço com programações diferenciadas de TV e internet para computadores através de tecnologia 4G com pacotes de velocidades de 2 e 4 Mbps no Distrito Federal. A transmissão do sinal de TV é realizada através de satélites. (SKY, 2013).

- GVT – a GVT possui serviços de telefonia fixa através de pares metálicos de cobre, serviço de internet nas velocidades de 5 a 100 Mbps com tecnologias ADSL, VDSL e FTTH (fibra óptica) e TV por assinatura através de transmissão via satélite. (GVT, 2013)
- CTBC – a empresa CTBC (Companhia de Telecomunicações do Brasil Central), pertence ao grupo brasileiro Algar e fornecem os serviços de telefonia fixa, telefonia móvel, internet banda larga através de ADSL ou 3G, comunicação de dados, TV por assinatura e soluções em tecnologia da informação. (CTBC, 2013).
- COPEL – a COPEL (Companhia Paranaense de Energia) apesar de ser uma empresa especializada em fornecer energia elétrica, não está oferecendo o serviço de internet sobre a tecnologia PLC (*Powerline Communications* ou comunicação via rede de energia elétrica), e sim sobre a rede de fibra óptica através de FTTH. A BEL Fibra foi o nome escolhido para a união das empresas COPEL e SERCOMTEL para oferecer serviços de telefonia e internet com velocidades de 20, 40, 60, 80 e 100 Mbps. O serviço por enquanto opera somente nas cidades de Curitiba e Irati. (COPEL, 2013).

5.4 CENÁRIO MUNDIAL

Muitos países já perceberam a importância da internet para o desenvolvimento socioeconômico e educacional da população e alguns inclusive fazem exigências legais para a oferta do serviço, como a velocidade de *download* que não pode ser oferecido no valor menor do que 1 Mbps, caso encontrado na Irlanda e Finlândia. (REVISTA EM DISCUSSÃO! 2011-2). No Japão, mais de 30 milhões de domicílios já possuem conexão com velocidades maiores de 100 Mbps. Os EUA lançaram em 2010 um plano nacional para banda larga com o objetivo de que no ano de 2020 a velocidade de *download* mínima no país seja de 4 Mbps. (REVISTA EM DISCUSSÃO! 2011-2).

Nos Estados Unidos, em Kansas City, a empresa Google iniciou os testes de fibra óptica com velocidade de 1 Gbps para os usuários e em breve estenderá o

serviço chamado *Fiber* para as demais cidades dos Estados Unidos. (BALDRATI, 2012).

Segundo o estudo realizado pela empresa Akamai publicado dia 02 de Maio de 2012, o país com a maior velocidade média de conexão mundial é a Coreia do Sul com 17,5 Mbps, seguida do Japão e Hong Kong empatados com 9,1 Mbps; já o Brasil, conforme apresentado no tópico 5.3.4, apresentou a velocidade média no mesmo período de 1,8 Mbps. (RODRIGUES, 2012).

6 COMPARAÇÃO ENTRE PAR METÁLICO E FIBRA ÓPTICA PARA OS SERVIÇOS TRIPLE PLAY

A fibra é um excelente meio de transmissão, se comparada com os pares de fios metálicos e apresentam inúmeras vantagens, como por exemplo, imunidade à interferência eletromagnética e baixa perda, o que acrescenta confiabilidade na transmissão dos serviços, porém sua implantação para atendimento a pequenas empresas e usuários na rede de acesso, acaba possuindo como impactante o custo. (OLIVEIRA, 2010).

Nos pares metálicos existem as perdas de transmissão à medida que o usuário está mais distante do MSAN e, a limitação de banda devido às características físicas do cabo. Utilizando VDSL e a tecnologia *Vectoring*, é possível aumentar esta banda, porém é necessário investir em novas placas para aplicação desta funcionalidade no MSAN e ao pensar na utilização do *Bonding* para dobrar a banda, além do investimento das placas no MSAN, o custo operacional também é aumentado, pois serão necessários os cadastros de mais pares de cobre para o usuário e a manutenção deve ser realizada em todos os pares, o que torna mais caro todo o processo, além da mudança dos CPEs, que para esta tecnologia tem o custo mais elevado. (ALCATEL-LUCENT, 2011).

