

**FACULDADE PATOS DE MINAS
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**MARCUS MURILO METZ
VINICIUS DE ARAUJO BARBOSA**

**REDES ÓPTICAS PASSIVAS (PON) O FUTURO DAS
REDES: E SUAS TENDÊNCIAS MERCADOLÓGICAS**

**PATOS DE MINAS
2018**

**MARCUS MURILO METZ
VINICIUS DE ARAUJO BARBOSA**

**REDES ÓPTICAS PASSIVAS (PON) O FUTURO DAS
REDES: E SUAS TENDÊNCIAS MERCADOLÓGICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade Patos de Minas como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof.^o. Me. Guilherme Thyago de Sousa Fernandes

**PATOS DE MINAS
2018**

Candidatos:
MARCOS MURILO METZ
VINICIUS DE ARAUJO BARBOSA

Título: REDES ÓPTICAS PASSIVAS (PON) O FUTURO DAS REDES: E SUAS
TENDÊNCIAS MERCADOLÓGICAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade Patos de Minas
como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica –
FACULDADE PATOS DE MINAS em 12/06/2018

Prof.º.
Orientador

Prof.º.
Examinador

Prof.º.
Examinador

Aprovado ()

Reprovado ()

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	6
2 MATERIAL E MÉTODOS	7
3.RESULTADO E DISCURSSÃO	7
3.1 FIBRA ÓPTICA	7
3.1.1 Refração da luz	8
3.1.2 Tipos de Fibra	9
3.1.2.1 Índice degrau	10
3..1.2.3 Índice Gradual	10
3.1.2.4 Fibras de vidro	11
3.1.2.5 Fibras de plástico	11
3.1.3. COMPOSIÇÃO DE SISTEMA ÓPTICO	11
3.1.3.1Transmissor	12
3.1.3.1.1Diodos emissores de luz	13
3.1.3.1.2 O Diodo a laser	13
3.1.3.2 Receptor	13
3.1.4 Modulação	14
3.1.5 Multiplexação	15
3.2 Redes ópticas passivas (PONs)	17
3.2.2 Tecnologias	19
3.2.2 .1 APON	19
3.2.2.2 BPON	20
3.2.2.3 E-PON	20
3.2.2.4 G-PON	21
3.2.2.5 G-EPON	22
3.2.2.6 10G-EPON	23
3.2.2.7 NG-PON1	24
3.3 O FUTURO DAS REDES PON: E TENDÊNCIAS DE MERCADOLÓGICAS	25
4. RESULTADOS DA PESQUISA COM A ALGAR TELECOM	27
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	28
6.REFERÊNCIAS	29
7.Anexo	33

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

Figura 1 - Reflexão Total.....	09
Figura 2 - Tipos de fibras.....	10
Figura 3 - Sistema de comunicação óptica.....	12
Figura 4 - Transmissor Óptico.....	13
Figura 5 - Receptor Óptico.....	14
Figura 6 - Modulação Direta.....	15
Figura 7 - Multiplexação.....	15
Figura 8 - Multiplexação TDM.....	16
Figura 9 - Multiplexação WDM.....	17
Figura 10 - Representação de uma rede óptica passiva.....	17
FIGURA 11 - Arquitetura FTTx.....	19
Figura 12 - Rede APON.....	20
Figura 13 - Rede G-PON.....	21
Figura 14 - Rede G-EPON.....	23
Figura 15 - Evolução das redes ópticas passivas.....	26
Tabela 1 - Comparação entre redes APON, BPON e GPON.....	22
Tabela 2 - Classes do 10GE-PON.....	24
Tabela 3 - Rede cabeamento metálico DSL, sem fio (Wireless) e GPON.....	26

REDES ÓPTICAS PASSIVAS (PON) O FUTURO DAS REDES: E SUAS TENDÊNCIAS MERCADOLÓGICAS

Vinicius de Araujo Barbosa¹

Marcus Murilo Metz²

Prof. Me. Guilherme Thyago de Sousa Fernandes³

RESUMO: As fibras ópticas e redes ópticas passivas tem uma grande contribuição para o desenvolvimento dos sistemas de telecomunicação, por oferecer grandes taxas de transmissão de dados capaz de atender demandas do mercado atual. Objetivou-se realizar um levantamento geral sobre as topologias e tecnologias de fibras ópticas e redes ópticas passivas (PON), realizando uma comparação entre essas topologias demonstrando seu funcionamento e sua importância, além de proceder um levantamento sobre o tipo de rede, utilizada em uma operadora de telefonia do interior de Minas Gerais. A metodologia adotada constitui-se, de uma revisão de literatura com pesquisas realizadas em livros, revistas acadêmicas, teses e dissertação. Secundariamente foi procedida uma pesquisa junto a uma operadora de telecomunicações da cidade de Patos de Minas – MG, onde foi realizado um levantamento de qual topologia de rede óptica passiva utilizam e comparando com as topologias existentes. Conclui-se que redes ópticas passivas (PONs) hoje representam o avanço da tecnologia permitem grandes quantidades de dados sejam transmitidos por segundo. Sendo muito viável no mercado atual capaz de oferecer em um mesmo sistema serviços de internet, vídeo, voz, backhaul para redes móveis.

Palavras-chave: Fibra Óptica. Rede Óptica Passiva (PON)

ABSTRACT: Optical fibers and passive optical networks have a major contribution to the development of telecommunication systems, as they offer high rates of data transmission capable of meeting current market demands. The objective of this study was to perform a general survey on the topologies and technologies of optical fibers and passive optical networks (PON), comparing these topologies by demonstrating their operation and their importance, as well as making a survey about the type of network used in a telephone operator in the interior of Minas Gerais. The methodology adopted consisted of a review of the literature with researches carried out in books, journals, academic theses and dissertation. Secondly, a research was carried out with a telecommunications operator in the city of Patos de Minas - MG, where a survey of which passive optical network topology was used and compared with existing topologies. We conclude that Passive Optical Networks (PONs) today represent the breakthrough of technology allowing large amounts of data to be transmitted per second. Being much more viable in the current market capable of offering in the same system internet services, video, voice, backhaul for mobile networks.

Keywords: Optical fiber. Passive Optical Network (PON)

¹ Graduando em engenharia Elétrica – FPM - 2018. viniciusdebarbosa@hotmail.com

² Graduando em Engenharia Elétrica – FPM - 2018. marcusmurilom@gmail.com

³ Engenheiro Eletricista, Mestre. Prof. e Coordenador da Graduação em Engenharia Elétrica FPM - 2018. coordenacaoeletrica@yahoo.com.br

1.INTRODUÇÃO

A utilização de fibras ópticas teve um grande crescimento nos meios de comunicação nos últimos anos, seus benefícios têm superado os cabos metálicos por apresentar maior capacidade, confiabilidade e atenuação, com a redução dos custos em sua implantação. Tal técnica tornou-se o único meio de transmissão compatível para atender as demandas e exigências do mercado atual, com novos equipamentos e tecnologias usados em telecomunicações (CARVALHO; BADINHAN, 2011).

No ano de 1986 na Inglaterra se deu início ao desenvolvimento do conceito PON (Rede Óptica Passiva), a palavra passiva se origina da principal característica das redes ópticas passivas (PONs), por não apresentar elementos que precisam de energia elétrica em seu funcionamento, utilizam fibras ópticas integradas com configuração ponto-multiponto, somente componentes ópticos passivos são usados entre o OLT (Terminal de linha óptica) e a ONU (Unidades de rede óptica) (OLIVEIRA, 2010; CARVALHO; BADINHAN, 2011).

Dessa forma, as redes ópticas passivas tornaram-se viáveis economicamente para atender clientes que se encontram distante das Centrais de Atendimento apresentando, assim grandes demandas para altas taxas de transmissão de dados e diferentes tipos de serviços. Tornou possível agregar os serviços de voz e vídeo, uma vez que trabalham em diferentes comprimentos de onda (PEREIRA; ABBADE, 2016).

Para tanto, sendo assim, justificou-se a escolha de tal tema por acreditar que as Redes Ópticas Passivas são de grande necessidade na atualidade, observando-se a evolução das telecomunicações, o uso intensivo e os benefícios das fibras ópticas aliados ao desenvolvimento da tecnologia e demanda crescente de transmissão. As novas tecnologias das redes óticas passivas têm conquistado o seu espaço rapidamente no mercado das operadoras. O que ainda a distância do mercado é, o seu alto custo de implantação.

