

Análise de infraestrutura HFC e GPON: Vantagens e Desvantagens na Distribuição de Serviços Integrados

André Bruno Malatesta de Campos, Romualdo Monteiro de Resende Costa

Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação – Centro de Ensino Superior de Juiz de Fora (CESJF) – Campus Academia
36016-000 – Juiz de Fora– MG– Brasil

{andre__malatesta@hotmail.com, romualdomrc@gmail.com}

***Abstract.** This work aims to explain the operation of the Hybrid Fiber Coax Network and the GPON Network (Gigabit Passive Optical Network). After explaining the operation its advantages and disadvantages are explored in a comparative way. During this analysis are presented examples of maps, organizational charts and equipment that are used in the city of Juiz de Fora in a local Telecommunications company. The paper aims to show which network is best for today's traffic needs and what the future of the Internet-to-customer transmission medium should be, especially for TV and voice applications.*

***Resumo.** Este trabalho tem como finalidade explicar o funcionamento da Rede HFC (Hybrid Fiber Coax) e da Rede GPON (Gigabit Passive Optical Network). Após a explicação do funcionamento são exploradas as suas vantagens e desvantagens, de maneira comparativa. Durante essa análise são apresentados exemplos de mapas, organogramas e equipamentos que são usados na cidade de Juiz de Fora em uma empresa de Telecomunicações local. O trabalho pretende mostrar qual rede é a melhor para as necessidades de tráficos atuais e qual deverá ser o futuro do meio de transmissão da Internet até o cliente, principalmente para as aplicações de TV e de voz.*

1. Introdução

Transmissões de TV, tradicionalmente, são implementadas através de radio frequência, de forma similar às transmissões de rádio. Esse modelo de transmissão enfrentou dificuldades ao longo da sua história, uma vez que outras transmissões e, até mesmo, os reflexos da mesma transmissão podem interferir na recepção do sinal. Esse é o caso, por exemplo, do ruído branco (BALANIS, 1997). Além disso, para cada área de recepção é necessária uma antena de transmissão, de tal forma que áreas contínuas podem sofrer interferência mútua, conhecida como interferência co canal, que é a interferência de sinais que usam a mesma frequência em um certo espaço geográfico. (BALANIS, 1997).

Considerando as dificuldades na recepção das transmissões de TV sem fio, tentativas de transmissão a cabo são reportadas. Em 1948 na cidade de Astória, estado de Oregon, Estados Unidos, Ed Parsons instalou uma antena em uma montanha e a ela ligou cabos e amplificadores até sua casa. Ele também conectou seus vizinhos ao sistema e começou a cobrar taxas de instalação e manutenção do sinal. Este sistema ficou conhecido como Antena Comunitária (POSSEBON, 2009) e proporcionava uma significativa melhora na recepção do sinal em comunidades afastadas. Também em 1948, o comerciante americano John Walson, com o objetivo de aumentar as vendas dos

aparelhos de televisão instalou uma antena no alto do morro e, de lá, puxava cabos para as casas das pessoas que comprassem televisores na sua loja. No Brasil, uma das primeiras cidades a implantar TV a Cabo foi São José dos Campos em 1976 (POSSEBON, 2009).

O sistema de transmissão a cabo possibilita uma ampla faixa de transmissão, uma vez que a blindagem impede que os canais presentes no ar interfiram nos canais presentes no cabo e vice-versa. O sistema também possibilita alocar uma faixa de frequência exclusiva para o sinal de retorno. Além disso, outros sinais podem ser enviados nesse meio, implementando outros serviços. Assim, num único cabo é possível ter, além do sinal de TV, Internet banda larga, telefonia e serviços que dependam da interatividade, como vídeo sob demanda (VoD), mas para isso é necessária uma infraestrutura de comunicação adequada.

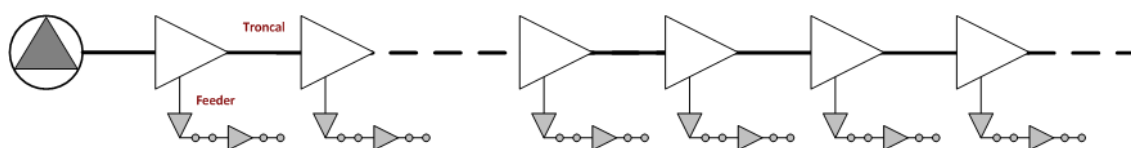
Transmissões de telefonia tradicionalmente têm utilizado redes de acesso do tipo par trançado de cobre (MEDEIROS, 2005). Apesar do avanço nas taxas de transmissão sobre esse meio físico obtidas, principalmente, através da tecnologia xDSL (MEDEIROS, 2005), a largura de banda dessas redes tem sido inferior a obtida através das transmissões via cabo coaxial e, mais recentemente, fibra óptica. Por conta disso, este trabalho concentra-se na avaliação dessas últimas duas tecnologias. Assim, a próxima seção analisa as características da rede híbrida fibra coaxial (HFC) (TUNMANN, 1995), seguida pela análise, na seção subsequente, das características das redes de fibra óptica passiva (GPON) (CALE, 2007) que são aquelas sem fontes de energia intermediárias e que onde toda a informação é transmitida bidirecionalmente sobre uma única fibra. A seguir, a Seção 4 apresenta uma análise das possibilidades com destaque para as vantagens e desvantagens das duas redes, seguida pela Seção 5 que apresenta as considerações finais e os trabalhos futuros.

