



**FACULDADE DE TECNOLOGIA ALCIDES MAYA –
AMTEC CURSO TECNOLÓGICO EM REDES**

LENNON DA CRUZ CORTES

PROJETO DE UMA REDE GPON IMPLEMENTADA

**Porto Alegre
2020**

LENNON DA CRUZ CORTES¹

PROJETO DE UMA REDE GPON IMPLEMENTADA

Projeto de Pesquisa para conclusão da
disciplina de Projeto II da Faculdade de
Tecnologia Alcides Maya – AMTEC

Orientador: Prof. Esp. João Padilha Moreira²

Porto Alegre

2020

¹ Acadêmico do Curso Superior em Redes de Computadores - email: lennon.cortes@alcidesmaya.edu.br

² Professor do Curso Superior em Redes de Computadores - email: lennon.cortes@alcidesmaya.edu.br

AGRADECIMENTOS

Gostaria de começar agradecendo a Deus, que me permitiu sempre seguir em frente e lutar pelos meus ideais.

A minha mãe, eterna guerreira, que mesmo com todas as dificuldades que enfrentou na vida conseguiu dar uma educação de qualidade para mim e para meus irmãos, e que foi quem mais acreditou no meu potencial, me apoiando sempre!

Aos meus amigos e colegas por me ajudarem de alguma forma nessa caminhada, com algum conselho ou incentivo.

Agradecer minha irmã por ser um exemplo na minha vida, de superação, e dedicação. Pois passou por vários obstáculos mesmo assim continua firme e forte e de cabeça erguida.

E aos professores, que participaram ativamente e contribuíram para que este projeto fosse concluído.

DEDICATÓRIA

Deixo aqui meu agradecimento a todos os envolvidos, que de alguma forma contribuíram para que essa ideia se tornasse possível e aproveito para dedicar este trabalho para meus familiares que foram os responsáveis por me darem apoio a todos os momentos, por serem meu exemplo de integridade.

RESUMO

O seguinte tema do trabalho de conclusão de curso surgiu, diante da necessidade que temos no nosso cotidiano, a entrega de serviços de telecomunicações mais completos, maior largura de banda, segurança, assim este trabalho surge com a implantação de uma rede óptica. Abordando e demonstrando os principais aspectos dos sistemas de comunicação via fibra óptica Gigabit Passive Optical Network (GPON), adotando-se a topologia Fiber To The Home (FTTH), mostrando suas vantagens e desvantagens. Além de uma ilustração prática com a apresentação de um estudo da implementação, mostrando a parte prática de uma rede de acesso via fibra óptica. Será mostrado a fibra óptica em si, o comportamento da luz e como ela se propaga, os tipos de fibra óptica e as possíveis perdas, atenuações, principais equipamentos usados numa rede Passive Optical Network (PON).

Palavras-chaves: fibra optica, rede, GPON.

ABSTRACT

The following theme of the course conclusion work came up, given the need we have in our daily lives, the delivery of more complete telecommunications services, greater bandwidth, security, so this work arises with the implementation of an optical network. Addressing and demonstrating the main aspects of communication systems via Gigabit Passive Optical Network (GPON) optical fiber, adopting the Fiber To The Home (FTTH) topology, showing its advantages and disadvantages. In addition to a practical illustration with the presentation of a study of the implementation, showing the practical part of an access network via optical fiber. It will be shown the optical fiber itself, the behavior of light and how it propagates, the types of optical fiber and the possible losses, attenuations, main equipment used in a Passive Optical Network (PON).

Keywords: optical fiber, network, GPON.

RESUMEN

El siguiente tema del trabajo de conclusión del curso surgió, dada la necesidad que tenemos en nuestro día a día, la entrega de servicios de telecomunicaciones más completos, mayor ancho de banda, seguridad, por lo que este trabajo surge con la implementación de una red óptica. Abordar y demostrar los aspectos principales de los sistemas de comunicación vía fibra óptica Gigabit Passive Optical Network (GPON), adoptando la topología Fiber To The Home (FTTH), mostrando sus ventajas y desventajas. Además de una ilustración práctica con la presentación de un estudio de implementación, mostrando la parte práctica de una red de acceso vía fibra óptica. Se mostrará la propia fibra óptica, el comportamiento de la luz y cómo se propaga, los tipos de fibra óptica y las posibles pérdidas, atenuaciones, equipos principales utilizados en una Red Óptica Pasiva (PON).

Palabras clave: fibra óptica, red, GPON.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução do consumo de dados no Brasil	12
Figura 2 – Estrutura de uma fibra	16
Figura 3 – Fibra Multimodo	17
Figura 4 – Fibra Monomodo	18
Figura 5 – Sistema de Transmissão	20
Figura 6 – Comprimento de Onda	20
Figura 7 – Infraestrutura Rede PON	21
Figura 8 – Imagem de uma OLT	22
Figura 9 – Imagem de uma OLT	22
Figura 10 – Imagem de uma ONT	23
Figura 11 – Imagem entrada/saída de uma ONT	23
Figura 12 – Ilustração de um Splitter	24
Figura 13 – Ilustração de uma rede com CTO Conectorizada	25
Figura 14 – Imagem de uma CTO	25
Figura 15 – Imagem de uma Caixa de Emenda	26
Figura 16 – Imagem de uma bandeja interna de uma Caixa de Emenda	27
Figura 17 – Imagem de uma caixa para uso interno	28
Figura 18 – Imagem de uma caixa para uso interno	28
Figura 19 – Ilustração dos Cordões Ópticos	29
Figura 20 – Ilustração de um Orçamento de Potencia	30
Figura 21 – Ilustração do Cálculo de Orçamento Óptico	31

LISTA DE SIGLAS

PON	Passive Optical Network
GPON	Gigabit Passive Optical Network
FTTX	Fiber To The X
FTTH	Fiber To The Home
FTTA	Fiber To The Apartment
FTTB	Fiber To The Building
FTTC	Fiber To The Curb
FTTN	Fiber To The Node
WWW	World Wide Web
IPTV	Internet Protocol Television
IOT	Internet of Things
OLT	Optical Line Terminal
ONT	Optical Network Terminal
ONU	Optical Network Unit
VOIP	Voice Over Internet Protocol
HDTV	High Definition Television
DIO	Distribuidor Interno Óptico
CWDM	Coarse Wavelength Division Multiplexing
DWDM	Dense Wavelength Division Multiplexing
ATM	Asynchronous Transfer Mode
TDM	Time Division Multiplexing
ISDN	Integrated Services Digital Network
XDSL	X Digital Subscriber Line
APON	Asynchronous Passive Optical Network
BPON	Broadband Passive Optical Network
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
ADSL	Assymetrical Digital Subscriber Line
VDSL	Very-high-bit-rate Digital Subscriber Line

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
OBJETIVO	13
METODOLOGIA	14
Fundamentação teórica	15
SISTEMAS DE COMUNICAÇÕES ÓPTICAS	15
ELEMENTOS DE UMA REDE ÓPTICA	16
Fibra Óptica	16
Fibras multimodo	17
Fibras monomodo	18
Componentes da rede PON	21
Terminal de linha ótica (OLT)	22
Terminal de rede ótica (ONU)	23
Splitter	24
Caixa de terminação ótica conectorizada (CTO)	25
Caixas de emenda	26
Caixas para uso interno	28
Cordão ótico	29
ORçoamento de potência	30
Calculo do orçamento optico	31
Arquitetura PON	32
Tipos de Rede Óptica Passiva	34
TIPOS DE ACESSO VIA FIBRA ÓPTICA	37
DISCUSSÕES E CONCLUSÕES	39
REFERÊNCIAS:	40

INTRODUÇÃO

Evolução da internet e demanda de dados

A internet, ao longo dos anos, vem se desenvolvendo cada vez mais. Praticamente todos os anos aparecem novas atividades que podem ser feitas por meio dela, seja pesquisas sobre algo, downloads de uma música ou fazer uma compra online. Porém, nem sempre foi assim, no começo de sua existência.