Além disso, a iniciativa de desenvolver esse projeto objetivou em realizar um levantamento geral sobre as topologias e tecnologias de fibras ópticas e redes ópticas passivas (PONs), foi feita uma comparação entre essas topologias demonstrando seu funcionamento e sua importância. Foi realizada uma pesquisa com a operadora de telecomunicações da cidade de Patos de Minas – MG onde foi analisado qual tipo de rede óptica passiva utilizam e suas configuração e comparando com as topologias de

redes ópticas passivas já existentes, destacando-se suas vantagens e desvantagens, bem como suas tendências mercadológicas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia adotada constitui-se, inicialmente, de uma revisão de literatura, de acordo com os pressupostos da pesquisa de literatura qualitativa (MINAYO, 2001). Foram realizadas pesquisas em livros, revistas acadêmicas, teses e dissertação.

Secundariamente foi procedida uma pesquisa junto a uma operadora de telecomunicações da cidade de Patos de Minas – MG, onde foi realizado um levantamento dos arquivos desta operadora (autorização Anexo 1). O intuito foi de relacionar o contexto teórico da pesquisa de levantamento de dados com a realidade da operadora local.

3. RESULTADO E DISCUSSÃO.

3.1 FIBRA ÓPTICA

Desde a antiguidade as pessoas sempre tiveram grande necessidade de comunicarem-se umas com as outras. Tal necessidade deu início ao desenvolvimento de sistema de comunicação para enviar mensagens de uma pessoa para outra. Primeiro método conhecido de comunicação óptica foi à utilização da luz que sempre teve sua importância nos sistemas de comunicações destaca-se o emprego de sinais de fogo espelho e lâmpadas. O fogo foi utilizado pelos gregos oito séculos antes de Cristo para enviar mensagens de alarme, nas guerras e chamadas de socorro, com o passar dos anos esses sistemas foi evoluindo até chegar às fibras ópticas (KEISER, 2014; CARVALHO 2015).

Na década de 1970 as primeiras aplicações de fibra, funcionavam com ondas luminosas com comprimentos de onda entre 770 a 910 nm, fontes ópticas utilizavam fotodetectores fabricados de silício, com taxa de bits de 45 Mbps repetidores com distância de 10 km, mas com atenuação elevada, com a redução da concentração de impurezas em 1980 conseguiram produzir fibras com perda menor do que 1 dB/km na região de comprimento de onda entre 1.260 a 1.675 nm, sendo que em torno de 1.400

nm as perdas eram maiores devido às moléculas de água presente no vidro (CARVALHO, 2015).

Na Atualidade usuários utilizam cabo metálico par trançado com taxas de ordem de Megabits por segundo. Esta tecnologia tem suas a restrição no atendimento causado pela distância limitada, máximo é de 100 metros, e pelo baixo nível de segurança e interferência eletromagnéticas. Consumidores cada vez mais exigentes procuram maiores velocidades de banda e melhores preços. Com a substituição das redes metálicas por fibras ópticas podem ser supridas todas essas restrições e atender melhor os consumidores (OLIVEIRA, 2010).

A fibra óptica tem capacidade de até um milhão de vezes maior do que o cabo metálico, a fibra ótica é hoje a base tecnológica no mundo por possuir inúmeras vantagens; alta capacidade, maior confiabilidade, com longo espaçamento entre repetidores, maior segurança, tamanho e peso (massa) reduzidos, estas vantagens em comparação com o cabo metálico (CARVALHO, 2015).

Portanto, a fibra Ótica é formada por materiais cristalinos e homogêneos, transparentes o suficientemente para guiar um feixe de luz visível ou infravermelho o motivo para ser um material fino, está ligado diretamente à capacidade de reflexão do sinal. É composta de material de plástico ou de vidro, em forma cilíndrica, transparente e flexível, de dimensões microscópicas comparáveis às de um fio de cabelo. Com índices de refração que permitam o fenômeno da reflexão interna total, para que ocorra necessário que o índice de refração do núcleo seja maior que o índice de refração da casca (KEISER, 2014; CARVALHO, 2015).

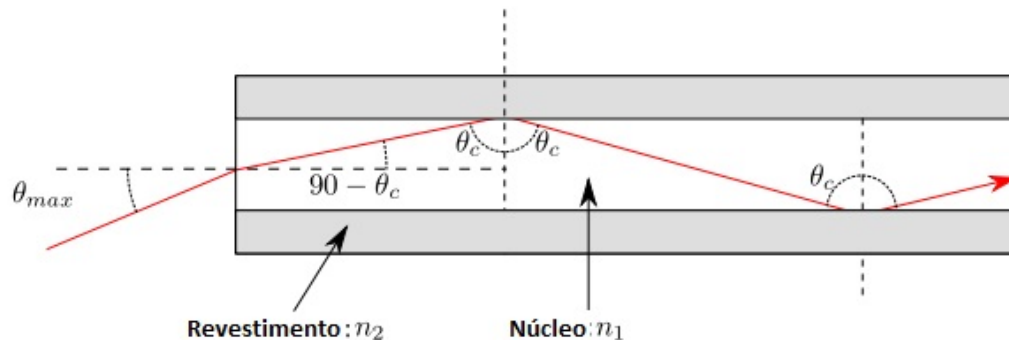
3.1.1 Refração da luz.

É importante ressaltar que a transmissão da luz em um sistema de fibra óptica, o feixe luminoso passa do transmissor ao receptor, aproveitando-se das propriedades de reflexão da luz ocorre quando um feixe de luz com índice reflexão maior passa para um meio com índice de reflexão menor e o ângulo de incidência deve ser igual ou maior do que o ângulo crítico conforme representado na figura 1 (CARVALHO, 2015).

Por isso na reflexão total os raios passam do ar para a fibra, incidem na parede interna que separam o núcleo da casca com um ângulo de incidência θ_c que se aproxima de 90° . Isso está bem acima do ângulo crítico, conseqüentemente, o laser

sofre reflexão interna total e continua confinado dentro do núcleo da fibra óptica (VIEIRA, 2018).

Figura 1 - Reflexão Total.



Fonte: VIEIRA (2018).

- n_1 é o índice de refração do núcleo;
- n_2 , o índice refração da casca;
- θ_c , o ângulo de incidência.

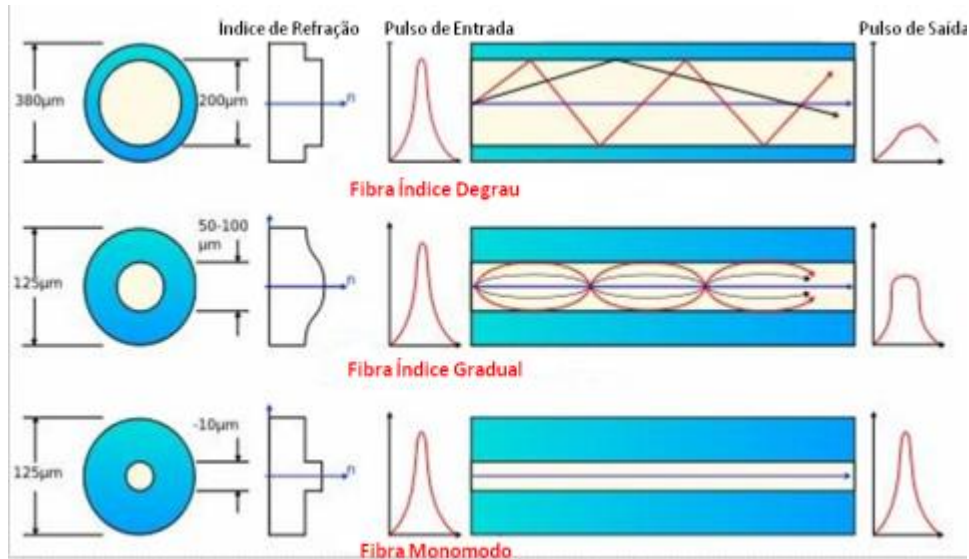
3.1.2 Tipos de Fibra

São classificadas em dois tipos; fibra monomodo e multimodo, possuem diâmetros diferentes com dimensão da ordem de micrômetros, (figura-2), porém, monomodo tem um diâmetro muito menor no núcleo, e uma casca mais compacta esse tipo de fibra tem menor perda. Apresentam outras diferenças em diversos aspectos desde o custo de produção até as melhores possibilidades de aplicação (FILGUEIRAS; PESSOA, 2015).

Fibra monomodo, transmite apenas um modo de luz, ou seja, uma única fonte de luz, conforme está representado na figura 2. Apresentam menos dispersão por isso tem maiores distância entre os repetidores de até 120 quilômetros (FILGUEIRAS; PESSOA, 2015).

Fibras Multimodo transmitem em vários modos, são classificadas em dois tipos: índice Degrau e o índice Gradual conforme está representado na figura 2, transmissão é de até 2 km (PEREIRA, 2017).

Figura 2 - Tipos de fibras



Fonte: MADEIRA (2013).