Os pares metálicos também possuem a desvantagem do espaço que ocupam os cabos se comparados às fibras ópticas. Os cabos de cobre são bem mais robustos e pesados, o que torna novas passagens de cabos para instalações mais caras e demoradas.

Já quando se utilizam fibras ópticas para entregar os serviços para os usuários, o cuidado que deve ser tomado com o manuseio da fibra é grande, pois existe limitação do seu raio de curvatura e o material utilizado é frágil. Também são necessários SFPs para entender os sinais que são transportados na fibra e em alguns casos conversores de mídia para transformar os sinais ópticos em elétricos para que o cliente possa utilizar nos seus equipamentos. (OLIVEIRA, 2010).

A distância que a operadora consegue chegar ao cliente quando utiliza a fibra óptica é maior. No estudo realizado pela ALCATEL apresentado neste trabalho através da figura 16, mostra que em um cabo com 24 pares metálicos, é possível entregar 100 Mbps para todos os usuários em uma distância de 400 metros. Já utilizando fibra óptica com tecnologia GPON 2,5 Gbps é possível entregar 150 Mbps

para 16 usuários ou 75 Mbps para 32 usuários, pois dependerá dos níveis e *splitters* utilizados, em uma distância de 20 Km do MSAN, o que acaba tornando a quantidade de MSAN necessários para atender determinada região menor, economizando com equipamentos, energia e facilitando a operação devido à diminuição na quantidade de pontos de falha na rede.

6.1 ANÁLISE DE CASO

O estudo de caso realizado na empresa de telefonia X apresentará os motivos que levaram a operadora a optar por utilizar a fibra óptica.

A operadora X já está no mercado há 13 anos e ao começar a oferecer os serviços de telefonia fixa e ADSL utilizou o par metálico de cobre para atender seus clientes na região sul do Brasil, utilizando a topologia central telefônica e DSLAM interligados através de equipamentos de transmissão. O próximo objetivo da operadora é atender o mercado de clientes *triple play* na região de São Paulo. A operadora encontrou diversas dificuldades para penetrar no mercado de São Paulo. Como serão utilizados na rede de acesso MSAN's para atendimento dos bairros, os alugueis cobrados para instalar e manter estes equipamentos são muito altos na cidade, principalmente devido ao fato de não existir muitos locais disponíveis e a procura por estes lugares ser grande, a licença que a prefeitura deve conceder para que exista a passagem dos cabos tanto aéreo quanto terrestre é demorada e difícil, e as operadoras que serão concorrentes na cidade já possuem serviços com fibra óptica em pacotes de banda de 100 Mbps com TV em tecnologia *Full HD* e diversos serviços agregados.

A operadora X optou por utilizar um equipamento MSAN do fabricante Zhone chamado MxK 823 que tem a capacidade de comportar 18 placas de linha, sendo cada placa com 8 portas OLT com capacidade máxima de 2,5 Gbps por porta. Em cada porta da OLT será utilizado um *splitter* de 1:8 permitindo que cada usuário possa adquirir uma banda de 200 Mbps. O total de usuários atendido por este equipamento será 1152 com banda máxima de 200 Mbps, distantes no máximo 20 Km do MSAN. Este equipamento possui placa de controle e *uplink* com capacidade de 2 portas de 10 Gbps cada, podendo ser utilizadas 2 placas o que torna disponível 40 Gbps para comunicação com os demais equipamentos de rede. (ZHONE, 2012). Utilizando estes equipamentos e configurações, será possível instalar uma

quantidade menor de MSAN, economizando com alugueis e atender uma área ampla de usuários com velocidades altas.

7 CONCLUSÃO E SUGESTÕES DE NOVOS TRABALHOS

Para resolver o problema proposto neste trabalho sobre as limitações encontradas quando utiliza-se par metálico para atender serviços como triple play e as vantagens em utilizar a fibra óptica para atender o mesmo serviço, foram estudadas as características que os pares de cobre metálico e a fibra óptica possuem juntamente com as tecnologias desenvolvidas para transportar os serviços de telecomunicações. Também foram realizadas pesquisas sobre a telefonia fixa, telefonia móvel, comunicação de dados, internet, sistema de televisão digital e as principais operadoras de telecomunicações do Brasil, para identificar qual a capacidade de infraestrutura necessária para atender à demanda solicitada pelos usuários ocasionada pelo desenvolvimento tecnológico.