A criação da rede, que conhecemos hoje como internet, aconteceu por volta dos anos 60. Sua criação se deu por meio das agências de defesa dos EUA, que tiveram a ideia de criar uma rede confiável, voltado para os militares e os acadêmicos, que continuasse funcionando mesmo em época de guerra. A intenção era que cada equipamento conectado pudesse operar de maneira "autônoma". Caso alguma parte da rede fosse afetada, todo o resto podia continuar em operação. A partir daí, criou-se a ARPANET.(FELIPE, 2013)

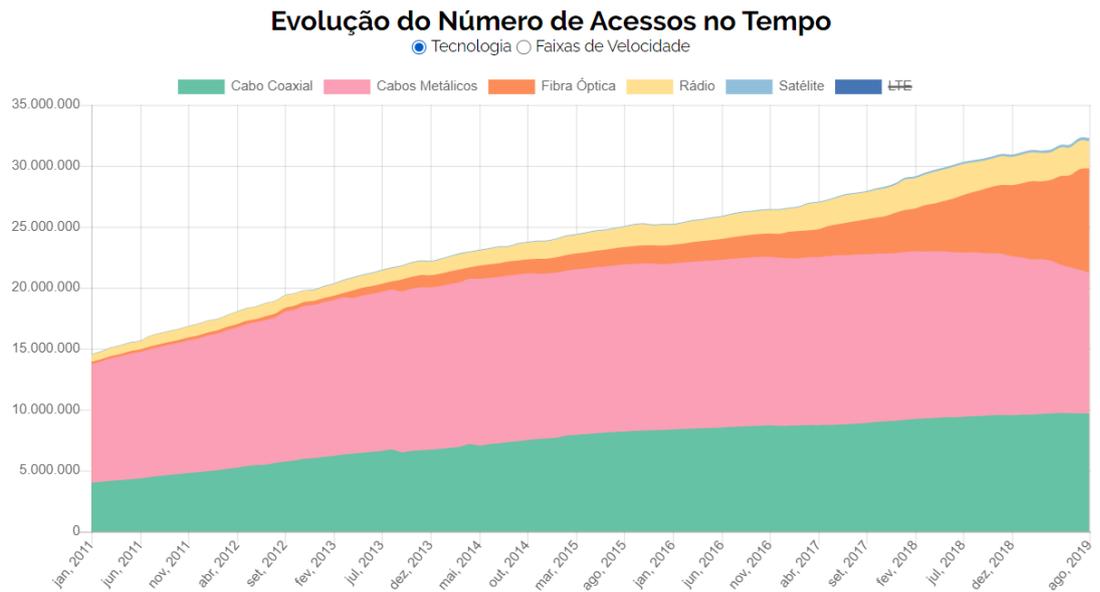
Naquela época, as primeiras redes de computadores tinham o único objetivo de interligar diversos institutos através de cabos. Poucas atividades eram realizadas, resumindo-se a troca de mensagens e transferência de arquivos. Alguns anos depois, o público em geral já começava a ter acesso a essa rede, utilizando-se da internet discada, que era acessada por meio da linha telefônica, como o próprio nome sugere. A velocidade de conexão ainda era bastante lenta, o que fazia com que a grande maioria das informações contidas na internet fossem somente páginas de texto.

A criação do World Wide Web (WWW) possibilitou o acesso de conteúdos multimídia na internet. Dessa forma o usuário final começava a ter acesso a imagens, vídeos e músicas. Serviços como videoconferência, downloads de vídeo, música, entre outros, causaram uma grande expansão no uso de internet nos anos 2000. Mais recentemente, com a popularização dos smartphones associado com o nascimento das redes sociais, aplicativos de troca de mensagens instantâneas, streaming de vídeos, jogos, Internet Protocol Television (IPTV), Internet of Things (IoT), causaram mais uma grande mudança na forma de utilizar a internet.

Com essa evolução e demanda vem exigindo meios de comunicação cada vez mais rápidos e eficientes.

A fibra ótica vem surgindo como um meio eficiente, eficaz, constituído de matéria prima abundante e barata, o que a torna um meio de comunicação com um excelente custo benefício, além de suportar toda essa demanda. Evolução do consumo de dados no Brasil entre 2011-2019. Note que o crescimento de consumo de dados e principalmente o aumento da fibra optica nos últimos anos.

Figura 1 – Evolução do consumo de dados no Brasil



Fonte: ANATEL(2020)

OBJETIVO

Realizar uma análise da tecnologia GPON, com objetivo de demonstrar através de um projeto, a solução para serviços de telecomunicações. Apresenta-se a necessidade de oferecer serviços de uma rede convergente, que oferece aos clientes a possibilidade de entrega de dados, voz e vídeo em uma mesma transmissão.

Foi realizado o levantamento bibliográfico dos tipos de redes GPON, e os componentes que formam a rede.

Nas topologias de FTTX, no FTTA, FTTB e FTTH foi constatado que estes modelos podem ser considerados muito semelhantes, a diferença é na abordagem até o usuário final, pois cada topologia possui suas características de abordagem.

METODOLOGIA

O trabalho de pesquisa compreende um estudo de caso, que será desenvolvido para o atendimento a um condomínio residencial que irá utilizar os serviços de uma operadora de telecomunicações no formato Triple Play (Voz, Dados e Vídeo). Tal serviço visa o crescimento da base de clientes e a oferta de serviços de próxima geração, através de uma única fibra óptica por meio da multiplexação da informação. O projeto será desenvolvido a partir da central até a residência do cliente.

O método utilizado para alcançar os resultados pode ser resumido em duas partes. A primeira será o levantamento bibliográfico para fundamentação teórica e conhecimento das tecnologias abordadas, onde serão estudados os modelos de redes de fibra óptica até o cliente (FTTx), os quais apresentarão diferentes formas de fornecimento desta tecnologia.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo iremos abordar a fundamentação teórica de um sistema de comunicação óptica, descrevendo os elementos básicos de uma rede óptica, as técnicas de modulação e multiplexação envolvida, os tipos de redes ópticas e as formas de acesso via fibra óptica.

SISTEMAS DE COMUNICAÇÕES ÓPTICAS

Sistemas de comunicações ópticas são sistemas de transmissão que utilizam a luz para transferência de informação. Em um sistema básico, tem-se o transmissor, que é constituído por um dispositivo que converte o sinal do domínio elétrico para o domínio óptico, o meio de transmissão, que guia a luz até o receptor, e o próprio receptor, que é responsável por converter o sinal do domínio óptico para o domínio elétrico (FILHO, 2010).

A fibra óptica determinou um marco histórico na evolução dos sistemas de comunicações. As fibras ópticas, que são estruturas finas e flexíveis constituídas de vidro ou plástico, permitem propagar o sinal de informação utilizando ondas de luz por longas distâncias (FILHO, 2010).

Atualmente, sistemas de comunicações ópticas utilizando fibras ópticas compõem a tecnologia que pode prover a maior banda de transmissão entre os sistemas de transmissão conhecidos atualmente.

Por esse e vários outros fatores, a comunidade científica internacional investe muita atenção nesta área, pois os sistemas de comunicações ópticas ainda possuem um grande potencial para novas descobertas e desenvolvimento (FILHO, 2010).

ELEMENTOS DE UMA REDE ÓPTICA

Um sistema de comunicação por fibra óptica é constituído por elementos básicos como transmissor, compreendendo a fonte de luz e o circuito de modulação associado, um cabo óptico, oferecendo proteção ambiental e mecânica às fibras ópticas nele contidas, e um receptor, englobando o fotodetector mais o circuito associado de amplificação e regeneração do sinal.