3.1.2.1 Índice degrau

O núcleo recebe essa nomeação devido à desigualdade entre os índices de refração do núcleo e da casca. Índice de refração do núcleo é uniforme e completamente diferente da casca. Mais econômico e mais fácil de construir, mas apresenta desvantagens como atenuação elevada e pequena largura de banda, muito utilizada em transmissão de dados em curtas distâncias (CARVALHO, 2015).

3. 1.2.3 Índice Gradual

No índice gradual a refração do núcleo não é constante, aumenta gradativamente do eixo central para as bordas ocorrendo à refração gradual à medida que os raios se aproximam das bordas, diminuindo dessa maneira, a dispersão e aumentando a largura de banda. Esta fibra tem como principal objetivo adequar-se às aplicações em sistemas de telecomunicações (PEREIRA, 2017; LINHADETRANSMISSÃO, 2017).

3.1.2.4 Fibras de vidro

Fibra de vidro construída com a união entre óxidos metálicos, mais utilizado na construção das fibras é a sílica (SiO_2 – o 2), o mesmo material pode ser usado no núcleo e na casca para diferenciar os índices de refração são utilizados materiais próprios para dopagem, para aumentar o índice de refração, por exemplo, utiliza Germânio ou, (GeO_2 ou P_2O_5) e para o efeito contrário óxido de boro (B_2O_3). O vidro tem grande resistência à deformação quando elevado a altas temperaturas até 1.000C , e apresenta baixa expansão térmica que dificulta ruptura através de choque térmico, (Até 1.000C) (CARVALHO, 2015).

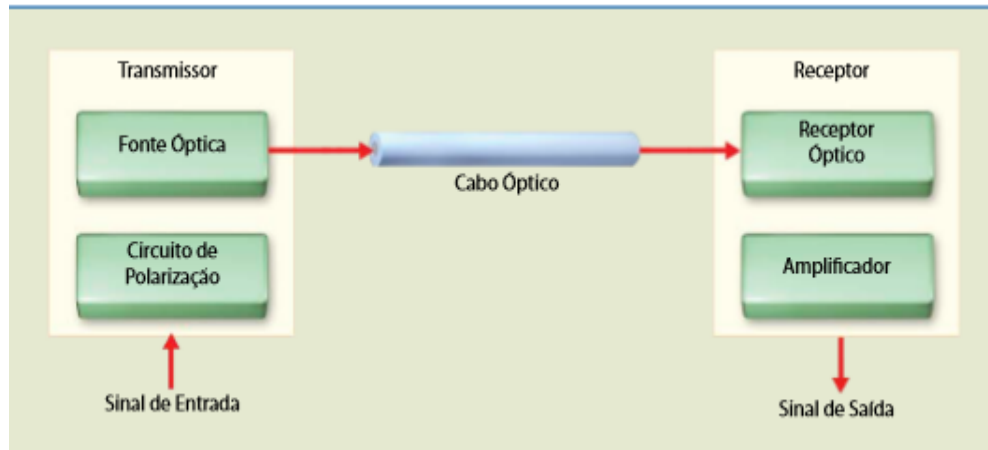
3.1.2.5 Fibras de plástico

Fibras de plástico são mais acessíveis e baratas para utilizar em transmissão de pequenas distâncias, possui maior atenuação e maior resistência mecânica em comparação com as de vidro. Estas têm núcleo composto por polimetilmetacrilato (PMMA) ou polímero perfluorado (PF) (CARVALHO, 2015).

3.1.3. COMPOSIÇÃO DE SISTEMA ÓPTICO

Sistema de comunicação óptica é composto por um transmissor, cabo óptico e um receptor. Todos esses elementos estão presentes em todos os sistemas de comunicação óptica conforme está representado na figura 3 (AGRAWAL, 2014).

Figura 3 - Sistema de comunicação óptica.

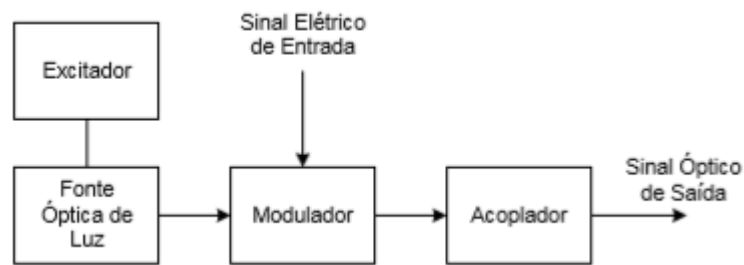


Fonte: CARVALHO; BADINHAN (2011).

3.1.3.1 Transmissor

Um transmissor, é responsável pela conversão do sinal elétrico de entrada em um sinal óptico. Duas classes de fontes ópticas constituem sistemas de transmissão por fibra óptica: o diodo emissor de luz e o diodo laser (CARVALHO; BADINHAN, 2011; KEISER, 2014).

Logo os transmissores ópticos são compostos de uma fonte de luz, um modulador e um acoplador, conforme representado na Figura 4. O modulador tem como função de introduzir a informação no sinal óptico, a partir do sinal elétrico de entrada. O sinal óptico é modulado pela variação da corrente elétrica, ou externamente, nos casos de sistemas em altas taxas de dados. O acoplador é uma microlente que focaliza o sinal óptico no plano de entrada da fibra óptica com a maior eficiência possível (SOARES, 2005).

Figura 4 - Transmissor Óptico.

Fonte: SOARES (2005).

3.1.3.1.1 Diodos emissores de luz.

O diodo emissor de luz LED é a fonte óptica mais simples e barata utilizada em telecomunicações. É usado em sistemas de transmissão de baixa capacidade devido a limitações de acoplamento, largura de espectro e velocidade de modulação (CARVALHO; BADINHAN, 2011).

Transmissão por fibra óptica os LEDs são viáveis para taxas de bits menores ou iguais a 100 - 200 Mbps possuem suas vantagens como: custo baixo, circuitos de acionamento pouco complexos, adequação às condições climáticas, vida útil aceitável e emissão de luz de superfície (KEISER, 2014; CARVALHO, 2015).

3.1.3.1.2 O Diodo a laser

Em relação ao diodo a laser, ressalta-se que possui vida útil menor que os LEDs por ter espessuras menores. O ponto de atenção fica em sua construção, que necessitam concentrar a corrente em uma pequena cavidade, controla-se este fator aumentando a resistividade ou com uma junção p-n quando polarizada positivamente, passa corrente pelo dispositivo e uma parte da energia fornecida ao dispositivo é emitida por ele na forma de luz. Outro ponto é sua dependência com a mudança de temperatura (CARVALHO, 2015).

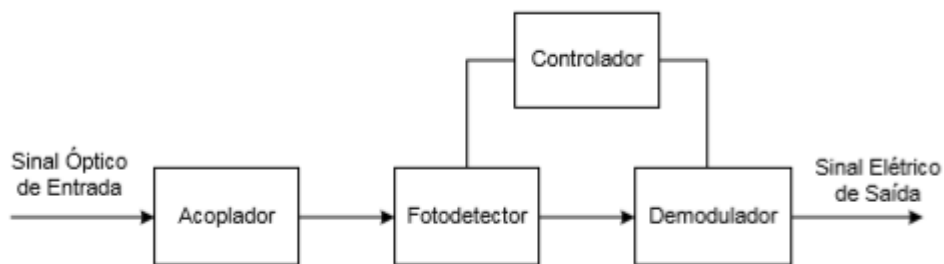
3.1.3.2 Receptor

Para tanto, os receptores são responsáveis pela conversão do sinal recebido em um sinal elétrico o mais parecido possível com o original. Seu funcionamento é

baseado na fotoionização do material semiconductor, em que a energia do fóton retira elétrons da banda de valência, levando-os para a banda de condução (CARVALHO; BADINHAN, 2011; KEISER, 2014).

Dessa forma, os receptores ópticos são compostos basicamente de um acoplador, um fotodetector e um demodulador, representado na Figura 5. O acoplador tem a função focaliza o sinal óptico recebido para a entrada do fotodetector. Os fotodetectores são usados em sistemas de comunicação são fotodiodos semicondutores devido a sua compatibilidade com as fibras ópticas. Frequentemente, o sinal recebido está na forma de pulsos ópticos representando os bits 0 e 1. No processo denominado detecção direta, o sinal recebido é convertido diretamente em corrente elétrica. A demodulação é realizada por um circuito de decisão que identifica os bits como 0 ou 1, dependendo da amplitude da corrente elétrica (SOARES, 2005).

Figura 5 - Receptor Óptico.



Fonte: SOARES (2005).