Como resultado, percebeu-se que a evolução tecnológica, principalmente no que referencia imagem, está demandando cada vez mais capacidade de banda. Para transmissão do padrão de imagem UHDTV 4k é necessário ocupar uma banda de 40 Mbps e ao utilizarmos outros pontos receptores, acesso a internet e telefonia VOIP simultaneamente, por exemplo, já é possível ultrapassar a banda máxima ofertada no Brasil com tecnologia VDSL sobre par metálico de cobre que é de 50 Mbps, então a solução que as operadoras que trabalham com par metálico podem e estão adotando é a migração ou implantação da fibra óptica que ainda possui algumas complicações como o custo elevado, mas é necessário para atender a estas exigências de banda que alguns serviços já exigem e que no futuro serão cada vez maiores.

Outra tendência que poderá contribuir para acelerar esta mudança são as redes de telefonia celular móveis que estão crescendo em ritmo maior que a telefonia fixa e já atingem velocidades similares às oferecidas pelas empresas fixas utilizando as tecnologias 3G e 4G.

Um dos principais fatores que deve ser analisado é a qualidade do serviço prestado, pois como as mudanças de conceito e tecnologia são grandes, existe um tempo de aprendizado dos colaboradores da empresa de “quando e de que forma fazer” o novo serviço, o que ocasiona na maioria das vezes uma experiência ruim no conceito já formado dos cliente sobre qualidade do serviço da operadora.

O setor de engenharia, que na maioria das vezes é o responsável por realizar o estudo e planejamento de novos serviços, deve mapear todo o processo, para que no momento da implantação e operação, as falhas sejam reduzidas.

Para diminuir o impacto desta mudança do cobre para a fibra e auxiliar todo o processo, as empresas podem ministrar treinamentos sobre a tecnologia GPON e fibra óptica para os colaboradores que participarão do processo. Através destes treinamentos, os benefícios da fibra poderão ser melhor explorados ao realizar a venda do serviço, a implantação e a operação do mesmo. Os sistemas utilizados na empresa também devem ser adaptados e atualizados para atender a nova tecnologia.

Outro ponto fundamental para o sucesso da mudança de tecnologia é o cadastro de toda a rede telefônica, pois este, normalmente é o item mais difícil de manter atualizado em uma empresa de telefonia fixa. Devido aos problemas que são encontrados na rede secundária dos usuários, a manobra para outro secundário é realizado frequentemente para normalizar a falha. Como este processo é de difícil automação e parte deste processo é executado pelos colaboradores, nem sempre o cadastro é mantido atualizado. O cadastro da topologia dos elementos rede de telefonia (MSAN, transmissão, switch, router entre outros) também deve estar sempre atualizado para que no momento da resolução de falhas o processo seja realizado de maneira mais rápida diminuindo o tempo de indisponibilidade do usuário.

A rede óptica de acesso instalada das operadoras até os usuários ainda é muito menor que a rede metálica, pois nenhuma das operadoras irá retirar toda a sua rede metálica e implantar uma Rede Óptica Passiva Gigabit. Neste caso o custo é elevadíssimo e inviável. Mas a tendência é que novas instalações e algumas migrações sejam realizadas para este tipo de rede para quaisquer tipos de serviços.

Como sugestões, novos estudos podem ser realizados sobre outras tecnologias PON's como 10G-PON e sobre a TV Digital e seus padrões que estão em constante desenvolvimento, assim como a arquitetura IMS que possui ampla área a ser estudada.

REFERÊNCIAS

ADRENALINE, Fórum. Entendendo um DSLAM (armário óptico, rack outdoor, ura). Disponível em: <<http://adrenaline.uol.com.br/forum/internet-redes/398585-entendendo-um-dslam-armario-optico-rack.html>>. Acesso em: 10 nov. 2012.

ALCATEL-LUCENT. Get to Fast, Faster. 2011. Disponível em: <http://www.alcatel-lucent.com/wps/DocumentStreamerServlet?LMSG_CABINET=Docs_and_Resource_Ctr&LMSG_CONTENT_FILE=White_Papers/Get_to_Fast_Faster_EN_StraWhitePaper.pdf>. Acesso em: 14 set. 2012.