FIBRA ÓPTICA

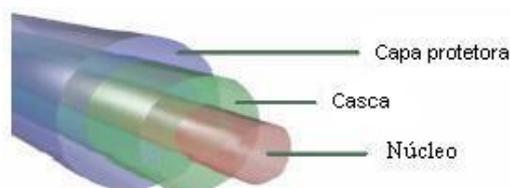
A fibra ótica foi inventada pelo físico indiano Narinder Singh Kanpany, a partir de um Fotofen, objeto que convertia sinais óticos utilizando a luz do Sol e lentes montadas em um transdutor que vibrava ao entrar em contato com o som. Os primeiros experimentos utilizando fibra ótica ocorreram em 1930 na Alemanha (CURSO FIBRA OPTICA, 2014).

Usadas para carregar sinais digitais na forma de pulsos de luz modulados, a fibra ótica é um guia de onda dielétrico com estrutura cilíndrica e seção circular reta. Ao longo do comprimento da fibra ótica a estrutura e distribuição, em geral, são uniformes (RIBEIRO, 2003).

Fibras ópticas, simplificada, são fios que conduzem a potência luminosa injetada pelo emissor de luz, até o fotodetector. São estruturas transparentes, flexíveis, geralmente compostas por dois materiais dielétricos, tendo dimensões próximas a de um fio de cabelo humano (PEREIRA, 2008).

Há uma região central na fibra ótica, por onde a luz passa, que é chamada de núcleo. O núcleo pode ser composto por um fio de vidro especial ou polímero que pode ter apenas 125 micrômetros de diâmetro nas fibras mais comuns e dimensões ainda menores em fibras mais sofisticadas (PEREIRA, 2008).

Figura 2 – Estrutura de uma fibra



Fonte: PEREIRA (2008)

Os cabos de fibra óptica utilizam o fenômeno da refração interna total para transmitir feixes de luz a longas distâncias. Um núcleo de vidro muito fino, feito de sílica com alto grau de pureza é envolvido por uma camada (também de sílica) com índice de refração mais baixo, chamada de cladding, o que faz com que a luz transmitida pelo núcleo de fibra seja refletida pelas paredes internas do cabo. Com isso, apesar de ser transparente, a fibra é capaz de conduzir a luz por longas distâncias, com um índice de perda muito pequeno (MORIMOTO, 2008).

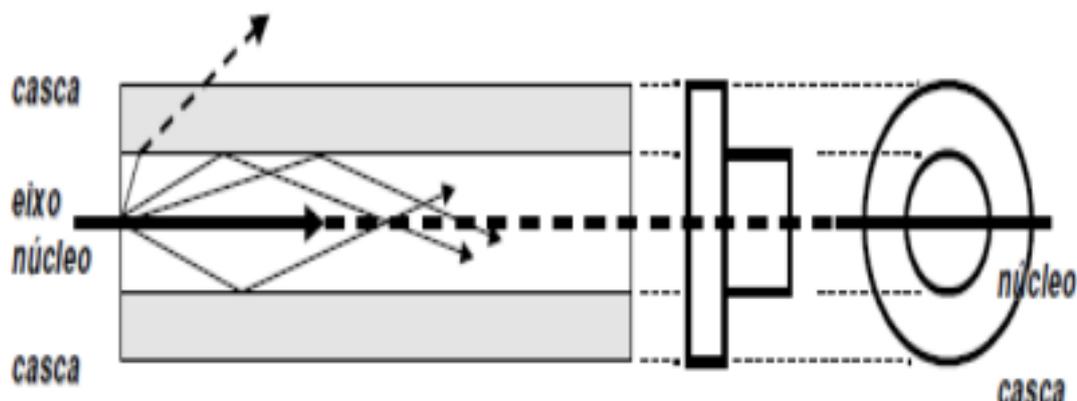
O núcleo e o cladding são os dois componentes funcionais da fibra óptica.

Eles formam um conjunto muito fino (com cerca de 125 microns, ou seja, pouco mais de um décimo de um milímetro) e frágil, que é recoberto por uma camada mais espessa de um material protetor, que tem a finalidade de fortalecer o cabo e atenuar impactos chamado de coating, ou buffer. O cabo resultante é então protegido por uma malha de fibras protetoras, composta de fibras de kevlar (que têm a função de evitar que o cabo seja danificado ou partido quando puxado) e por uma nova cobertura plástica, chamada de jacket, ou jaqueta, que sela o cabo.

FIBRAS MULTIMODO

São aquelas onde o diâmetro do núcleo (normalmente 50 ou 62,5 μm) permite que a luz tenha vários modos de propagação. Essas fibras podem também ser classificadas em índice gradual ou degrau dependendo da variação do índice de refração entre o núcleo e a casca. (FURUKAWA, 2010).

Figura 3 – Fibra Multimodo

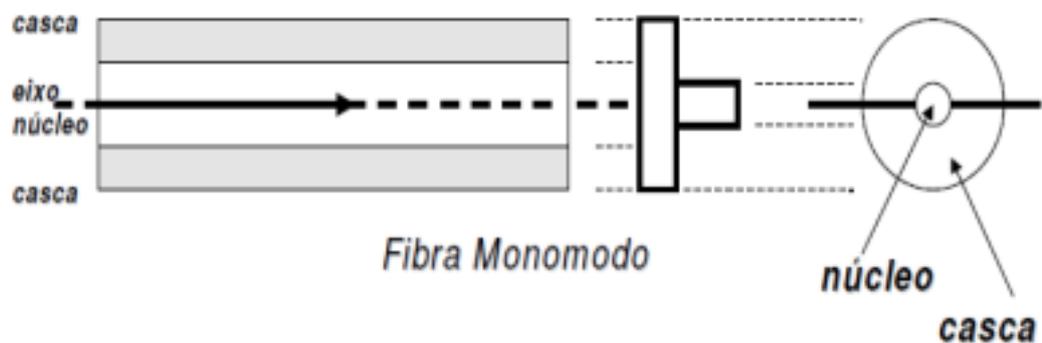


Fonte Furukawa (2010)

FIBRAS MONOMODO

Possuem menor diâmetro de núcleo (normalmente 8 a 10 μ m), e requerem conectores de maior precisão e dispositivos de alto custo e foram desenvolvidas para aplicações que envolvam grandes distâncias e elevadas taxas (CURSO FIBRA OPTICA, 2014). Também podem ser classificadas quanto ao índice de refração do núcleo em relação a casca, em índice degrau (padrão G-652) e há variações tais como: dispersão (FURUKAWA, 2010).

Figura 4 – Fibra Monomodo



Fonte: Furukawa (2010)

Existem alguns fatores inerentes às fibras óticas e a todos os outros meios de transmissão que são limitantes para sua velocidade ou qualidade da transmissão dos dados, os quais são chamados de atenuação e dispersão.

As principais causas de atenuação das fibras óticas são:

- Espalhamento: São causados por imperfeições da estrutura da fibra e se caracteriza pelo desvio da luz em várias direções.
- Absorção: É o processo onde várias impurezas na fibra absorvem parte da energia ótica e a dissipam em forma de calor. As impurezas são originárias do processo de fabricação da fibra ótica.

- Micro curvatura: É uma pequena deformação na fronteira entre o núcleo e a casca e ocorrem durante a fabricação da fibra óptica. **Pode ter dimensões da ordem de grandeza inferior ou da mesma ordem de grandeza do raio da fibra.**

- Macro curvatura: É provocada quando a fibra ótica é curvada com um raio suficientemente pequeno de modo que os raios internos deixem de ser refletidos internamente e passem a ser absorvidos pela casca).