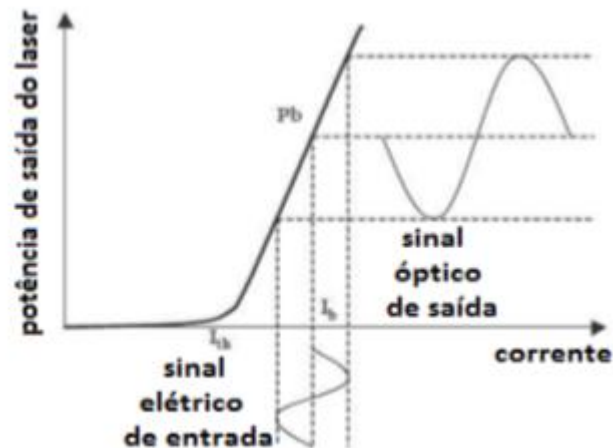
3.1.4 Modulação

Quando um sinal está representando uma mensagem, é modulada numa portadora, esta mensagem é alterada para representar uma mensagem que se quer transmitir. Métodos são usados para a modulação de um sinal numa portadora são modulados em frequência e amplitude (CAMPOS, 2007; FREGONEZI, 2015).

Primeiro passo para projetar um sistema de comunicação óptica é decidir como sinal elétrico será convertido em uma sequência de bits ópticos, geralmente a saída de uma fonte óptica é modulada aplicando o sinal elétrico ou diretamente a fonte óptica, esse processo é chamado de modulação direta, representado na Figura 6 (OLIVEIRA, 2011; FREGONEZI, 2015).

A modulação direta de lasers DML (laser modulado diretamente) é a maneira mais fácil de imprimir uma informação sobre uma portadora óptica. A informação é modulada sobre a corrente de controle do laser, resultado em modelo de modulação em intensidade binária (OLIVEIRA, 2011).

Figura 6 - Modulação Direta.

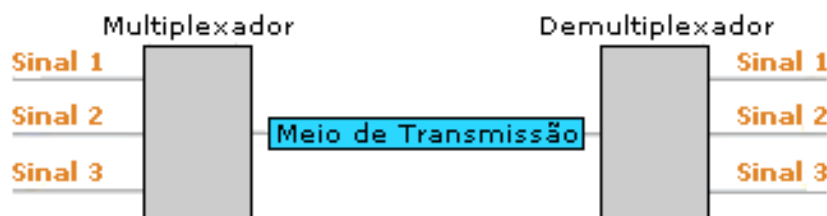


Fonte: OLIVEIRA (2011).

3.1.5 Multiplexação.

Multiplexação é um processo que transmite simultaneamente dois ou mais sinais de informação utilizando mesmo meio de transmissão como representado na figura 7 (CAMPOS, 2007).

Figura 7 - Multiplexação.



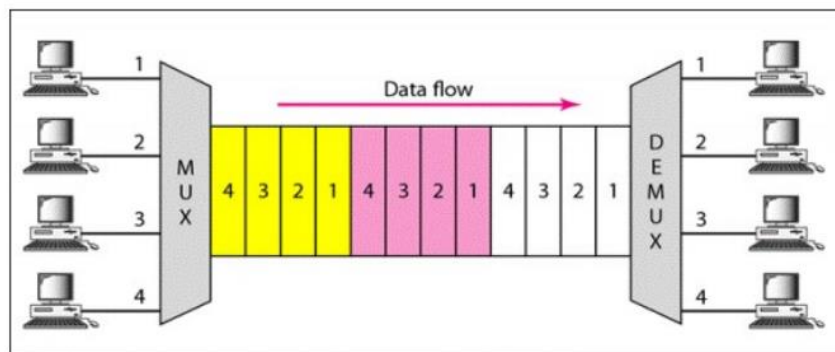
Fonte: CAMPOS (2007).

A multiplexação permite que diversos sinais sejam transmitidos em um sistema de transmissão óptica. São classificados em três tipos de multiplexação, TDM

(Multiplexação por divisão no tempo), FDM (Multiplexação por divisão da Frequência), WDM (multiplexação de cores comprimento de ondas de luz) (CAMPOS, 2012).

Multiplexação por divisão no tempo (TDM), não há a necessidade de modular o sinal conforme representado na figura 8. Para cada canal é designado um intervalo de tempo para que ele possa transmitir no meio de transmissão; A TDM é utilizada em transmissões digitais, utilizado em backbone de rede nacional (ARNDT, 2016).

Figura 8 - Multiplexação TDM



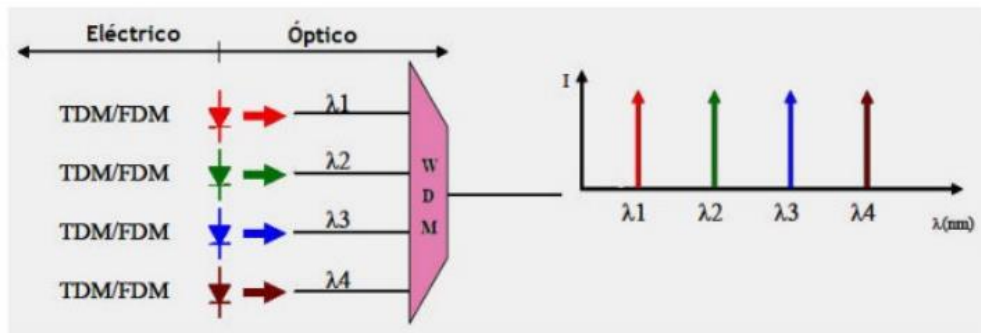
Fonte: ARNDT (2016).

Ressalta-se que a Multiplexação por divisão da Frequência FDM, inúmeros canais de informação são multiplexados em um único canal, obtidos pela união de cada a uma portadora diferente. Isto acontece porque, cada canal modula uma portadora com frequência diferente (CAMPOS, 2012).

Multiplexação FDM tem suas vantagens por apresentar baixo custo e por multiplexar de vários canais em um único canal, com uma única largura de banda junta por esses motivos o FDM é muito utilizada na propagação de sinais de rádio e TV (CAMPOS, 2012; CARVALHO, 2015).

Multiplexação por divisão de comprimento de onda WDM diferente dos outros métodos de multiplexação WDM multiplexa cores (comprimento de ondas de luz) permite transmitir informações independentes, cada uma dessas informações em um comprimento de onda diferente, em um multiplexador óptico são transmitidos numa mesma fibra conforme representado na Figura 9 (KEISER, 2014; CARVALHO 2015)

Figura 9 - Multiplexação WDM.

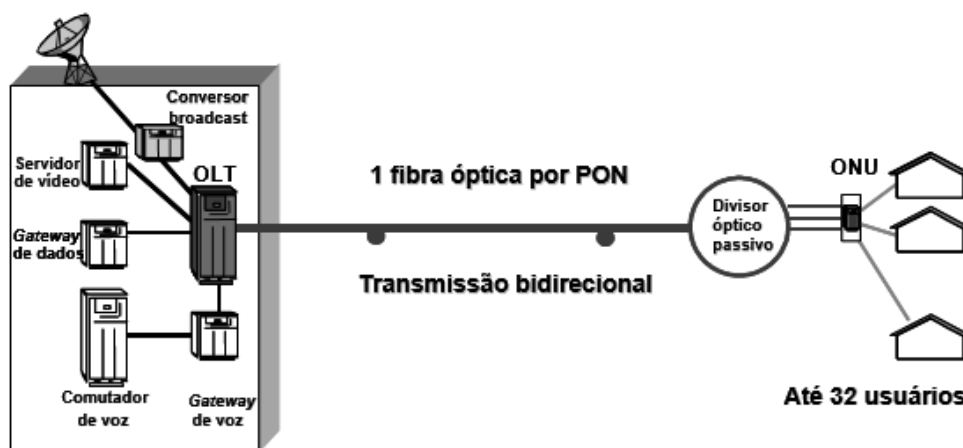


Fonte: CAMPOS (2012).

3.2 Redes ópticas passivas (PONs).

Rede óptica passiva denominada como rede de acesso construída por fibras ópticas, com configuração ponto-multiponto com componentes óticos passivos entre o OLT e a ONU. OLT (Terminal de linha óptica) tem a função de emitir sinal da central do provedor de serviço até usuários. ONU (Unidade de rede óptica) tem a função de converter sinal óptico em sinal elétrico recebido e fornecer acesso dos usuários concentrando o tráfego até que possa transmiti-los. Nas redes ópticas passivas não usa elementos que necessitam de energia, como representado na figura 10 (KEISER, 2014; TAKEUTI, 2005).

Figura 10 - Representação de uma rede óptica passiva.



OLT: Optical Line Terminal
ONU: Optical Network Unit

Fonte: TAKEUTI (2005).