ALCATEL-LUCENT. Innovations in Broadband Access: Phantom Mode. 2012. Disponível em: <<http://www.alcatel-lucent.com/features/phantom/>>. Acesso em: 14 set. 2012.

ANATEL. Comunicação Multimídia. Disponível em: <<http://www.anatel.gov.br/Portal/exibirPortalInternet.do>>. Acesso em: 11 fev. 2013.

ANTUNES, Gonçalo. Sistemas de Telecomunicações. 2002. Disponível em: <http://www.img.lx.it.pt/~mpq/st04/ano2002_03/trabalhos_pesquisa/T_2/cap2.htm>. Acesso em: 10 jun. 2012.

BALDRATI, Breno. Gazeta do povo: Internet de 1 GB. Quando chega?, 01 out. 2012. Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br/tecnologia/conteudo.phtml?tl=1&id=1302431&tit=Internet-de-1-GB-Quando-chega>>. Acesso em: 17 fev. 2013.

BASTOS, Michele Perpetuo Chequetto Hemerly; GARCIA, Edmilson Figueiredo. Acesso xDSL. Universidade Federal Fluminense, 2009. Disponível em : <<http://www.midiacom.uff.br/~deboraredes1/pdf/trab042/XDSL.pdf>>. Acesso em: 08 ago. 2012.

BATISTA, Cristiane do Rocio. **Triple Play**: Evolução Natural de Serviços Convergentes de Telefonia Fixa. 2007. 35 f. Monografia (Especialização em Teleinformática e Redes de Computadores). Programa de Pós-Graduação em Teleinformática e Redes de Computadores, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

BISQUOLO, Paulo Augusto. Reflexão total da luz. Disponível em: <<http://educacao.uol.com.br/planos-de-aula/medio/fisica-reflexao-total-da-luz.htm>>. Acesso em: 10 jun. 2012.

BRANTES, Gustavo de Castro. **Comportamento do consumidor brasileiro de telefonia móvel diante da portabilidade numérica**: uma análise a partir da perspectiva dos especialistas do setor de telecomunicações. 2011. 100 f. Dissertação (Mestre em Sistemas de Gestão). Curso de Mestrado em Sistemas de Gestão, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2011. Disponível em: <http://www.btdt.ndc.uff.br/tde_arquivos/14/TDE-2011-08-02T150252Z-3038/Publico/Dissertacao%20%20Gustavo%20Brantes.pdf>. Acesso em 05 jan. 2013.

BRAUN, Daniela. G1.com: Globo e NHK testam nova tecnologia de televisão ultra HD no carnaval, 04 fev. 2013. Disponível em: <<http://g1.globo.com/carnaval/2013/noticia/2013/02/globo-e-nhk-testam-nova-tecnologia-de-televisao-ultra-hd-no-carnaval.html>>. Acesso em: 15 fev. 2013.

CARVALHO, Tiago José Mónica. **Uso das camadas físicas e de acesso para mapeamento de redes PON**. 2009. 73 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Electrónica e Telecomunicações). Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10773/2122>>. Acesso em: 08 jun. 2012.

COMPUTERWORLD. Embratel anuncia oferta residencial triple play, 23 nov. 2005. Disponível em: <<http://computerworld.uol.com.br/telecom/2005/11/23/idgnoticia.2006-05-15.4651757858/>>. Acesso em 06 fev. 2013.

COMPUTERWORLD. Claro, Embratel e Net integram redes e lançam plano único, 05 out. 2011. Disponível em: <<http://computerworld.uol.com.br/telecom/2011/10/05/claro-embratel-e-net-integram-redes-e-lancam-plano-unico/>>. Acesso em 06 fev. 2013.

COMPUTERWORLD. Projeto de medição da internet atrai 45 mil voluntários, 13 Set. 2012. Disponível em: <<http://computerworld.uol.com.br/telecom/2012/09/13/projeto-de-medicao-da-internet-atrai-45-mil-voluntarios/>>. Acesso em: 31 jan. 2013.

COMPUTERWORLD, 2013-1; GVT reforça apostas em banda larga e lança conexão de 25 Mbps, 04 jan. 2013. Disponível em: <<http://computerworld.uol.com.br/telecom/2013/01/04/gvt-reforca-apostas-em-banda-larga-e-lanca-conexao-de-25mbps/>>. Acesso em: 01 fev. 2013.