A dispersão é um fenômeno resultante dos atrasos relativos na propagação dos modos e componentes espectrais que transportam energia luminosa. A dispersão produz uma distorção nos sinais transmitidos impondo limitação na capacidade de transmissão. A distorção é percebida como o alargamento do pulso que se propaga na fibra ótica.

Como qualquer meio, podemos citar algumas vantagens e algumas desvantagens das fibras ópticas.

E dentre as desvantagens as principais:

- As fibras óticas quando não estão protegidas pelo revestimento do cabo são razoavelmente frágeis, quebrando com facilidade.

- Devido ao fato da fibra ter dimensões pequenas, sua instalação é **bastante dificultada e, se for feita de forma incorreta, pode causar uma grande atenuação ou até mesmo o bloqueio da transmissão.**

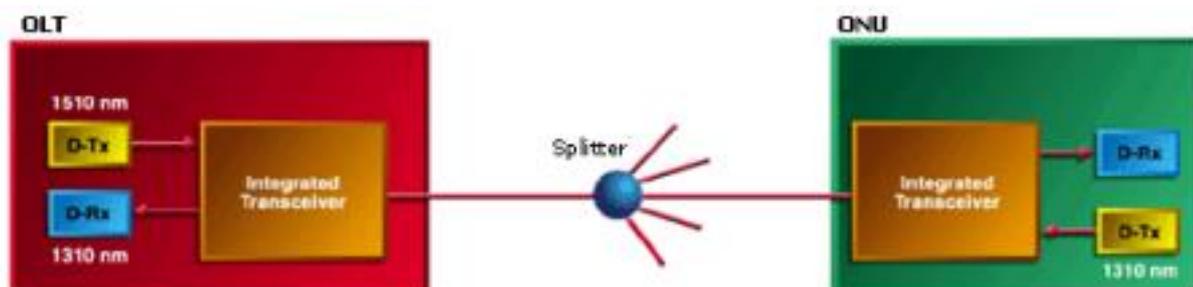
- Os sistemas com fibras óticas requerem alimentação elétrica independente para cada repetidor, não sendo possível a alimentação remota através do próprio meio de transmissão.

- A conectorização não pode ser feita em campo devido à variedade de equipamentos necessários.

Dentre as vantagens pode-se destacar:

- A fibra ótica, por ser composta de material dielétrico, e imune a interferências eletromagnéticas, podendo ser utilizada em ambientes nos quais outros tipos de meios de transmissão não poderiam ser utilizados.
- Não existe nenhuma possibilidade de ocorrência de incêndios devido ao rompimento de uma fibra, já que somente há luz em seu interior.
- Alto grau de segurança para a informação transportada, pois as fibras não irradiam a luz propagada, dificultando o gradeamento do sinal.
- Pequeno tamanho e peso. Esse fato contribui para diminuir o problema de espaço e de congestionamento de dutos nos subsolos das grandes cidades e em grandes edifícios comerciais.
- As fibras óticas apresentam atualmente perdas de transmissão extremamente baixas (0,2 dB/km em $\lambda = 1550$ nm). Desse modo, com fibras óticas, **é possível implantar** sistemas de transmissão de longa distância com um espaçamento grande entre repetidores (~ 50 km), o que reduz significativamente a complexidade e custos do sistema. · A produção de fibras óticas em larga escala tende a tornar o custo da fibra mais baixo do que outros materiais, como o cobre.

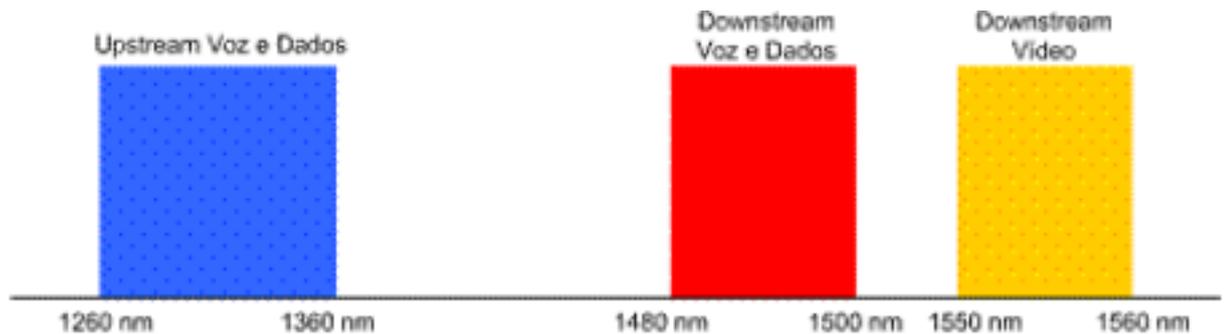
Figura 5 – Sistema de Transmissão



Fonte: SANCHEZ (2004)

A tecnologia de acesso por uma rede PON possui baixo custo e podem convergir serviços de dados, vídeo e voz em uma única fibra óptica através de um tráfego bidirecional com a multiplexação do comprimento de onda (OLIVEIRA, 2010).

Figura 6 – Comprimento de Onda

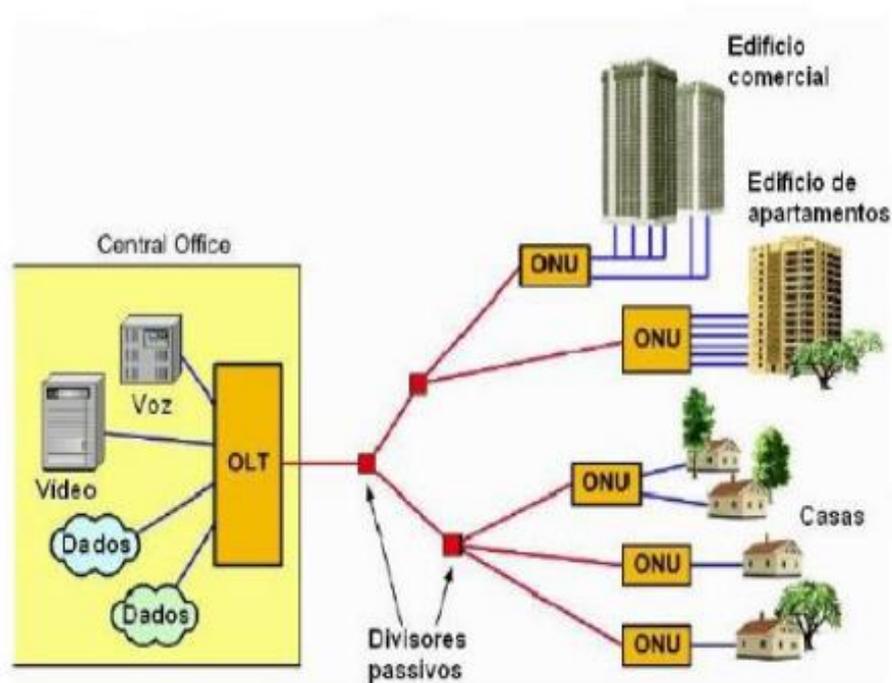


Fonte: OLIVEIRA (2010)

COMPONENTES DA REDE PON

As redes óticas passivas são compostas por diversos dispositivos óticos, em comparação com outras tecnologias de acesso, a tecnologia PON oferece diversas vantagens, dentro dessas vantagens temos os tempos de duração da infraestrutura de uma fibra ótica, redução de custos operacionais através de componentes passivos, uma maior distância entre os nós dos equipamentos, e o mais importante, a largura de banda com taxas elevadas (SANCHEZ, 2004). Essas vantagens se devem aos componentes óticos e sistemas.