O sinal é compartilhado entre os usuários ligados por uma rede, proporcionado baixo custo de operação, menores gastos com manutenção. O compartilhamento acontece através do divisor óptico, que tem a função de fracionar e distribuir os sinais da OLT às ONUs ou conduz sinal da ONUs para OLT através das fibras ópticas (TAKEUTI, 2005).

Redes ópticas passivas interligam o provedor ao local de destino, utilizando arquitetura FTTx (Fibra até x), surgiu com a necessidade de a fibra óptica chegar até um ponto específico, divide-se em: FTTH (Fibra para a casa); FTTB (Fibra até o Edifício); FTTCab (Fibra até o Gabinete); FTTC (Fibra até a calçada), representados na figura 11, arquiteturas utilizadas depende da rede de acesso, podendo estar localizada próximo ou mais longe do usuário (REZENDE, et al., 2013).

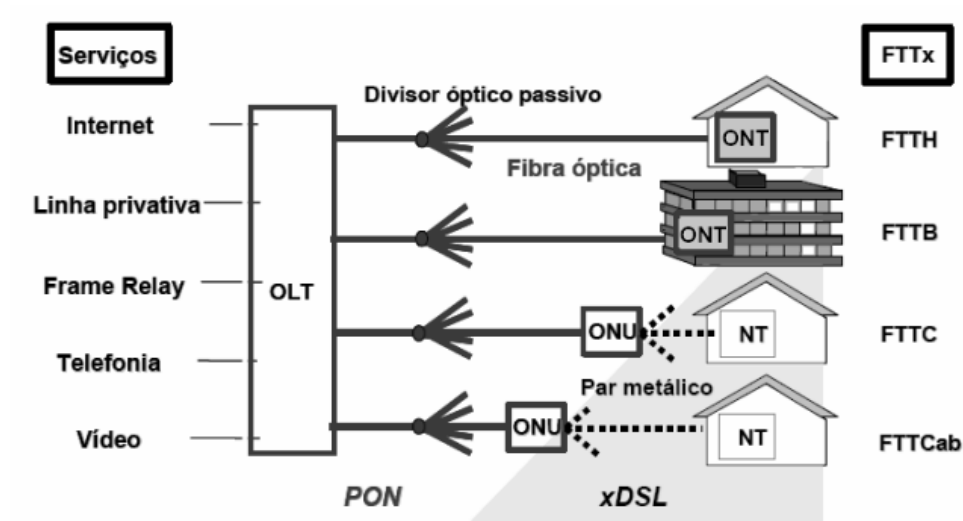
FTTH os equipamentos ativos da rede construída com fibra OLT localiza-se na estação e a ONU instalada na residência do cliente a fibra óptica chega até a casa do cliente, distribuição acontece através de uma rede utilizando cabo coaxial (FILGUEIRAS; PESSOA, 2015).

FTTB rede de acesso utiliza fibra óptica chega até um edifício e nessa arquitetura a ONU é instalada dentro de um edifício e dentro desse edificio outro meio e usado na transmissão, como por exemplo, cabo coaxial (REZENDE et al., 2013).

FTTC O armário e instalado no quarteirão a fibra chega até o armário a distribuição feita através de cabo coaxial até o usuário, deixando menor o tamanho cabo coaxial (TAKEUTI, 2005).

FTTCab ONU instalada no poste de telefonia ou de energia elétrica. Sua distribuição é feita através de VDSL ou ethernet, utilizando cabo coaxial ou par de cobres (REZENDE et al., 2013).

FIGURA 11 - Arquitetura FTTx



Fonte: TAKEUTI (2005).

Portanto, o FTTH apresenta maior custo de implantação, mas o FTTH é a única arquitetura que a fibra chega até a residência do cliente e não utiliza cabo coaxial, possui alguns benefícios com estabilidade e maior velocidade, hoje é a arquitetura que domina o mercado sendo utilizada em diversos países (FILGUEIRAS; PESSOA, 2015).

3.2.2 Tecnologias

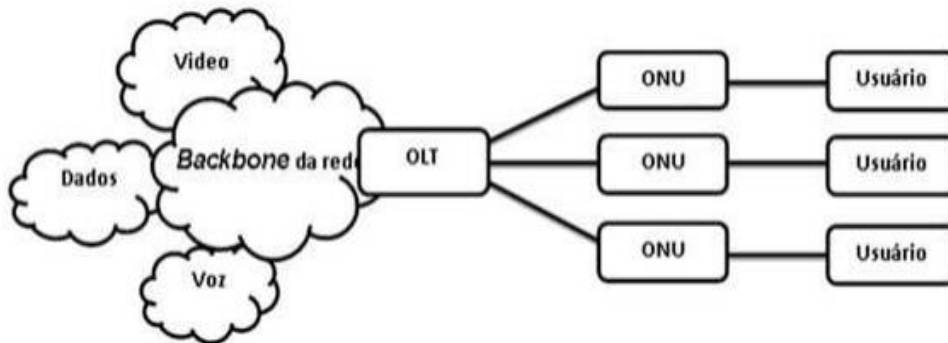
Arquitetura PON (Redes Ópticas Passivas) é composta de diversos modos de redes que possibilitam comunicar-se entre diferentes tipos de equipamentos, a seguir serão apresentadas as principais tecnologias e serão explicadas e ressaltando os princípios de funcionamento e suas características (RIBEIRO, 2008; SILVA, 2009).

3.2.2.1 APON

APON (Rede Óptica Passiva sobre Modo de Transferência Assíncrona) utiliza fibras monomodo e protocolo ATM (modo assíncrono de transferência). Tem intervalos irregulares por seu modo de transferência por ser assíncrono. Utilizada com frequência em instalações residências, sendo utilizado 20 km distância entre a ONT e o OLT. Versão inicial com transmissão simétrica nas velocidades de upstream e

downstream, de 155 Mbps e com comprimentos de onda para voz e dados de 1.310 nm no upstream e 1.490 nm no downstream,. E de vídeo, 1.550 nm no downstream, pacotes de dados 53 bytes fixo. Esse sistema pode apresentar em uma única fibra até 64 usuários, figura 12 representa modelo de uma rede APON (CARVALHO, 2015).

Figura 12 - Rede APON.



Fonte: REZENDE et al. (2013).

3.2.2.2 BPON

BPON (Rede Óptica Passiva Banda Larga) surgiu depois da APON normatizado pela ITU-T G983.1, com taxas de 155 Mbit/s simétricos e 622/155 Mbit/s assimétrico. Para downstream 622 Mbit/s e 155 Mbit/s para Upstream oferece pacotes de dados 53 bytes fixo. Com objetivo de atender demanda de elevadas taxas de bits para transferência de informações e acrescenta um novo comprimento de onda para transmissão de vídeo. BPON foi praticamente eliminado devido ao custo alto em comparação à Ethernet (REZENDE et al., 2013; KEISER, 2014).

3.2.2.3 E-PON

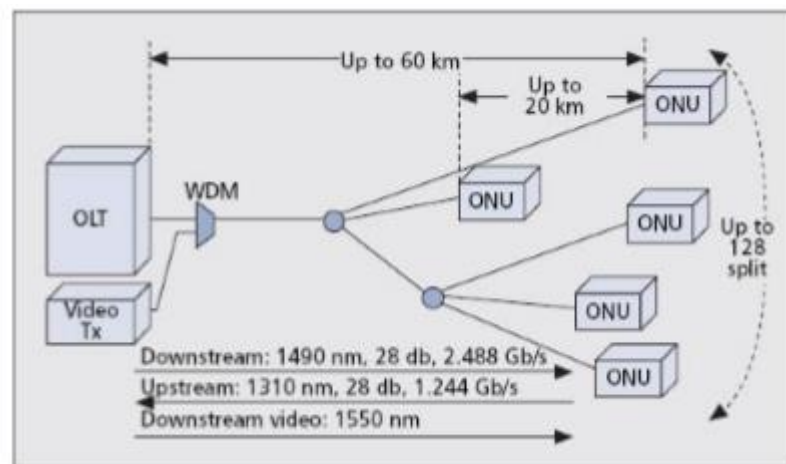
E-PON O padrão Ethernet PON normatizado pela IEEE especificado na norma IEEE 802. Principal objetivo diminuir os custos relacionados aos padrões anteriores, trocou-se o protocolo ATM por Ethernet este padrão permite transmissão de informações em pacotes com tamanhos que variam entre 64 bytes a 1.518 bytes, nos padrões anteriores APON e BPON os pacotes são fixos com 53 bytes. E-PON um OLT conecta-se a 16 ou 32 ONUs. As velocidades de Transmissão com velocidades que

aumentaram para 1,25 Gbps simétrica. O comprimento de onda mantém os mesmos das duas arquiteturas já estabelecidas com base na distância entre OLT e ONUs, 10 km (CARVALHO, 2015).