2. Rede HFC - Rede Híbrida Fibra Coaxial

2.1 Rede HFC – Aspectos Gerais

No início, as redes de TV a cabo eram construídas apenas com cabos coaxiais e vários amplificadores em cascata. Isso prejudicava a qualidade do sinal, uma vez que cada amplificador provoca distorções no sinal num efeito acumulativo. A Figura 1 representa esses amplificadores em série. Toda vez que o sinal é amplificado diretamente, o ruído existente no sinal também é amplificado.

Figura 1. Organograma de uma rede somente com amplificadores.

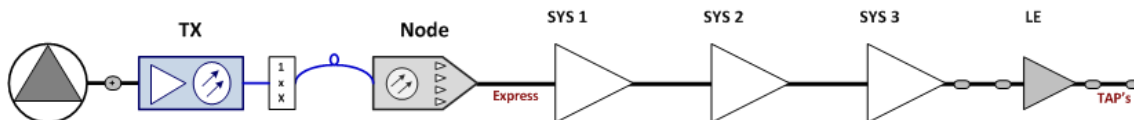


Fonte: TV por Assinatura 20 Anos de Evolução, POSSEBON - 2009

Com o tempo, o sistema evoluiu para uma rede híbrida, constituída de um trecho inicial de fibra óptica, seguido de um trecho de cabos coaxiais. Essa mudança

proporcionou uma melhor qualidade de sinal, uma vez que o número de amplificadores foi reduzido e a fibra óptica não provocava distorções. O sistema ainda era unidirecional, ou seja, permitia a transmissão apenas no sentido Headend (TUNMANN, 1995), que é a central de distribuição do serviço que será explorada adiante, para os clientes. A Figura 2 representa essa situação, onde apenas no final da rede são usados os amplificadores sobre o cabo coaxial. Na Figura 2, a ligação entre o Headend e o node (nó), de onde parte a distribuição do cabo coaxial, é realizada através de fibra óptica.

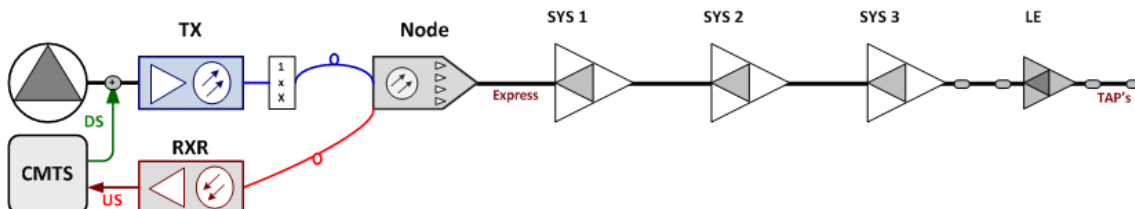
Figura 2. Organograma de uma rede HFC unidirecional.



Fonte: TV por Assinatura 20 Anos de Evolução, POSSEBON - 2009

O próximo passo foi tornar a rede bidirecional, permitindo que o sinal trafegasse no sentido cliente para o Headend. Isso possibilitou a oferta de serviços de acesso à Internet banda larga, telefonia e interatividade, como vídeo sobre demanda, por exemplo. A Figura 3 representa essa situação. Nessa figura, o nó está conectado a dois enlaces de fibra, que normalmente realizam o download e o upload das informações, respectivamente. Na figura, os amplificadores passam a permitir também o retorno da informação amplificada.

Figura 3. Organograma de uma rede HFC bidirecional.