COMPUTERWORLD, 2013-2, Vivo e TIM fazem acordo para troca de SMS a cobrar, 04 jan. 2013. Disponível em: <<http://computerworld.uol.com.br/telecom/2013/01/04/vivo-e-tim-fazem-acordo-para-troca-de-sms-a-cobrar/>>. Acesso em: 09 fev. 2013.

COPEL. Site da empresa COPEL. Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/telecom/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Ftelecom%2Fpagcopel2.nsf%2Fdocs%2F9F96DD1B53924BA703257A78004DE341>>. Acesso em: 18 fev. 2013.

CTBC. Site da operadora CTBC. Disponível em: <<http://www2.algartelecom.com.br/portifolio/>>. Acesso em: 18 fev. 2013.

ELETRONICA.ORG. Inst. Elétricas: Tabela AWG. Disponível em: <<http://www.eletronica.org/modules.php?name=News&file=article&sid=112>>. Acesso em: 10 jun. 2012.

FERREIRA, Catarina. Fibras Ópticas, 2011. Disponível em: <http://www.notapositiva.com/pt/trbestbs/fisica/12_fibras_opticas_d.htm>. Acesso em: 10 jun. 2012.

FERREIRA, Érico José. Redes de Dados e Comunicações, 2010. Disponível em: <http://www.ericonet.com.br/admin/material/Redes_de_Dados_e_Comunicacoes.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2012.

FIBERCAN, Fiber Optical Passive Components – site da empresa. Disponível em: <<http://www.fibercanoptics.com/product-1.html>> . Acesso em: 28 nov. 2012.

FILHO, Huber Bernal. Teleco: Tutoriais Banda Larga, 02 abr. 2007. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialdsl2/default.asp>>. Acesso em: 27 ago. 2012.

FOLHA DE SÃO PAULO. Oi anuncia compra da Brasil Telecom por R\$ 5,8 bilhões, 25 abr. 2007. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/dinheiro/ult91u395747.shtml>>. Acesso em 09 fev. 2013.

FONTES, Bruno Marins. **Redes Ópticas Passivas**: novo conceito nas redes de acesso. 2008. 46 f. Monografia (Especialização em Teleinformática e Redes de Computadores). Programa de Pós-Graduação em Teleinformática e Redes de Computadores, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

G1 – Economia e Negócios. Cade aprova compra da Brasil Telecom pela Oi, 20 out. 2010. Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia-e-negocios/noticia/2010/10/cade-aprova-compra-da-brt-pela-oi-com-restricoes.html>>. Acesso em 09 fev. 2013.

GARCIA, Augusto. Info EXAME: Primeiro canal Ultra HD é lançado na Europa, 14 jan. 2013. Disponível em: <<http://info.abril.com.br/noticias/tecnologia-pessoal/primeiro-canal-ultra-hd-e-lancado-na-europa-14012013-17.shl>>. Acesso em: 13 fev. 2013.

GARNIER, Guilherme Pastor. **DSL - Digital Subscriber Line**, 2003. Trabalho apresentado a disciplina Redes de Computadores I. Universidade Federal do Rio de

Janeiro. Disponível em: <http://www.gta.ufrj.br/grad/03_1/dsl/principal.htm>. Acesso em: 07 jul. 2012.

GINGA, Sobre o Ginga. Disponível em: <<http://www.ginga.org.br/pt-br/sobre>>. Acesso em: 13 fev. 2013.

GONZAGA, Diaulas Hedin. Interfaces V5.2 – Tutoriais TELECO, 02 ago. 2004. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialinterface/default.asp>>. Acesso em: 10 ago. 2012.

GVT. Apresentação GPON, Curitiba 23 jul. 2012.

GVT. Site da operadora GVT. Disponível em: <<http://www.gvt.com.br/portal/siebel8/residencial/index.jsp>>. Acesso em: 18 fev. 2013.

HAMANN, Renan; Como funciona a fibra ótica, 29 abr. 2011. Disponível em: <<http://www.tecmundo.com.br/infografico/9862-como-funciona-a-fibra-otica-infografico-.htm>>. Acesso em: 26 nov. 2012.

HENZ, Leandro. **Proposta e implementação de arquitetura para identificação física e lógica de acessos banda larga utilizando tecnologia ADSL**. 2008. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10482/1682>>. Acesso em: 09 jul. 2012.