3.2.2.4 G-PON.

Já a Gigabit PON (G-PON) surgiu com finalidade garantir segurança na transmissão. Como representado na figura 13 G-PON tem as características; Downstream de dados, com comprimento de onda 1490 nm, transferência de 2.488 Gb/s, Downstream de vídeo: comprimento de onda 1550 nm, Upstream com comprimento de onda 1310 nm, transferência de 1.244 Gb/s, normalmente, a largura de banda é compartilhada por 32 usuários. (CARVALHO, 2015).

Figura 13 - Rede G-PON.



Fonte: SILVA (2009).

GPON aprovado 2004 pela IEEE e pela ITU-T nas recomendações G.984.1 até G.984.4, GPON desenvolvido a partir da BPON com grandes melhorias nas taxas de distâncias, tabela 1 apresenta uma comparação entre redes APON, BPON e GPON.

Tabela 1 - Comparação entre redes APON, BPON e GPON.

CARACTERÍSTICAS	APON/BPON	GPON
Padrões	ITU-T G.983	ITU-T G.984
Capacidade de transmissão	155/622 Mbit/s	2,5 Gbit/s
Tamanho dos pacotes de dados	Fixo de 53 bytes	Variável de 53 bytes a 1518 bytes
Protocolo	ATM	ATM/Ethernet
Comprimento de onda <i>downstream</i>	1490 nm e 1550 nm	1490 e 1550 nm
Comprimento de onda <i>Upstream</i>	1310 nm	1310 nm
Alcance	20 km	20 km
Taxa de fracionamento	1:32	1:128
Largura de banda média por usuário	20Mbit/s	20Mbit/s
Custos estimados	Baixo	Médio
QoS	Sim	Sim
OAM	Sim	Sim
Voz	Sim	Sim
Segurança	Sim	Sim

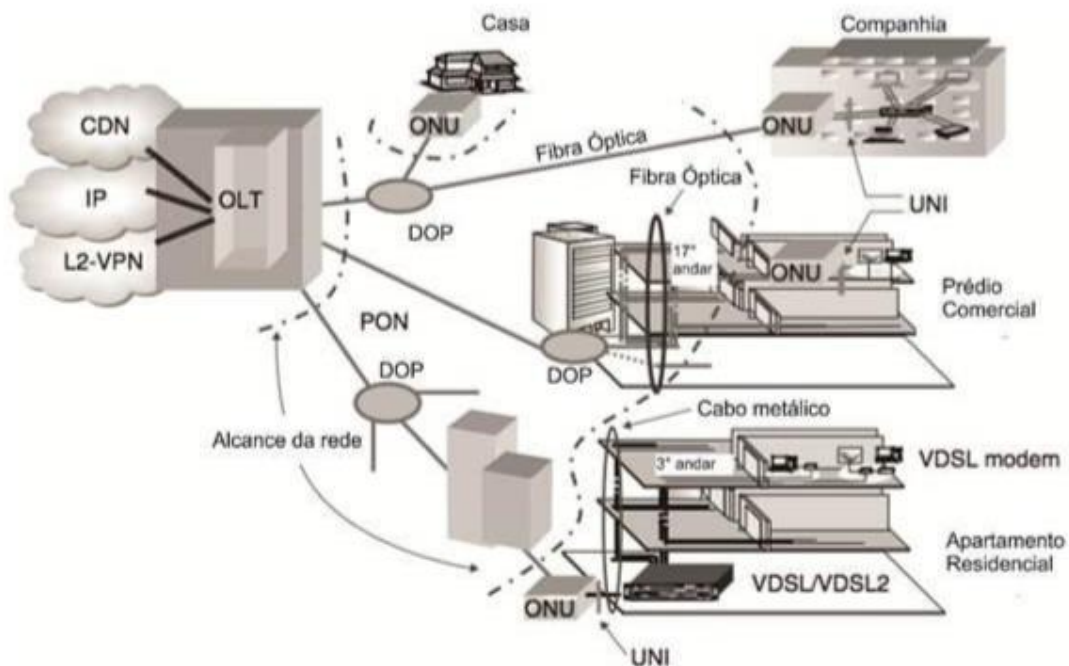
Fonte: (REZENDE et al. (2013).

3.2.2.5 G-EPON.

GEPON (Rede Óptica Passiva Gigabit Ethernet) surgiu com base na arquitetura EPON, o G-EPON aprovado pelo IEEE em 2004, estabelecido pela norma 802.3ah, com o objetivo de oferecer transmissão acima de 1Gbit/s e enorme largura de banda, próximo de 80Mbit/s para cada usuário. GEPON se divide em duas classes, PX10 e PX20, que diferenciam pela distância transmissão, que é, até 10 km e até 20 km. Especificamente a rede G-EPON utiliza um DOP para 16 fibras, que podem ser utilizadas para downstream (D) para Upstream (U) conforme representado na figura 14 (REZENDE, et al., 2013).

GEPON possui menor capacidade de banda e menores números de clientes, por isso, é mais indicada para condomínios, prédios e centros comerciais. Nestes casos, o GEPON pode substituir a utilização de conversores de mídia, proporcionando mais possibilidades na rede com a agregação de novos serviços (MULLER, 2018)

Figura 14 - Rede G-EPON.



Fonte: REZENDE et al (2013).

3.2.2.6 10G-EPON

Desenvolvida com objetivo de criar uma compatibilidade com a EPON já existente em vários países e proporcionando altas taxas de transferência, sendo capaz de alcançar 10 Gb/s. É especificado na norma IEEE, o IEEE 802.3av, foi aceito em 2007 (RIBEIRO, 2008).

Construído de forma simétrica, com capacidade de até 10Gbit/s para upstream e downstream, ou assimétrica, com capacidade 1Gbps para upstream e 10Gbit/s para downstream capaz de atender até 128 usuários com distância de até 20 km. 10GE-PON utiliza dois grupos, simétrico e assimétrico, que estão divididos em três classes. PRX10, PRX20 e PRX30, grupo simétrico composto por PRX10, PRX20 e grupo assimétrico composto por PRX30, conforme representado na tabela 2:(RIBEIRO, 2008; REZENDE, et al., 2013).

Tabela 2 - Classes do 10GE-PON

CARACTERÍSTICAS		PRX10	PR10	PRX20	PR20	PRX30	PR30
Comprimento de onda <i>upstream</i> nominal transmissão	de da	1310nm	1270nm	1310nm	1270nm	1310nm	1270nm
Comprimento de onda <i>downstream</i> nominal transmissão	de da	1577nm		1590nm			
Downstream		10Gbit/s					
Upstream no modelo simétrico		10Gbit/s					
Upstream no modelo assimétrico		1Gbit/s					

Fonte: REZENDE et al (2013).

3.2.2.7 NG-PON1

NG-PON (*Novas geração PON*) utiliza topologia híbrida de TDM e WDM diferente das arquiteturas GPON, E-PON e 10G E-PON que utilizam TDM (Multiplexação por divisão de tempo), e a WDM-PON faz distribuição de um comprimento de onda para cada assinante (REZENDE et al., 2013).

NG-PON é dividido em duas fases: NG-PON1 e NG-PON2 o NG-PON1 aprovado em 2010 pela norma ITU-T G.987. Determina que a primeira fase no desenvolvimento do sistema PON-XG-PON1 adaptável com 10 gigabit. Transmissão com velocidade no montante do XG-PON1 é de 2,5 Gbit/s. XG-PON1 contém também as tendências que se referem à 2ª fase no desenvolvimento do sistema PON de dez gigabits (XG-PON2) que antecipa a velocidade de transmissão simétrica de 10 Gbit/s na parte a jusante e a montante dos dados (ERZEN; BATAGELJ, 2012).

NG PON2 é uma grande evolução do GPON com velocidades muito altas, suportando 40 Gbit/s simétricas (para upload e download). O XGS-PON é limitado a 10 Gbit/s para download e para upload. Permite que vários comprimentos possam ser utilizados na mesma fibra e cheguem ao usuário final, NG-PON 2 no futuro ira subsistir as tecnologias utilizadas atualmente (MULLER, 2016).

3.3 O FUTURO DAS REDES: E TENDÊNCIAS DE MERCADOLÓGICAS

Redes com cabeamento metálico é um tipo de rede muito utilizada atualmente em telecomunicações, no Brasil redes de cabeamento metálico e Redes sem fios (Wireless) oferecem velocidades de transmissão considerável, porém muito inferior que as redes ópticas passivas que utilizam fibra óptica como meio de transmissão. Redes de cabeamentos metálico possui interferências de radiofrequência e a ondas eletromagnéticas, como as micro-ondas, é muito mais propenso a sofrer com ruídos eletrônicos (SILVA, 2015).