Figura 7 – Infraestrutura Rede PON



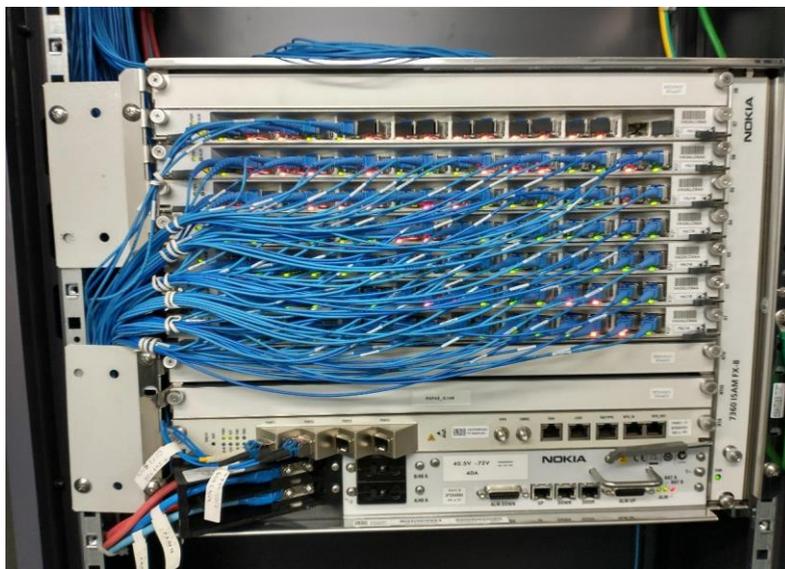
Fonte: FUJITA (2011)

TERMINAL DE LINHA ÓTICA (OLT)

O terminal de linha ótico (OLT) está localizado na central da operadora de telecomunicações, conecta à rede de acesso à rede metropolitana. A OLT é a responsável pela transmissão do sinal ótico, que é distribuído para os diversos clientes, através dos divisores óticos passivos, fornecendo serviços, como o VOIP, HDTV e Internet.

Um OLT pode ser capaz de suportar distâncias de transmissão de até 20 km através do ODN (Optical Distribution Network). Além disso, toda rede é gerenciada pela OLT (OLIVEIRA, 2010).

Figura 8 – Imagem de uma OLT



Fonte: O autor (2020)

Figura 9 – Imagem de uma OLT



Fonte: O autor (2020)

TERMINAL DE REDE ÓTICA (ONU)

A ONU ou ONT (Optical Network terminal), é localizada próxima do cliente. É o equipamento que faz a conversão do sinal ótico da OLT em sinal elétrico e demultiplexa o sinal elétrico para divisão da banda base em voz, dados e vídeo.

Figura 10 – Imagem de uma ONT



Fonte: O autor (2020)

Figura 11 – Imagem entrada/saída de uma ONT



↓ ↓ ↓ ↓
Entrada Fibra **Voip** **Lan** **HDTV**

Fonte: O autor (2020)

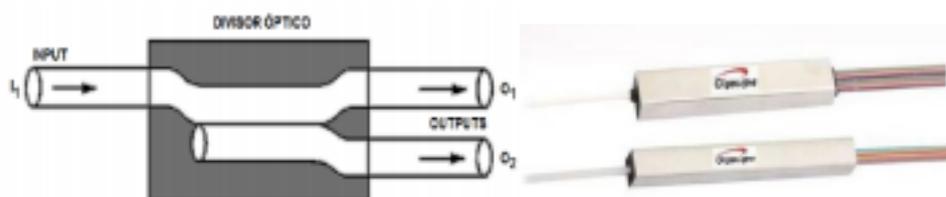
SPLITTER

O divisor passivo (splitter), é alocado entre a OLT e a ONU, ele é responsável por dividir ou combinar o sinal óptico da fibra. No sentido downstream, o sinal de entrada é dividido e enviado para todas as portas de saída, já no sentido upstream, o sinal de todas as ONUs é combinado e transmitido à OLT. O splitter pode

ser simétrico ou assimétrico, com 1 ou duas portas de entrada e até 128 portas de saída, conforme indica na Figura 2 (LAM, 2007).

O splitter é um dispositivo passivo, ou seja, não utiliza energia elétrica para seu funcionamento. Este material é instalado dentro de DIO (Distribuidor Interno Ótico), caixas de emenda externas e locais onde é necessário dividir o acesso para diversos usuários.

Figura 12 – Ilustração de um Splitter



Fonte: Parks (2012)

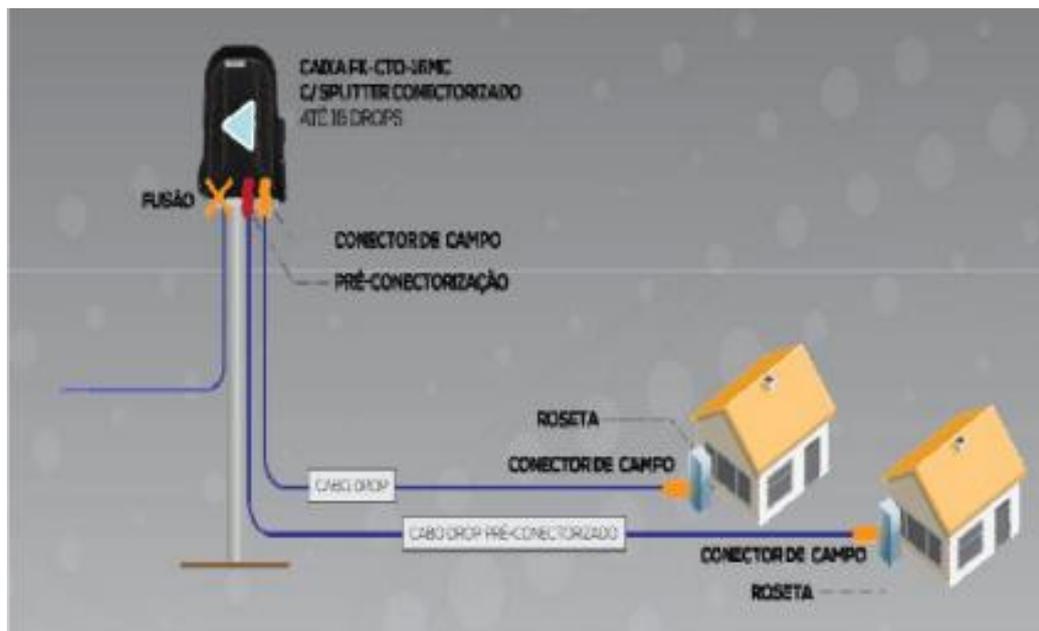
CAIXA DE TERMINAÇÃO ÓTICA CONECTORIZADA (CTO)

Além dos componentes básicos da rede PON, existe ainda a Caixa de terminação ótica conectorizada que otimiza o tempo para ativação de um usuário, essa solução segundo site da FURUKAWA (2013) apresenta as seguintes vantagens:

- Elimina a necessidade de fusão da fibra no momento da ativação do assinante;
- Splitters pré-conectorizados;
- Não há necessidade de ferramentas especiais para abrir e fechar, pois é fácil de manusear durante a instalação e acomodação dos cabos;
- Sistema de fixação no poste embutido na caixa, com acesso às posições e facilidade para identificar o cabo do cliente, evitando erros;
- Caixa de terminação Aérea, com dezesseis saídas conectorizadas;
- 1 Splitter 1x16 ou 2 Splitters 1x8, ambos conectorizados;
- Módulo de conectores separado do módulo de emendas.

Essa solução ótica pré-conectorizada, já está sendo utilizada pelas empresas de telecomunicações nos ramos PON.