INFO Escola. Refração. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/fisica/refracao/>>. Acesso em: 10 jun. 2012.

ISTO É DINHEIRO. Sai Telefônica, entra Vivo, n. 756, 30 mar. 2012. Disponível em: <http://www.istoedinheiro.com.br/noticias/80475_SAI+TELEFONICA+ENTRA+VIVO>. Acesso em: 09 fev. 2013.

MINISTÉRIO DAS COMUNICAÇÕES, TV Digital. Disponível em: <<http://www.mc.gov.br/acoes-e-programas/tv-digital>>. Acesso em: 11 fev. 2013.

NAJAR, Aron Jorge Cruz. TELECO - Interatividade da TV Digital – II, 20 ago. 2012. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialinttvd2/default.asp>>.

Acesso em: 14 jan. 2013

NASCIMENTO, José Raimundo Cristóvam. TV Digital, OTT, e Convergência na era da internet móvel. III Seminário de Telecomunicações e Radiodifusão Avançadas da Universidade Federal Fluminense, mai. 2012. Disponível em: <http://www.telecomuff.com/uploads/6/9/4/8/6948141/uff_palestra_-_tv_digital_ott_e_convergencia_na_era_da_internet_mvel.pdf>. Acesso em 14 dez. 2012.

NET, EMBRATEL e Claro. Pacotes Combo Multi. Disponível em: <<http://www.combomulti.com.br/home#!/pacote-02>>. Acesso em: 18 fev. 2013.

NETO, Pedro de Alcântara. Redes de Acesso, 15 mai. 2012. Disponível em: <<https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=cG9saS5icnxwcm9mLXBIZHJvLWRILWFsY2FudGFyYS1uZXRvfGd4OjFiNTRjZmlyMzMyOTc1MWM>>. Acesso em 20 fev. 2013.

O GLOBO Economia. Vivendi surpreende e compra controle da GVT em negociação privada, 13 nov. 2009. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/economia/vivendi-surpreende-compra-controle-da-gvt-em-negociacao-privada-3156348>>. Acesso em: 09 fev. 2013.

OI. Site da operadora Oi. Disponível em: <<http://www.oi.com.br/oi/oi-para-voce>>. Acesso em: 18 fev. 2013.

OLIVEIRA, Patrícia Beneti. TELECO: Seção: Tutoriais Redes Ópticas, Fibra Óptica II: Considerações finais, 29 nov. 2010. Disponível em: <http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialsolfo2/pagina_6.asp>. Acesso em: 19 fev. 2013.

PEREIRA, Rafael José Gonçalves; Fibras Ópticas e WDM, 2008. Disponível em: <http://www.gta.ufri.br/grad/08_1/wdm1/index.html>. Acesso em: 28 nov. 2012.

PINHEIRO, José Mauricio. Aula 2 – Cabeamento Metálico, 2010. Disponível em: <http://www.projeteredes.com.br/aulas/ugb_infraestrutura/UGB_apoio_aula2_Cabeamento_Metalico.pdf>. Acesso em: 15 out. 2012.

PROMON, Business & Technology Review. *Triple Play*: Um fenômeno sem volta na indústria de telecomunicações, 2007. Disponível em: <http://www.promon.com.br/portugues/noticias/download/Triple%20play_10.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2012.

REVISTA EM DISCUSSÃO!, 2011-1; PNBL, ano 2, n. 6, 14 fev. 2011. Disponível em: <<https://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/banda-larga/pnbl.aspx>>. Acesso em: 04 fev. 2013.

REVISTA EM DISCUSSÃO!, 2011-2; Banda larga no mundo, ano 2, n. 6, 14 fev. 2011. Disponível em: <<https://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/banda-larga/banda-larga-no-mundo.aspx>>. Acesso em: 18 fev. 2013.

REVISTA EM DISCUSSÃO!. Indicadores de inovação tecnológica no mundo: a posição do Brasil nos rankings, ano 3, n. 12, 07 nov. 2012. Disponível em: <<http://www.senado.gov.br/NOTICIAS/JORNAL/EMDISCUSSAO/inovacao/inovacao-tecnologica-no-mundo-brasil.aspx>>. Acesso em: 19 fev. 2013.