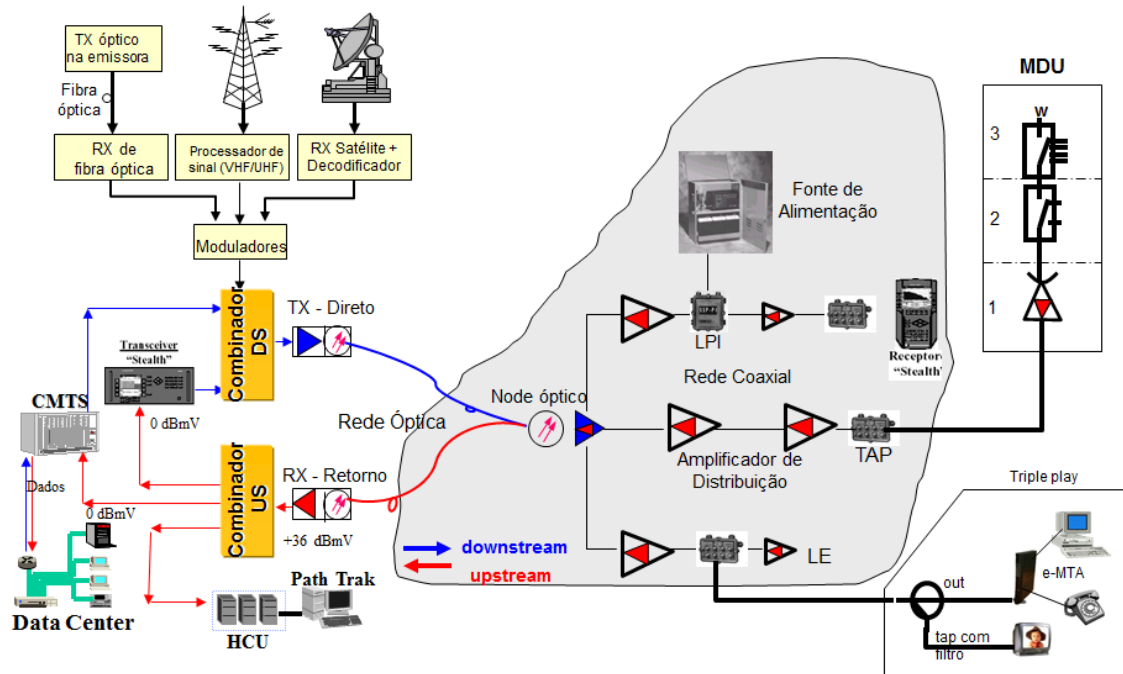


Fonte: TV por Assinatura 20 Anos de Evolução, POSSEBON - 2009

No Headend ocorre todo o processamento do sinal que é enviado ao cliente. Os sinais de TV são recebidos via antena parabólica, fibra óptica e antenas comuns para serem digitalizados, modulados e combinados com outros serviços para serem enviados a campo. Ao mesmo tempo, o sinal que retorna do cliente é recebido e direcionado aos respectivos equipamentos. Também há equipamentos necessários ao alinhamento e manutenção da rede óptica e coaxial com os quais o técnico de rede externa interage diariamente para alinhamento e limpeza de ruído.

A Figura 4 mostra o diagrama esquemático previsto desde o Headend até o equipamento do cliente. Na Figura 4 o sinal de Internet é modulado com o sinal de TV, recebido por UHF/VHF ou satélite, para o envio ao cliente. Também são combinados os sinais de direto (download) e retorno (upload) em uma única fibra através da multiplexação (TUNMANN, 1995).

Figura 4. Organograma de uma rede HFC incluindo o Headend.



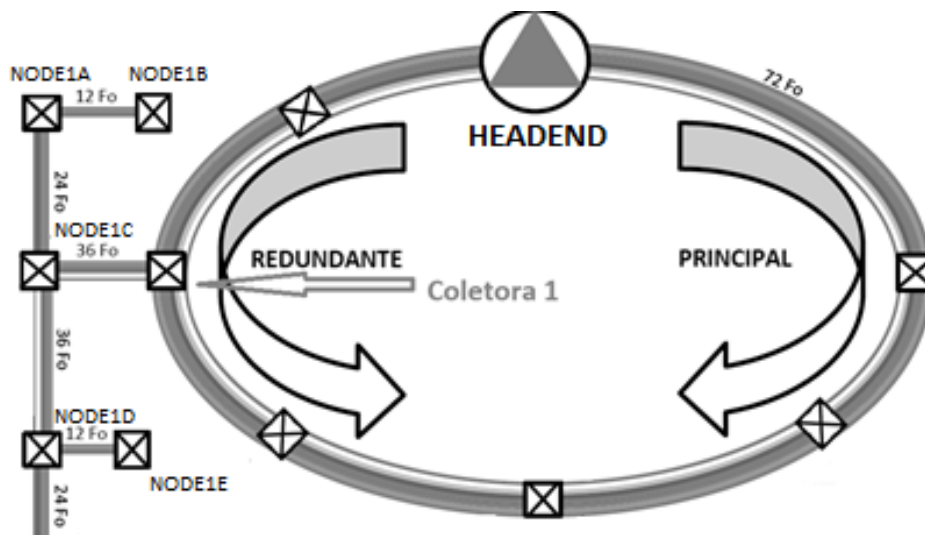
Fonte: Metodologia para Implantação de Serviços Digitais em uma Rede HFC Existente, MORAIS

A próxima subseção apresenta o estudo de um caso prático de implementação de rede HFC na cidade de Juiz de Fora. Nessa próxima subseção serão apresentados em maiores detalhes os elementos de uma rede HFC que, eventualmente, não foram discutidos na Figura 4.

2.2 Rede HFC – Juiz de Fora

A cidade de Juiz de Fora teve uma rede HFC construída no ano de 2014 para uma empresa de telecomunicações atender seus clientes. O intuito dessa rede é fornecer internet, TV, telefone e vídeo sob demanda até as residências. Na implantação, representada pela Figura 5, a empresa usou a estratégia de dividir a cidade em áreas chamadas coletoras. As coletoras são atendidas por uma única fibra óptica e estão interligadas entre si em topologia de anel, com a finalidade de obter maior redundância de dados. A cidade possui um total de 23 coletoras, algumas delas representadas na Figura 5. O anel é formado por fibra de 72 vias. Vamos usar projetos endereços e nomenclaturas fictícias para demonstrar a estrutura da rede HFC a seguir.