Figura 13 – Ilustração de uma rede com CTO Conectorizada



Fonte: Furuwaka (2013)

Figura 14 – Imagem de uma CTO



Fonte: O autor (2020)

CAIXAS DE EMENDA

As caixas de emenda são utilizadas em redes aéreas, subterrâneas ou diretamente enterrada. Quando usada na tecnologia PON, os splitters devem ser acomodados dentro das caixas de emenda utilizando as guias plásticas contidas na própria caixa ou utilizando fita dupla face. As caixas de emenda, em geral, são preparadas para ficarem expostas a condições ambientais. É recomendado fazer a emenda na caixa por fusão ou mecânica no próprio poste e não descer a caixa de emenda até o chão (FUJITA, 2011).

As caixas de emendas óticas aéreas são projetadas para redes aéreas tradicionais e sistemas FTTH onde os cabos drops são emendados nos cabos de distribuição. Estas caixas ventiladas combinam a tecnologia de selagem de cabos e os sistemas de bandejas em um corpo robusto e à prova de roedores. (TE, 2014).

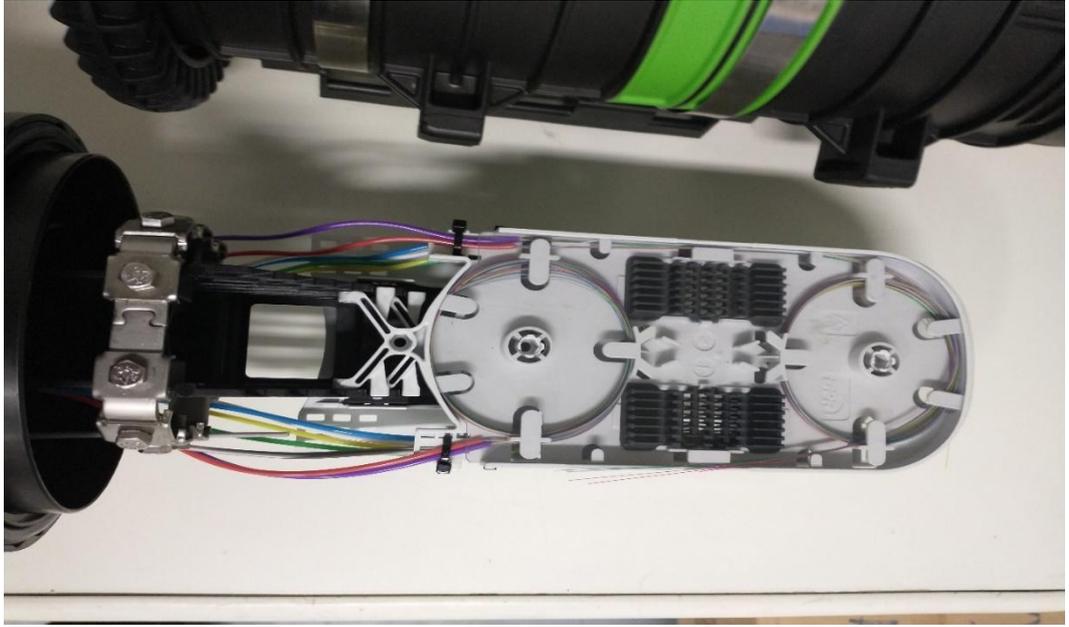
Figura 15 – Imagem de uma Caixa de Emenda



Fonte: O autor (2020)

Nas caixas de emendas temos as bandejas de emenda, que são desenhadas de acordo com o tipo de caixa de emenda e do número de emendas. Os módulos de emenda integrados são removíveis e intercambiáveis e acomodam fusão simples ou em massa. As unidades de demultiplexadores por divisão de comprimento de onda grosseiro e denso (CWDM e DWDM) de baixa perda vêm pré-instaladas nas bandejas. As bandejas de fibras podem ser configuradas para emendas ou para conectores pré-instalados. (TE, 2014).

Figura 16 – Imagem de uma bandeja interna de uma Caixa de Emenda



Fonte: O autor (2020)

Essas caixas provê um perfil compacto para acomodar a transição de fibra externa para fibra interna e cordões óticos. O design flexível é projetado para montagem em parede interna ou externa, provendo um ponto de terminação robusto para emenda da rede e distribuição aos clientes.

Figura 17 – Imagem de uma caixa para uso interno



Fonte: O autor (2020)

Figura 18 – Imagem de uma caixa para uso interno



Fonte: O autor (2020)

CORDÃO ÓTICO

As interligações das fibras óticas com os componentes ativos devem ser realizadas com cordões óticos. Na Figura 8 são mostradas várias opções de conectores para cordões óticos. Para o projeto de FTTH o cordão é constituído de uma fibra ótica do tipo monomodo revestida com conector ótico de tipo SC em uma extremidade. O conector SC se encaixa com um adaptador de interconexão ou receptáculo de acoplamento. Apresenta uma seção de corte quadrada para proporcionar alta densidade de acondicionamento em painéis de ligação (FIBER SHOW, 2001).

Os cabos de fibra e seus acessórios são projetados para atender a demanda indoor/outdoor de aplicações dos clientes. Desde patch cords, cabos multifibraís, conectores, adaptadores e atenuadores a família de cabos montados excede as especificações dos provedores de serviço para as redes de alta velocidade. (TE, 2014).

Figura 19 – Ilustração dos Cordões Óticos



Fonte: TE (2014)

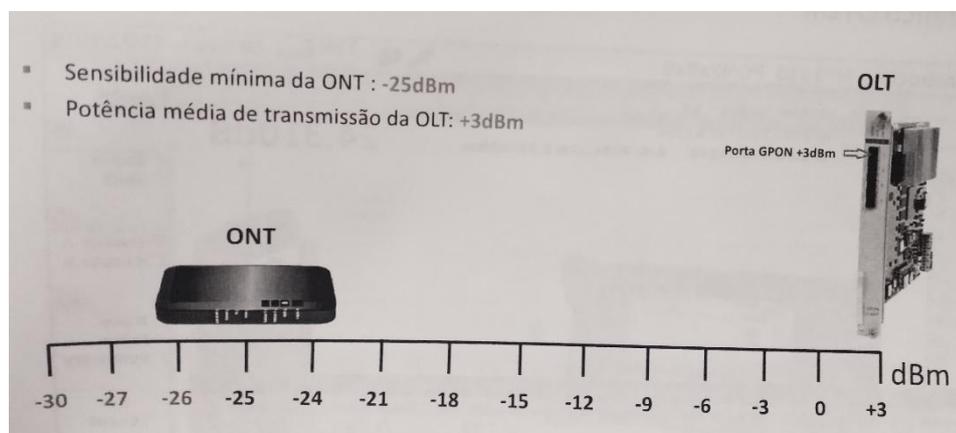
É o cálculo da perda de luz ao longo do trajeto entre a OLT e ONT, garantindo que estes estejam dentro dos padrões adequados.

É importante saber que, para que a ONT consiga se comunicar com a OLT, existe um valor mínimo de atenuação e um valor máximo. Esses valores são medidos em dB(decibéis). (CURSO DE FORMAÇÃO GPON, 2016)

Valor mínimo: - 8dB

Valor máximo: - 28dB

Figura 20 – Ilustração de um Orçamento de Potência



Fonte: Curso de Formação GPON (2016)

CALCULO DO ORÇAMENTO OPTICO

Diversos componentes de uma rede óptica causam atenuação do sinal óptico ao longo do trajeto.