Já as redes sem fio (Wireless) ou rádio frequência surgiram para complementar às redes cabeadas, transmissão de dados feita através do ar que se constituem como meio físico para propagação de sinais eletromagnéticos, oferece mobilidade e a visualização rápida dos dados independentemente da localização do usuário. (GOMES, 2015).

Redes sem fios (Wireless) apresentam baixo custo de implantação em comparação as de redes de cabeamento metálico e são representadas pelos principais padrões utilizados 802.11a, 802.11b e 802.11g, suas taxas de transmissão variam entre 11 Mbps até 54 Mbps com alcance de até 100 metros dependendo do padrão escolhido, a velocidade da transição varia de acordo com a distância, Utilizam portadoras de rádio e de infravermelho, os dados são modulados na portadora de rádio e transmitidos através de ondas eletromagnéticas (GOMES, 2015; SILVA, 2015).

O maior obstáculo para o cabeamento metálico é Redes sem fios (Wireless) é a transmissão por curtas distância e interferência, a fibra óptica poder ser a solução, pois, tem capacidade de transmissão com maiores distancias, além de trabalhar com melhores taxas de transmissão e sem interferências (SILVA, 2015).

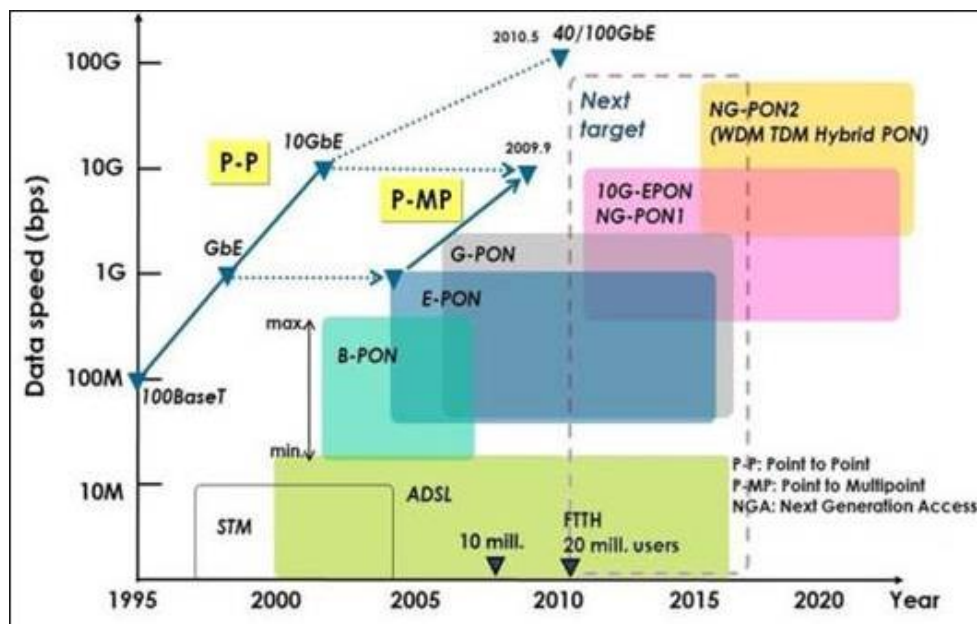
A tabela 3, apresenta dados de uma pesquisa dos tipos de internet residencial oferecida pelas operadoras na cidade de Patos de Minas – MG, os dados medidos em residências entre elas se destacam rede cabeamento metálico DSL (Linha Digital Assimétrica para Assinante), sem fio (Wireless) e GPON e uma comparação entre a velocidade de transmissão fornecidas com os resultados da tabela 3 percebe-se que as redes GPON é a melhor escolha, por oferece melhores taxas de transmissão sem nenhum tipo de interferências .

Tabela 3 - Rede cabeamento metálico DSL, sem fio (Wireless) e GPON

SERVIÇO	MEIO DE TRANSMISSÃO	DOWN (MBPS)	UP(MBPS)
Wireless	radiofrequências - radiações eletromagnéticas	1,27	0,26
cabeamento metálico DSL	Par trançado	6,36	0.61
GPON	Fibra óptica	31,66	4,39

Fonte: Adaptado – 2018

Fica evidente que, existem diversas aplicações das redes ópticas passivas no mundo utilizadas em vários países, entre as topologias já existentes a GPON e mais utilizada empregando a arquitetura FTTH com implantação residências e empresarias. Espera que GPON continue a ser a principal escolha de tecnologia até 2021. A figura 15, a seguir, representa a evolução das redes ópticas passivas e o ano em que surgiu em função da velocidade de transmissão (OLIVEIRA, 2010)

Figura 15 - Evolução das redes ópticas passivas.

Fonte: OLIVEIRA (2010).

A figura 15, mostra as diferentes tecnologias começando pelo BPON, depois a EPON e a GPON. Com aumento das necessidades surgem a (NG-PON) tecnologias de nova geração (NG-PON1 e 10G EPON). O NG-PON2 esta- se desenvolvendo através de normas e tecnologias, que permitam viabilizar os requisitos formulados

para implantação que tem capacidade oferecer taxa de transferência de até 40Gbps de simétricos (REZENDE, 2013).

Além disso, estima-se que por volta do ano 2020, terá um número maior de operadoras em todo o mundo optará pelo NGPON-1 utilizando XG-PON1 ou 10G-PON começando em 2019 diversos países como China, Coreia e Japão estão implantando o 10G EPON que está se tornando rapidamente a tecnologia de próxima geração, escolha para fornecer serviços assimétricos de 10Gbps Com o surgimento de novos equipamentos o 10G EPON continuam a crescer, impulsionada atualmente pela China Telecom, que está no processo de atualizar uma parte de suas redes 1G de primeira geração para fornecer maior largura de banda para unidades de várias habitações (HEYNEN, 2017; MULLER, 2018).

4. RESULTADOS DA PESQUISA COM A ALGAR TELECOM

No ano de 1954 na cidade de Uberlândia (MG) Alexandrino Garcia deu início a empresa CTBC (Companhia de Telefones do Brasil Central), com objetivo de melhorar a comunicação entre os moradores da região que na época era muito difícil, adquiriu inúmeras concessões municipais e de cidades vizinhas. Na década de 1960 seus negócios foram-se expandindo para mil linhas em Uberlândia foram incorporados serviços de telefonia para cidade de Patos de Minas na década de 1980 ofereceram a oferta de serviços para o interior do Brasil. No decorrer da década de 1990 foi construída a primeira rede de fibra óptica, passaram a oferecer TV por assinatura para Araguari (MG) e em Uberlândia (MG) (TELECOM, 2018).

A partir do ano 2000 foi mudada a razão social da CTBC para Algar Telecom foi incluído o portfólio código 12 chamadas de longa distância, autorização para expandir os serviços telefonia fixa e dada para todo o País, no ano de 2010 o lançamento da TV via satélite foi também adquirida a Banda H (3G) em áreas complementares expandindo a atuação no varejo para 19 cidades foi também realizado o acordo e construção do cabo submarino, ligando Santos (Brasil) a Boca Raton (EUA) (TELECOM, 2018).

Os investimentos da Algar Telecom no GPON iniciaram, desde 2012, no desenvolvimento da linha de fibra óptica de produtos que foi lançada em 2016, utilizando a configuração FTTH. Com o GPOM a Algar Telecom conquistou grande

aceitação no mercado, oportunidade para oferecer produtos diferenciados, (LOPES, 2017).

Logo, segundo os dados fornecidos na pesquisa a com a empresa Algar Telecom oferece serviços utilizando rede óptica passiva com a topologia GPON (Gigabit PON,) com configuração FTTH (Fibra para casa) onde a fibra chega até o cliente, o OLT (Terminal de linha óptica) e instalada na central e a ONU (Unidade de Rede Óptica) e instalada dentro do ambiente do usuário fornecendo internet com velocidade de transmissão de 60 Mbps a 200 Mbps com velocidades para downstream 200Mbit/s e 120 Mbit/s para Upstream, incluindo serviço de telefone e TV essas velocidade transmissão varia muito de acordo com o pacote adquirido pelo cliente.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados obtidos, as redes ópticas passivas (PONs) hoje representam o avanço da tecnologia permitem que grandes quantidades de dados sejam transmitidas por segundo. GPON topologia mais viável no mercado atual capaz de oferecer em um mesmo sistema serviços de internet, vídeo, voz, backhaul para redes móveis, usando conectividade 100% via fibra óptica utilizando arquitetura FTTH fibra óptica desde a central de atendimento até a residência do cliente.