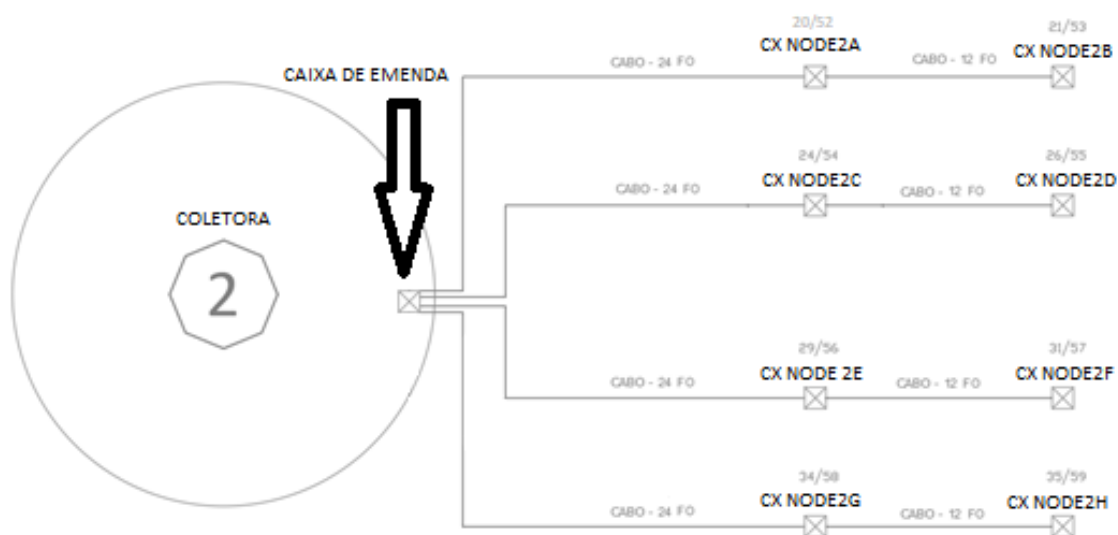
Figura 5. Topologia em anel.



Fonte: do autor.

Antes de alcançar os clientes finais, o sinal é encaminhado a pontos intermediários conhecidos como nós (nodes). Para ilustrar essa situação, a Figura 6 apresenta a distribuição do sinal, com origem na coletora 02, para os nós. Essa coletora está situada na região sul da cidade e atende aos nós próximos ao bairro São Mateus. Cada nó possui em sua nomenclatura a coletora ao qual pertence. Na Figura 6, são apresentados os nós NODE2A, NODE2B, NODE2C, NODE2D, NODE2E, NODE2F, NODE2G e NODE2H.

Figura 6. Coletora 02.



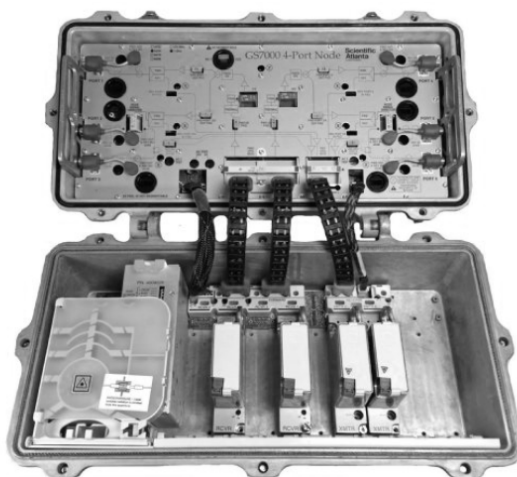
Fonte: do autor.

Cada coletora possui até 8 nodes, eles são multiplexados em uma única fibra sendo divididos por comprimento de onda de luz. Os canais de TX são 20, 21, 24, 26, 29, 31, 34 e 35. Os canais de RX são 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58 e 59. O TX 20 é ligado ao RX

52, TX 21 ligado ao RX 53 e assim respectivamente como mostrado na figura 6 (Ex: NODE JFA02B com os canais TX 20 e RX 52). Cada conjunto de TX e RX se refere a um comprimento de onda diferente e deve usar a porta condizente no multiplexador/demultiplexador. Após o processo de multiplexação na coletora seguem um par de fibras para cada nó, onde um é responsável pelo sinal do direto (MORAIS, 2006), que é o sinal com destino aos clientes (download) e a outra carrega o sinal do retorno (MORAIS, 2006), que vem dos clientes (upload). Após a coletora, o sinal não possui mais a redundância ótica, então caso ocorra o rompimento da fibra o sinal será interrompido até a fusão da mesma.

É no nó que o sinal ótico é processado e é gerado o sinal de rádio frequência correspondente para injeção no cabo coaxial. Na planta fictícia da cidade de Juiz de Fora, o CISCO GS7000, apresentado na Figura 7, é utilizado nesse processo, como transceptor ótico. O transceptor ótico (node) tem a função de enviar/receber sinal ótico e transformá-lo em sinal RF, ele possui quatro saídas para atendimentos dos assinantes na área coberta, de acordo com o tamanho do cabeamento que sai do nó o sinal tende a enfraquecer até um limite em que os terminais não conseguem fazer mais o sincronismo, são nesses casos que se deve usar o ativo amplificador RF para aumentar o alcance da rede.

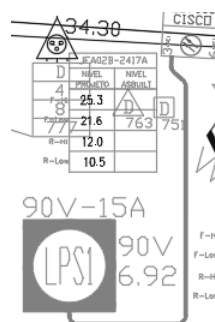
Figura 7. Node Cisco GS7000.



Fonte: <https://www.cisco.com>

Como a rede possui equipamentos ativos, cada nó deve possuir ao menos uma fonte de alimentação que é localizada em um poste próximo do node. A energia é levada em um cabo RF .500 ou .750 (número correspondente a espessura do cabo em milímetros) juntamente com o sinal RF dos assinantes em uma voltagem de 90V e uma corrente de até 15A. Em Juiz de Fora essas fontes de alimentação possuem um banco de baterias para manter a área sendo atendida mesmo com a falta de energia.

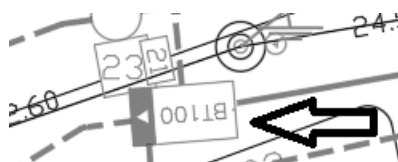
A Figura 8 apresenta a distribuição aos clientes do nó NODE2B, situado na Rua Padre Café, no bairro São Mateus. No canto superior direito da Figura encontra-se o nó, mostrado em detalhes posteriormente na Figura 9.