Abaixo esta uma lista destes componentes e os valores médios de atenuação:

Figura 21 – Ilustração do Cálculo de Orçamento Óptico

Abaixo está uma lista destes componentes e os valores médios de atenuação:

Descrição	Valor médio de atenuação(dB)
Atenuação por km (1310nm)	0,35
Atenuação por km (1490nm)	0,22
Emenda por fusão (unidade)	0,1
Emenda mecânica (unidade)	0,2
Conectorização (unidade)	0,5

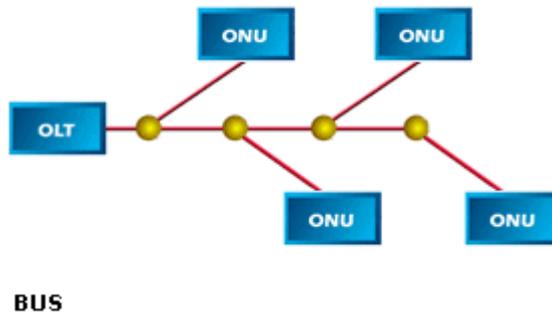
Splitter	1:2	1:4	1:8	1:16	1:32	1:64
Valor médio de atenuação(dB)	3,5	7	10,5	14	17,5	21

Fonte: Curso de Formação GPON (2016)

Há muitas topologias que podem ser aplicadas a uma Rede Óptica de Acesso como: Topologia em Barra, Estrela, Anel e Árvore.

Topologia Barra

A Topologia em Barra provê uma conectividade ponto-multiponto entre OLT e ONU, mas qualquer falha no enlace principal causa a desconexão dos usuários (OLIVEIRA, 2010).

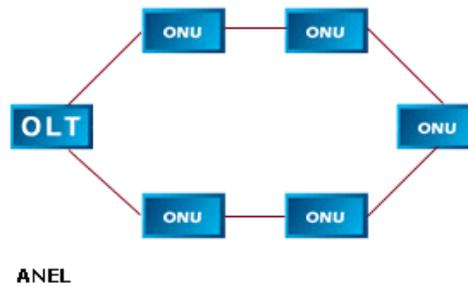


Topologia Estrela

A Topologia em Estrela provê uma conectividade ponto-a-ponto entre OLT e ONU. Esta topologia permite entrega de banda dedicada de altas taxas aos usuários finais e também possui um baixo custo em operação, administração e manutenção (OLIVEIRA, 2010).

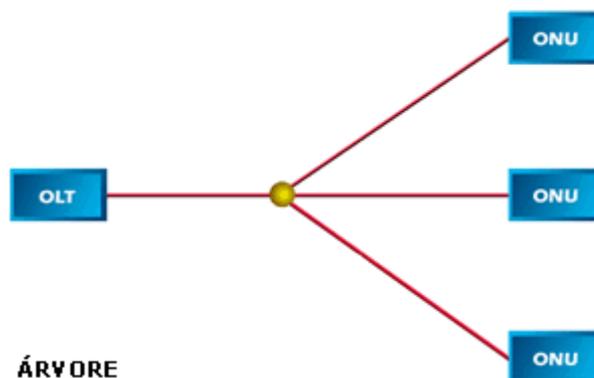
Topologia Anel

A Topologia em Anel oferece a vantagem ponto-multiponto da OLT para a ONU. Permite facilmente implementação de mecanismos de proteção – enlace com redundância – mas possui dificuldades para administração e manutenção (OLIVEIRA, 2010).



Topologia Árvore

Topologia em Árvore é uma arquitetura ponto-multiponto que oferece a vantagem de infra-estrutura compartilhada entre todos os usuários, possuindo assim uma importante redução nos custos de implementação e manutenção na rede de acesso. Esta arquitetura é uma das mais difundidas nos estudos relacionados à Rede PON (OLIVEIRA, 2010).



TIPOS DE REDE ÓPTICA PASSIVA

APON – Rede Óptica Passiva Sobre Modo de Transferência Assíncrona

Até a década de 90, muitas redes PON foram desenvolvidas e testadas todas utilizando como conceito de multiplexação TDM, porém as taxas de transmissão que se utilizava para atender os serviços de telefonia e ISDN estavam inadequadas, visto a necessidade do transporte de dados. Assim o PON passou a ser baseado em Asynchronous Transfer Mode (ATM) conceituando o APON e cooperando para a unificação das Redes DSL (Digital Subscriber Line) (LIN, 2006).

A idéia do atendimento da última milha em uma rede óptica PON é disponibilizar todos os serviços por um único enlace com altas taxas, ou seja, um par de fibras leva a informação até próximo do cliente (nos armários ou nos prédios) ou até o cliente. O atendimento final ao usuário atualmente realizado em Redes xDSL (x Digital SubscriberLine), a banda se limita à distância que o usuário se encontra da central de operações e a qualidade da instalação elétrica, visto que todos os elementos da rede são ativos. Assim quanto maior for a proximidade, mais largura de banda o mesmo poderá ter em sua rede de acesso (OLIVEIRA, 2010).

BPON – Rede Óptica Passiva Banda Larga

Após o APON, o desenvolvimento de novas tecnologias para o atendimento em altas taxas de bits para transferência de informações fez do BPON o próximo passo nas Redes Ópticas Passivas. Baseada no protocolo ATM a rede BPON é capaz de integrar dados, voz, serviços de vídeo a clientes empresariais e residenciais por uma única fibra, podendo realizar o atendimento final de acordo com as soluções FTTx (OLIVEIRA, 2010).

O primeiro padrão para o BPON segue norma ITU-T G983.1, que tem por padrão atender a taxas de 155 Mbit/s simétricos e 622/155 Mbit/s assimétrico sendo que para downstream 622 Mbit/s e 155 Mbit/s para upstream, após com a necessidade de se incluir um novo comprimento de onda para transmissão de vídeo, estudos da ITU aprovaram a norma ITU-T G983.3, onde a capacidade de link foi estendida para 622 Mbit/s simétricos e 1244/622 Mbit/s assimétrico assim teve-se

a oportunidade de utilizar o PON para atendimento em última estância para VDSL (KEISER, 2006).

EPON – Rede Óptica Passiva Sobre Ethernet

Em novembro de 2000, um grupo de empresas com o objetivo de padronizar a Ethernet PON no IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers – Instituto de Engenharia Elétrica e de Eletrônica), formaram um grupo de estudo para desenvolver um padrão que aplicasse o estudo em uma rede de acesso (OLIVEIRA, 2010).

O EPON surgiu da idéia que a tecnologia APON era imprópria para devido uso devido a sua falta de capacidade de transmissão de vídeo, banda insuficiente, complexidade e custo. O rápido desenvolvimento do Ethernet fez as taxas de transmissão alcançarem os Gbit/s e a conversão entre os protocolos ATM para IP, foram necessárias. As principais soluções de atendimento, para as quais se aplica o EPON, são: FTTB, FTTC tendo por objetivo em longo prazo a substituição para FTTH para entrega de serviços de dados, voz e vídeo em cima de uma única plataforma com largura de banda maior que o APON (KEISER, 2006).

A EPON provê taxas de 1 Gbit/s nos dois sentidos usando o comprimento de onda 1490 nm para downstream e 1310 nm para upstream. O comprimento de onda 1550 nm é reservado para serviços adicionais, como o broadcast de vídeo analógico. Considerando que a cada OLT se conectam, tipicamente, 16 ou 32 ONUs, a largura de banda média para cada usuário seria em torno de 60 ou 30 Mbit/s, respectivamente (FERREIRA, 2011).

GPON – Rede Óptica Passiva Gigabit

A Rede Óptica Passiva Gigabit tem por capacidade transmitir maiores velocidades de banda nas redes de acesso. Surgiu para superar o BPON e EPON, com a idéia principal de transmitir comprimentos de pacotes variáveis a taxa de gigabit por segundo, para isso o grupo FSAN reuniu esforços e em abril de 2001 começou a desenvolver novas padronizações, sendo posteriormente aprovadas e publicadas pela ITU-T na série de recomendações para aplicação de um

GPON, sendo os padrões G984.1 a G984.4, publicados no primeiro semestre de 2008. O tráfego de informações downstream é transmitido em modo broadcasting, ou seja, a informação é transmitida a todos os elementos da rede. A mesma informação chega a todos os usuários por isso é necessário se utilizar um sistema de criptografia das informações para manter privacidade na comunicação (OLIVEIRA, 2010).