RIBEIRO, Rafael Vendrell. Passive Optical Network (PON), 2008. Disponível em: <http://www.gta.ufri.br/ensino/eel879/trabalhos_vf_2008_2/rafael_ribeiro/index.html>. Acesso em: 10 jun. 2012.

RODRIGUES, Renato. IDGNOW!: Velocidade média da banda larga no Brasil é 10% da sul-coreana, 02 mai. 2012. Disponível em: <<http://idgnow.uol.com.br/internet/2012/05/02/velocidade-media-da-banda-larga-no-brasil-e-10-da-sul-coreana/>>. Acesso em: 05 mar. 2013.

ROUTERLINK, IT Solutions. What Kind of Ethernet (Cat-5/e/6/a) Cable Should I Use?. Disponível em: <<http://www.howtogeek.com/70494/what-kind-of-ethernet-cat-5e6a-cable-should-i-use/>>. Acesso em: 10 jun. 2012.

SADOYAMA, Nelson Noboru. **Tecnologia xDSL**.2004. 46f. Monografia (Especialização em Redes de Computadores e Comunicação de dados). Programa de Pós-Graduação em Redes de Computadores e Comunicação de dados, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2004. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/59552239/21/High-Bit-Rate-Digital-Subscriber-Line-2nd-Generation-%E2%80%93-HDSL2>>. Acesso em: 27 ago. 2012.

SILVA, Guilherme Enéas Vaz; FERREIRA, Rafael Jales Lima. Análise das principais arquiteturas em redes ópticas passivas, 2011. Disponível em: <<http://www.sbmac.org.br/dincon/2011/files/articles/104.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2012.

SKY. Site da operadora SKY. Disponível em: <<http://www.sky.com.br/institucional/Home/Default.aspx>>. Acesso em: 18 fev. 2013.

SOLID Systems. True WDM-PON, BlueCross 1600. Disponível em: <http://www.solidsystems.co.kr/products_bluecross1600.htm>. Acesso em: 10 jun. 2012.

TAKEUTI, Paulo. Projeto e dimensionamento de redes ópticas passivas (PONs), 2005. 85 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18133/tde-22092005-205226/pt-br.php>>. Acesso em: 08 jun. 2012.

TELEBRASIL. Acessos em banda larga ultrapassam 89 milhões em novembro, 21 dez. 2012. Disponível em: <<http://www.telebrasil.org.br/sala-de-imprensa/releases/2921-acessos-em-banda-larga-ultrapassam-89-milhoes-em-novembro>>. Acesso em: 15 jan. 2013.

TELECO. O que é um MVNO, 23 abr. 2010. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/mvno.asp>>. Acesso em: 15 dez. 2012.

TIM. Site da operadora TIM. Disponível em: <<http://www.tim.com.br/pr/para-voce/>>. Acesso em: 18 fev. 2013.

TRONCO, Tania Regina. Redes de nova geração: A Arquitetura de Convergência do IP, Telefonia e Redes Ópticas. Editora Érica, 2006.

VEDOR, Luis. Guia PC Tecnologia sem Limites. Vendas de smartphones com tecnologia LTE triplicam em 2013, 20 dez. 2012. Disponível em: <<http://pcguia.sapo.pt/2012/12/20/vendas-de-smartphones-com-tecnologia-lte-triplicam-em-2013/>>. Acesso em: 15 jan. 2013.

VIVO. Site da Operadora VIVO. Disponível em: <<http://www.vivo.com.br/portalweb/appmanager/env/web>>. Acesso em: 18 fev. 2013.

WEB, Colégio. Índice de refração. Disponível em: <<http://www.colegioweb.com.br/fisica/indice-de-refracao.html>>. Acesso em: 10 jun. 2012.

WIEZBICKI, Patrícia. Projeto de Fibra Óptica na rede telefônica. 2004. 70 f. Monografia (Especialização em Teleinformática e Redes de Computadores). Programa de Pós-Graduação em Teleinformática e Redes de Computadores, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

WIKIPEDIA-1. Fiber to the x. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Fiber_to_the_x>. Acesso em: 26 nov. 2012.

WIKIPEDIA-2. PON. Disponível em: <<http://ca.wikipedia.org/wiki/PON>>. Acesso em: 26 nov. 2012.

ZHONE, Site da empresa ZHONE. Disponível em: <<http://www.zhone.com/>>. Acesso em: 10 jun. 2012.