Fonte: do autor.

No projeto apresentado na Figura 8 existem vários amplificadores para preservar o sinal. Em destaque, na Figura 11 é apresentado o modelo BT100¹, que possui uma entrada e 4 saídas amplificadas. Além desse, também são utilizados os amplificadores LE² (1 saída, demonstrada no projeto como um triângulo), MB100³ (2 saídas) e MBV3⁴ (3 saídas). Na Figura 11 ele está representado como retângulo com nome do modelo dentro.

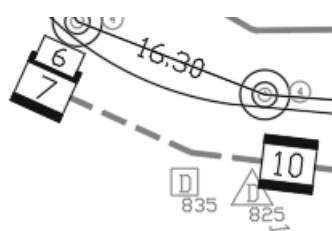
Figura 11. Projeto – Amplificador



Fonte: do autor.

Na chegada aos clientes residenciais e não prediais o sinal é dividido com elementos passivos de rede chamados TAPs. A Figura 12 representa dois TAPs. O número no TAP representa a atenuação. Na Figura 12, o TAP 10 faz atendimento aos números 835 e 825.

Figura 12. Projeto – TAPs



Fonte: do autor.

Para os clientes prediais o projeto emprega um divisor 3WAY (divisor passivo com 3 saídas) mostrado na Figura 13 como um círculo. No exemplo do projeto, esse divisor é colocado para atender aos prédios 1 e 2.

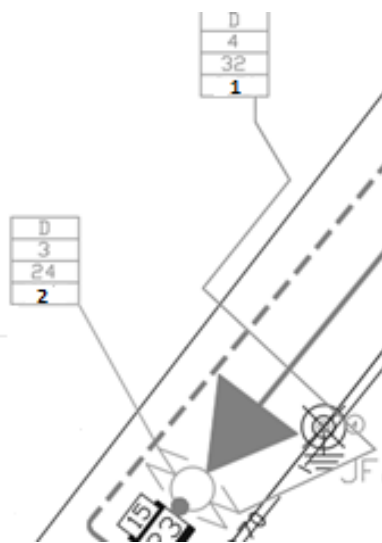
¹ <https://pt.arris.com/produtos/acesso/starline-bt100-rf-amplificador-157y6/>

² <https://pt.arris.com/produtos/acesso/flex-max-fm321e-le-159lu/>

³ <https://pt.arris.com/produtos/acesso/mb100-158lv/>

⁴ <https://pt.arris.com/produtos/acesso/starline-mbv3-1-ghz-amplificador-15djr/>

Figura 13. Projeto – Divisor DC



Fonte: do autor.

Em alguns casos o sinal da rede não é suficiente para atendimento, principalmente no caso de prédios. Nesses casos é instalado um amplificador interno. Na Figura 14, o amplificador interno utilizado no endereço 1 (prédio de 4 andares com 32 apartamentos) é apresentado em detalhes.

Figura 14. Projeto – Amplificador indoor (MDU)



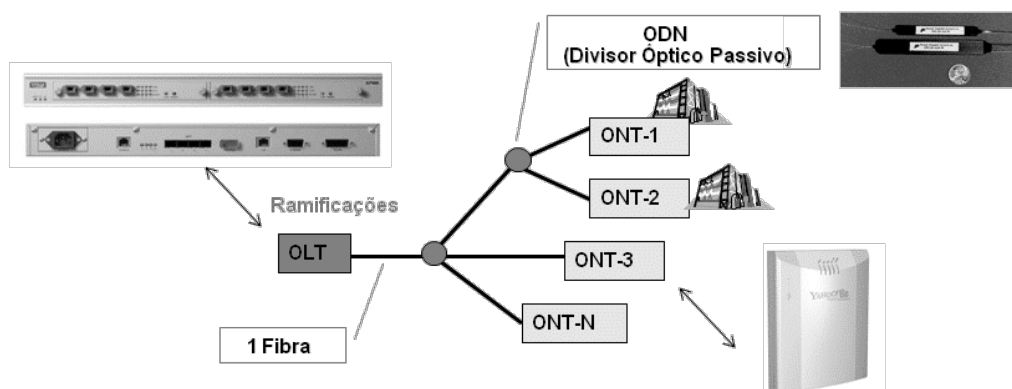
Fonte: do autor.

3. Rede GPON - Gigabit Passive Optical Network

A tecnologia PON (*Passive Optical Network*) (CALE, 2007) é formada por uma rede de fibras ópticas ponto-multiponto, caracterizando uma topologia em árvore, onde as ramificações são feitas através de divisores ópticos passivos, sendo que os sinais ópticos são transmitidos e controlados por equipamentos ativos. No ponto central (estação) localiza-se o equipamento concentrador que agregam tráfego dos pontos remotos (clientes) (SILVÉRIO, 2011).

Os principais componentes de uma rede PON são apresentados na Figura 15. Próximos aos clientes estão os ONT (*Optical Network Unit Terminal*), que são os terminais de acesso dos clientes. A fibra e os divisores que levam acesso aos ONTs são os ODN (*Optical Distribution Network*) que, ao contrário dos ONT, são equipamentos passivos. Para gerar o sinal para um conjunto de ONTs existem os OLTs, que são equipamentos que concentram e distribuem o sinal das ONTs.

Figura 15. Componentes da Rede PON.