As taxas nominais são especificadas como 1.25 Gbit/s e 2.5 Gbit/s para downstream e 155 Mbit/s, 622 Mbit/s, 1.25 Gbit/s, e 2.5 Gbit/s para upstream. A recomendação também especifica distância máxima para transmissão de 10 a 20 km, que pode ser afetada pela qualidade e capacidade dos transmissores e receptores ópticos. Para um GPON o número de divisões chega a 64 no divisor óptico e mantém muita das mesmas funcionalidades de EPON e BPON como a atribuição de largura de banda dinâmica (DBA – G983.4), e o uso de operações administração e manutenção de mensagens (KEISER, 2006).

TIPOS DE ACESSO VIA FIBRA ÓPTICA

A aplicação de tecnologia PON nas redes de acesso a residências e empresas é denominada FTTx (onde o x pode ser B (Building) – Prédio, C (Cabinet) – Armário, H (Home) – Casa, N (Node) – Nó. As soluções estão mudando constantemente e cada vez mais exclusivas para o atendimento aos clientes com uma maior largura de banda.

FTTN – Fibra até o Nó

Refere-se a uma arquitetura de atendimento PON em que as ONTs se distanciam a aproximadamente 1 km (quilometro) do usuário final. Normalmente instaladas em um distribuidor intermediário (Armário) disponibilizam o serviço ao usuário por meio de cabos coaxiais, cabos metálicos, fibra óptica ou algum outro meio para a transmissão das informações (OLIVEIRA, 2010).

FTTC – Fibra até o Armário

É realizado o atendimento até um distribuidor intermediário (exemplo: uma caixa outdoor instalada no auto de um poste de energia na rua) e a partir do mesmo é realizado o atendimento a um edifício ou residência se utilizando de cabos coaxiais, cabos metálicos, fibra óptica ou algum outro meio para a transmissão das informações. Muito similar ao FTTN, mas à distância da ONU ao usuário final não deve ultrapassar 300 metros de distância. Este equipamento deve possuir elementos robustos que suportem grandes variações de temperatura e demais intempéries climáticas no meio em que for instalado, visto que pode haver uma dificuldade com a refrigeração do mesmo, devido as suas instalações (OLIVEIRA, 2010).

FTTB – Fibra até o Prédio

Esta solução permite a implantação de uma fibra óptica ponto-a-ponto e ponto-multiponto. Na sala apropriada do estabelecimento a ser atendido por FTTB é instalada uma ONT que é conectada a um switch para a distribuição dos serviços aos diversos andares de forma que as conexões entre o switch e equipamento do cliente podem ter terminações óptico – óptico ou óptico – elétrico. Normalmente o atendimento interno a partir do switch é através de uma rede metálica de cabeamento estruturado, onde se tem a aplicação mais comum de tecnologias ADSL2+, VDSL2, 10/100Base-T (OLIVEIRA, 2010).

FTTH – Fibra até a Casa

Uma fibra óptica é instalada diretamente da Central (OLT) até a Residência do Cliente (ONU). Este atendimento é o que gera maior custo para os prestadores de serviços, pois um novo cabeamento é realizado por ser atendimento óptico e não elétrico - nenhuma estrutura da rede metálica existente é utilizada (OLIVEIRA, 2010).

DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

A fibra óptica é um excelente meio de transmissão de dados em alta velocidade, quando comparada com os cabeamentos convencionais ela é muito superior e apresenta enormes vantagens, como baixa perda na transmissão além de não sofrer interferência eletromagnética, porém sua implantação para atendimento a usuários residenciais e pequenas empresas têm um alto custo quando comparado ao acesso via cabeamento metálico que já possui toda infra-estrutura instalada.

Com o crescente aumento do trafego de dados, que cresce ano após ano, somado ao surgimento de novas aplicações que requerem uma maior largura de banda, como serviços triple play que combinam voz, dados e vídeo em um único canal de comunicação, é certo afirmar que dentro de alguns anos o futuro das redes cabeadas passará de metálica para fibra óptica.

Neste trabalho foi visto que a tecnologia GPON permite o atendimento a longas distâncias, sem a necessidade de utilizar consumo de energia elétrica no trajeto, pois são utilizados apenas elementos passivos, apenas os equipamentos de transmissão e recepção necessitam de alimentação elétrica, o que permite reduzir custos de implantação e manutenção da rede óptica.

Com o uso da rede óptica GPON juntamente com a configuração FTTH, mostra um atendimento diferenciado até a última milha com alta taxa de transmissão de dados. Apesar da rede de acesso via fibra óptica ser minoria em comparação a rede metálica que já está instalada há alguns anos, a tendência é que a rede de acesso via fibra óptica seja instalada com maior intensidade para suprir a necessidade dos clientes que cada vez mais estão querendo uma maior largura de banda para serviços de voz, dados e vídeo em um único canal de comunicação, que pode ser feito com o uso da fibra óptica como meio de transmissão.

REFERÊNCIAS:

ANATEL. **Acesso de Banda Larga Fixa no Brasil**. 2020. Disponível em: <<https://www.anatel.gov.br/dados/acessos-banda-larga-fixa>>. Acesso em: 21 out. 20.

CURSO FIBRA OPTICA. **Curso de fibra ótica com prática em máquina de fusão**. Disponível em: < <http://www.curso-fibra-optica.com.br/perguntas/como-surgiu-cabo-de-fibra-ptica>>. Acesso em: 21 out. 20.

CURSO DE FORMAÇÃO GPON. **Formação GPON**. Disponível em: < >. Acesso em: 21 out. 20.

FELIPE, B. **A evolução da internet, uma perspectiva histórica**. ASLEGIS, 2013. Disponível em: < http://www.belins.eng.br/ac01/papers/aslegis48_art01_hist_internet.pdf> Acesso em: 21 out. 20.

FUJITA, E. **Treinamento FTTX Projeto e Planta Externa**, FURUKAWA, 2011

FURUKAWA. **Fundamentos em Fibras Óticas**. FURUKAWA, 2010.

FURUKAWA. **Soluções FTTx**. Disponível em: <<http://www.furukawa.com.br/br/solucoes/solucoes/fttx-150.html>> Acesso em: 21 out. 20.

FURUKAWA. **Caixa Terminal Ótica Conectorizada**. Disponível em: <<http://www.furukawa.com.br/br/produtos/conectividade-optica/caixa-de-emenda/caixa-de-emenda/caixa-terminal-optica-conectorizada-821.html>>. Acesso em: 21 out. 20.

OLIVEIRA, Patrícia Beneti. **Soluções de Atendimento em Fibra Óptica I e II**. Teleco – Inteligencia em Telecomunicações – Seção: Tutorial. Publicado em: nov. 2010. Disponível em: <

<http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialsolfo1/Default.asp> > e <
<http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialsolfo2/Default.asp> >. Acesso em: 21 out. 20.

PEREIRA, Rafael José Gonçalves. **Fibras Ópticas e WDM**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Seção: Comunicações Ópticas. Publicado em: jun. 2008. Disponível em: < http://www.gta.ufrj.br/grad/08_1/wdm1/FibraspticasConceitoseComposio.html >. Acesso em: 21 out. 20.

SANCHEZ, William Penhas. **PON: Redes Ópticas de Acesso de Baixo Custo**. Teleco – Inteligencia em Telecomunicações – Seção: Tutorial. Publicado em: jun. 2004. Disponível em: < <http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialpon/default.asp> >. Acesso em: 21 out. 20.