Os sistemas de telecomunicação no Brasil estão defasados com relação a outros países, Europeus, Coreia, EUA e Japão que já estão sendo desenvolvidos NGPON-1 utilizando 10G-PON. No Brasil vem sendo utilizado o GPON por melhor viabilidade e capacidade de atender o mercado atual os resultados obtidos na pesquisa realizada em empresa de telecomunicação Algar Telecom que utilizam rede óptica passiva com topologia GPOM e arquitetura FTTH, , mas as redes ópticas passivas (PONs) já tem outras topologias capaz de oferecer maiores capacidade de transmissão como NGPON-1 utilizando 10G-PON capaz de oferecer serviços assimétricos de 10Gbps por possuir custos elevados são inviáveis para mercado atual que estão sendo desenvolvidas e no futuro ira dominar o mercado, pois seus benefícios são muitos superiores.

6. REFERÊNCIAS

AGRAWAL, Govind P.. **Sistemas de Comunicação por Fibra Óptica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2014.

ARNDT, Deise Monquelate. **Multiplexação de Sinais**. São José: Instituto Federal de Santa Catarina, 2016. 11 slides, color.

CAMPOS, André Luiz Gonçalves. **Fibras ópticas** - uma realidade reconhecida e aprovada. 2012.

Disponível em: <https://memoria.rnp.br/newsgen/0203/fibras_opticas.html#ng-4>.

Acesso em: 30 nov. 2017

CAMPOS, Alessandro de Souza. Telefonía: A Convergência de Voz em Dados. **Teleco**, São Paulo, p.1-18, 11 dez. 2007.

CARVALHO, Álvaro Gomes de; BADINHAN, Luiz Fernando da Costa. **Habilitação técnica em Eletrônica: Eletrônica Telecomunicações**. 5. ed. São Paulo: Fundação Padre Anchieta, 2011.

CARVALHO, Priscila. **Aplicação Da Fibra Óptica Em Sistemas Fttx**. 2015. 83 f. TCC (Graduação) - Curso de Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015

ERZEN, Vesna; BATAGELJ, Bostjan. NG-PON1: technology presentation, implementation in practice and coexistence with the GPON system. **Elektrotehniski Vestni**, Liubliana, p.118-122, 11 out. 2012.

FREGONEZI, Marcos Aurélio Seluque. **MODULAÇÃO**. São João Del-Rei: UFSJ, 2015. Color. Disponível em: <[https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/fregonezi/Pre Requisito 5 Modulacao.pdf](https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/fregonezi/Pre_Requisito_5_Modulacao.pdf)>. Acesso em: 08 mar. 2018.

FILGUEIRAS, Gustavo Mariani Gomes Daniel; PESSOA, Cláudio Roberto Magalhães. FTTH EM REDES OPTICAS PASSIVAS. **Fumec**, Belo Horizonte, v. 1, p.1-9, 2015.

GOMES, Daniel Cardoso. **Cabeamento metálico x óptico x RF – Comparativo**. 2015. Disponível em: <<http://www.redesecia.com.br/cabeamento-estruturado/cabeamento-metalico-optico-rf/>>. Acesso em: 09 abr. 2018.

HEYNEN, Jeff. **Os gastos combinados de FTTH e DSL ficam lentos até implantações PON e G.fast de 10 Gbps**. 2017. Disponível em: <<https://translate.google.com.br/translate?hl=pt-BR&sl=en&u=http://techblog.comsoc.org/2017/05/27/combined-ftth-and-dsl-spending-set-to-slow-until-10-gbps-and-g-fast-deployment/&prev=search>>. Acesso em: 10 mar. 2018

KEISER, Gerd. **Comunicações POR FIBRAS ópticas**. 4. ed. Porto Alegre: Amgh, 2014.

LINHADETRANSMISSÃO. **Características de transmissão da fibra óptica dispersão**, 2017 Disponível em: http://www.linhadetransmissao.com.br/tecnica/fibraoptica_caracteristicas_dispersao.htm. Acesso em: 06 de março de 2018.

LOPES, Áurea. **Mercado de GPON ganha novos fornecedores**. 2017. Disponível em: <<http://www.telesintese.com.br/mercado-de-gpon-ganha-novos-fornecedores/>>. Acesso em: 18 mar. 2018.

MADEIRA, Antônio. **Fibras Ópticas – Características e os principais tipos**. 2013. Disponível em: <<http://www.stconsulting.com.br/telecom/fibras-opticas---do-conceito-a-aplicacao---parte-2-tipos-fibras-e-cabo>>. Acesso em: 29 nov. 2017.

MINAYO, Maria Cecília de Souza (org.). **Pesquisa Social. Teoria, método e criatividade**. 18 ed. Petrópolis: Vozes, 2001.

MESQUITA, Odair dos Santos. PERSPECTIVAS DE SOLUÇÕES TECONOMICO PARA PROJETOS DE REDE BANDA LARGA. **Revista de Ciências Exatas e Tecnologia**, Campinas, v. 8, p.127-140, 2013.

MULLER, João. **O futuro das redes PON: tendências de mercado**. 2016. Disponível em: <<https://www.cianet.com.br/o-futuro-das-redes-pon-tendencias-de-mercado/>>. Acesso em: 02 mar. 2018.

OLIVEIRA, Gustavo Silva. **Formatos de Modulação de uma Portadora Óptica com Detecção direta**. 2011. 89 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica Com ênfase em Eletrônica, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

OLIVEIRA, Patrícia Beneti de. Soluções de Atendimento em Fibra Óptica II. **Soluções de Atendimento em Fibra Óptica I**, Londrina, p.1-39, 29 nov. 2010. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialsolfo1/default.asp>>. Acesso em: 05 nov. 2017.

PEREIRA, Francisco Carlos de Lima. **Proposta De Um Método Para Otimização Dimensionamento De Redes GPON**. 2013. 73 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Informática, Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2013.

PEREIRA, Rafael José Gonçalves. **Fibras ópticas e WDM**. Disponível em: <https://www.gta.ufrj.br/grad/08_1/wdm1/index.html>. Acesso em: 20 nov. 2017.

REZENDE, André Felipe Rodrigues da Silva; Rafael Halfeld da Silva; Silvano Ribeiro de Oliveira; Thiago de et al. Redes PON I: Novas Tecnologias e Tendências. **Teleco**, Santa Rita do Sapucaí, p.1-17, 05 jul. 2013. Disponível em: <www.teleco.com.br/pdfs/tutorialpontec1.pdf>. Acesso em: 03 jan. 2018.)

RIBEIRO, Rafael Vendrell. **Passive Optical Network (PON)**. 2008. Disponível em: <https://www.gta.ufrj.br/ensino/eel879/trabalhos_vf_2008_2/rafael_ribeiro/index.html>. Acesso em: 28 fev. 2018.

SILVA, Cleiber Marques da. **PON-PASSIVE OPTICAL NETWORK**. 2009. 12 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de e Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações, Instituto Federal de Santa Catarina, São José – Sc, 2009.

SILVA, Waldirley Lopes. Rede GPON: Uma Breve Abordagem da Tecnologia. **Teleco**, Juiz de Fora, p.1-26, 06 jul. 2015. Disponível em: <.com.br/tutoriais/tutorialgpontec/default.asp>. Acesso em: 09 abr. 2018.

SOARES, Antônio José Martins. **Comunicações Ópticas**. 2005. 59 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

TAKEUTI, Paulo. **Projeto E Dimensionamento De Redes Ópticas Passivas (PONs)**. 2005. 85 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

TELECOM, Algar. **NOSSA HISTÓRIA**. 2018. Disponível em: <<https://www.algartelecom.com.br/institucional/algar/historia>>. Acesso em: 05 mar. 2018.

VIEIRA, Arthur. **Refração da luz: por que a fibra óptica e o arco-íris são “parentes”?** Disponível em: <<https://descomplica.com.br/blog/fisica/refracao-da-luz-por-que-a-fibra-optica-e-o-arco-iris-sao-parentes/>>. Acesso em: 22 fev. 2018.

7. Anexo 1 – Autorização do Gestor Algar Telecom para utilização de dados

Prezado Gestor Algar Telecom Patos de Minas

Em cordial visita,

Servimo-nos do presente para solicitar que os alunos Vinicius de Araújo Barbosa e Marcus Murilo Metz, discentes regularmente matriculados no 10º período de Engenharia Elétrica da Faculdade Patos de Minas – FPM busquem com vossa senhoria dados para complementação de seu Trabalho de Conclusão de Curso sobre fibras óticas, sob orientação do professor Me. Guilherme Thyago Fernandes.

No mais agradecemos vossa imensa colaboração certos de vosso consentimento

Patos de Minas 06 de março de 2018

Dr. Saulo Gonçalves Pereira
Professor da TCC da FPM

RECEBEMOS
EM 07/03/2018
HORA 09:45

FABIO JUNIO FERREIRA
ANALISTA TELECOM
ALGAR TELECOM
PATOS DE MINAS - MG