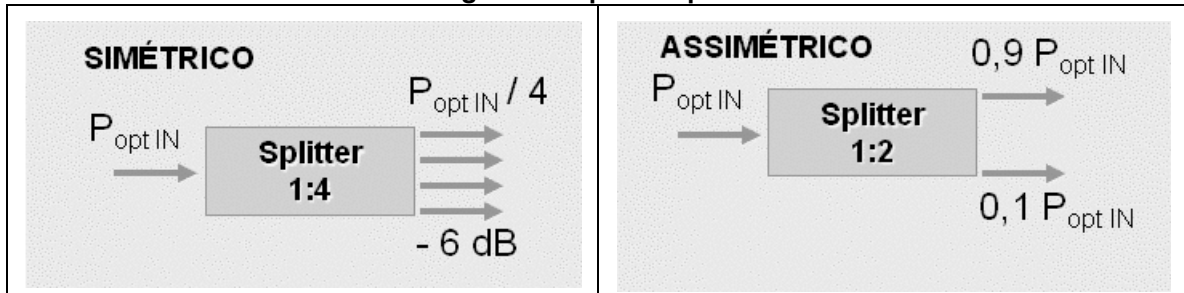
Fonte: Tutorial Tecnologia PON, SILVÉRIO – 2011

Redes PON são então formadas totalmente a partir de componentes ópticos. Dependendo de detalhes do seu funcionamento, elas podem ter outras classificações. Esse é o caso das redes GPON, que tem por característica a definição assimétrica dos canais, podem obter então altas taxas de download. Além disso, GPONs suportam até 128 ONTs por ramificação OLT, obtendo uma alta permeabilidade na distribuição da rede. Os principais componentes apresentados na Figura 15 são detalhados nas subseções a seguir.

3.1 ODN – Optical Distribution Network

O Splitter ou Divisor Óptico Passivo é utilizado para dividir a potência óptica de entrada em portas de saída. Caso o divisor resulte em potências ópticas iguais de saída ele é um splitter simétrico. A Figura 16 apresenta um splitter simétrico de 4 saídas ao lado de um splitter assimétrico de 2 saídas, isto é, um que divide a potência óptica em fatores de diferentes proporções e, por isso, é chamado de assimétrico.

Figura 16. Splitter óptico.

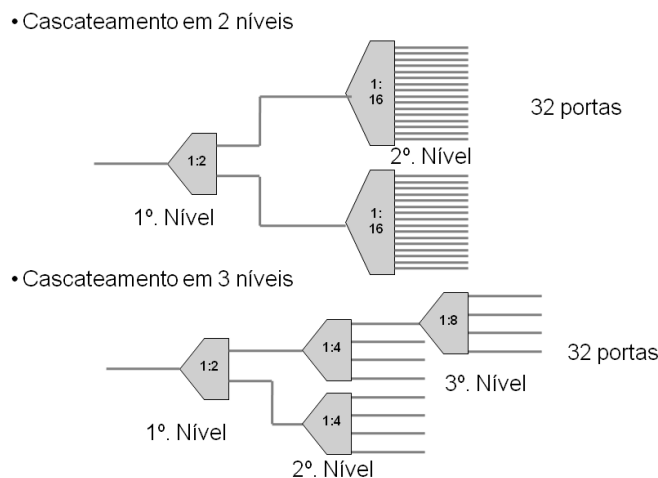


Fonte: Tutorial Tecnologia GPON, SILVÉRIO – 2011

Existem diversos splitters ópticos simétricos (1:2, 1:4, 1:8, 1:16, 1:32 etc.). Quanto maior o número de divisões maior a perda proporcionada, pois normalmente a perda é proporcional ao número de divisões, por exemplo, a uma taxa de 3 dB por divisão. Os splitters assimétricos dividem a potência de forma desbalanceada em cada saída, e geralmente são splitters do tipo 1:2, ou seja 1 porta de entrada e 2 de saída. Os splitters assimétricos tem proporções em passos de 10% (exemplo: 60/40, 70/30, 80/20, 90/10) ou de 5% (exemplo: 55/35, 75/25, 85/25, 95/5).

Os splitters permitem ser cascadeados, ou seja, instalados em sequência permitindo estender os ramos do segmento PON, formando uma rede capilar e ramificada. A Figura 17 apresenta algumas possibilidades de cascadeamento.

Figura 17. Cascadeamento em níveis.



Fonte: Tutorial Tecnologia PON, SILVÉRIO – 2011

3.2 OLT – Optical Line Terminal e ONT – Optical Network Terminal

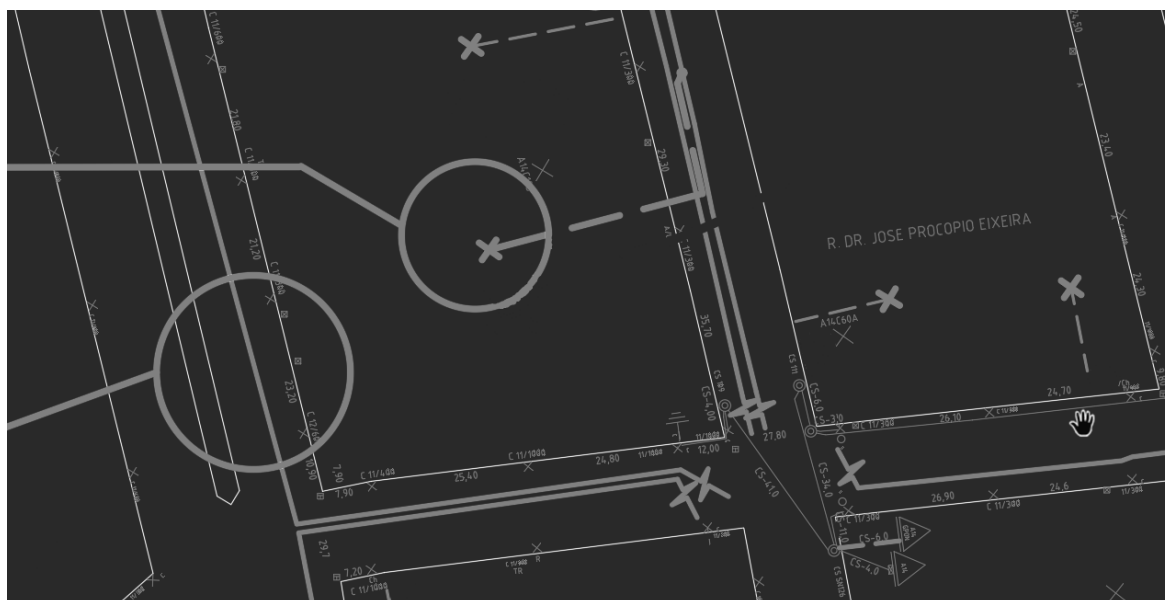
No GPON, o sinal óptico é transportado em uma única fibra com “upstream” e “downstream” em comprimentos de onda diferentes, o que garante uma modulação distinta para esses tráfegos. Além do sinal de dados formado pelo “upstream” e “downstream” é possível inserir sinais em outros comprimentos de onda, permitindo, por exemplo, a transmissão de TV, sendo uma alternativa para redes HFC.

A OLT (Terminal de Linha Óptica) está localizada na central da operadora de serviços, conectando a rede de acesso à rede metropolitana. A OLT transmite sinal óptico, que é distribuído para os diversos usuários através dos divisores ópticos passivos. Uma OLT é formada por diversos servidores que fornecem serviços, como VoIP, HDTV e Internet. Toda a transmissão da rede é gerenciada pela OLT.

3.3 O projeto Gpon

A estrutura da rede GPON é mais simples que a HFC por não possuir equipamentos ativos, outro benefício é a quantidade de interferências que é submetida. Vamos desmembrar um projeto fictício de GPON e estudar seus elementos da Figura 18.

Figura 18. Projeto Rede GPON.



Fonte: do autor.

Primeiramente são lançadas fibras até locais estratégicos da cidade que são chamados de armários, destacado na Figura 19.

Figura 19. Armário.



Fonte: do autor

Saem vários cabos do armário contendo 24 fibras, sendo mostrado no projeto como as linhas contínuas grossas. Essas fibras são direcionadas para endereços diferentes, na Figura 20 temos o atendimento de um prédio por um splitter (representado pelo X). O splitter (ODN) pode variar de acordo com o tamanho do prédio.

Figura 20. Splitter



Fonte: do autor

Dentro do prédio serão distribuídos para os clientes contratados os terminais de acesso, as ONTs.

4. Utilização de redes HFC e GPON

4.1 Parâmetros de Qualidade

O decibel (dB) (MEDEIROS, 2005) é uma medida da razão entre duas quantidades, sendo usado para uma grande variedade de medições em acústica, física e eletrônica. Essa unidade de medida surgiu da necessidade de representar números muito grandes ou muito pequenos, sem a necessidade de colocar muitos "zeros". Em particular esta unidade é empregada para medir ganho ou perda de sinal, uma vez que esses valores são relativos aos valores originais uma vez empregada uma ação corretiva.

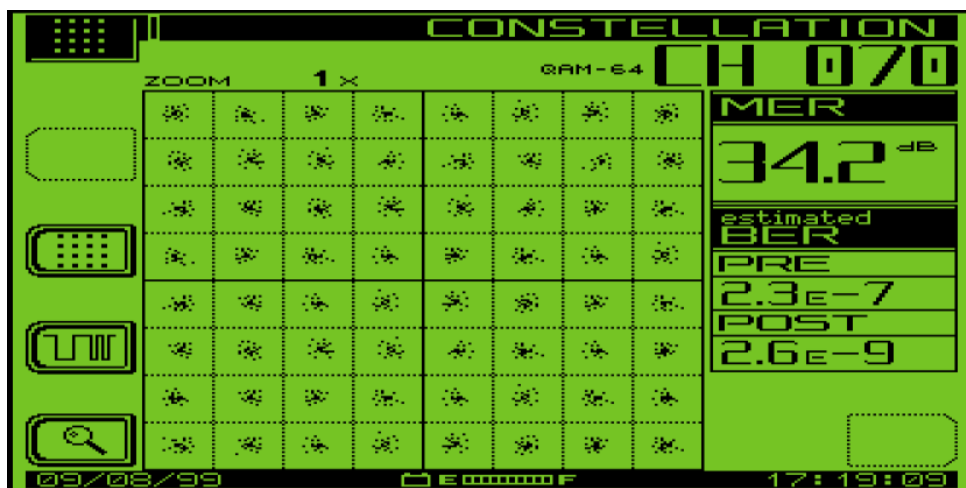
Entre as falhas de transmissão, a distorção é o efeito causado por componentes da própria transmissão e que ocorre em diversas frequências. É decorrente da atenuação ao longo da transmissão e do deslocamento de fase, isto é, alteração da forma do sinal ao longo da transmissão. Já a interferência é uma falha causada por um agente externo e ocorre em um número limitado de frequências, uma vez que é mais comum em determinadas faixas. Como exemplo, as causas mais comuns de interferências são as transmissões de rádio, tanto AM, quanto FM e as transmissões de rádio amador, as transmissões de TV, tanto nos canais VHF, quanto UHF e, finalmente, os ruídos impulsivos, causados por equipamentos elétricos.

Conhecer a possibilidade de distorções e de interferências é importante porque são parâmetros diretamente ligados a qualidade de uma rede HFC. Na verdade, em uma rede HFC, a qualidade das transmissões está diretamente relacionada com a taxa de erro de bits (BER – *Bit Error Rate*) (TUNMANN, 1995) e com a relação do erro de modulação (MER – *Modulation Error Ratio*) (TUNMANN, 1995).

O BER é uma das medições de desempenho usadas no mundo da transmissão de dados. Os medidores QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*) (TUNMANN, 1995) geralmente relatam BER, assim como alguns decoders (terminais de tv a cabo) e modems a cabo. BER é uma abreviação para taxa de erro de bit. A Figura 21 apresenta uma tela de

medida com valores “Pre BER: 2.3 E-07” e “Post BER: 2.6 E-09”. O “Pre BER” diz que foram recebidos 23 bits errados de 10.000.000 transmitidos e que os bits “Post BER” receberam 26 erros de 1.000.000.000 transmitidos.

Figura 21. Constelação de um sinal em um medidor contendo MER e BER.



Fonte: do autor, print medidor Trilithic 860 DSPi.

Quem realiza a correção dos bits recebidos erradamente do “Pre BER” para o “Post BER” é a FEC (*Forward Error Correction*) (KUROSE, 2013), que consiste em tentar recuperar informações por parte do receptor, a partir de um conjunto de códigos transmitidos de forma redundante. Infelizmente, em muitos casos, não é possível realizar essa recuperação e transmissões são perdidas. Por isso, é importante preservar os aspectos de qualidade dessa transmissão, a exemplo do apresentado na Figura 22.

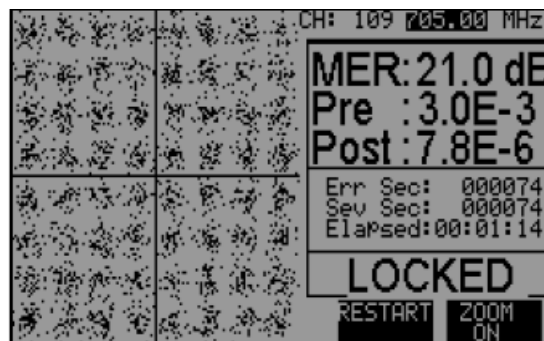
Figura 22. Constelação de um sinal com boa qualidade e sem distorções.



Fonte: do autor, print medidor JDSU.

Na Figura 22 é possível observar o valor do MER igual a 34. Quanto maior o valor do MER melhor será o sinal. O MER está ligado à centralização dos dados no quadrante do QAM. Quanto maior o MER, maior será a centralização de dados no quadrante. Em comparação à imagem da Figura 22, a imagem da Figura 23 apresenta um MER de 21 dB (pontos dispersos no quadrante).

Figura 23. Constelação QAM de um sinal degradado.



Fonte: do autor, print medidor JDSU.

Um nível de MER ruim consequentemente levará a um maior nível de erro em bits recebidos, elevando o BER. A queda de um nível MER podem ter várias explicações em uma rede HFC, até mesmo um conector com um mal torque pode levar ruído para rede, baixando a SNR (sigla Relação Sinal Ruído em inglês) (TUNMANN, 1995) que significa a amplitude do sinal em relação ao ruído. Quanto maior o sinal está em relação ao limiar inferior, menor será a interferência desse ruído nos dados transmitidos.

Cada tipo de modulação suporta um determinado nível mínimo de SNR que, quando ultrapassado, provoca problemas na transmissão como perda de pacotes. Esses problemas se manifestam na experiência do usuário como lentidão, congelamento da imagem, baixa qualidade de voz, etc. A Figura 24 relaciona cada tipo de modulação digital aos níveis aceitáveis de SNR.

Figura 24. Níveis de SNR.

Modulação	Relação Sinal/Ruído - SNR							
QPSK	11	13	15	16	17	18	19	20
16-QAM	18	20	22	23	24	25	26	27
64-QAM	25	27	28	29	30	31	32	33
256-QAM	31	33	35	36	37	38	39	40
	Crítico		Bom			Ótimo		

Fonte: Metodologia para Implantação de Serviços Digitais em uma Rede HFC Existente – MORAIS – 2006

4.2 Análise das redes HFC e GPON

A arquitetura HFC é formada por uma rede com ativos e passivos que precisam de manutenções periódicas. Os ativos precisam de alimentação de energia. O custo de manutenção é muito elevado devido aos equipamentos serem de alto custo (incluindo as licenças) e quase sempre serem fabricados no exterior. A rede tem uma grande vulnerabilidade quanto à pirataria.

Quando comparada ao GPON sua capacidade de transmissão de dados é inferior e, além disso, a rede é muito suscetível a ruído, pois qualquer conector mal conectado pode afetar um nó inteiro. Se houver queda da rede de energia o sistema pode ser interrompido se não existir baterias no sistema. Em Juiz de Fora o maior problema na qualidade de sinal são os ruídos gerados, na maior parte das vezes, por um conector mal apertado na casa do cliente. Outros incidentes reportados são rompimentos da rede provocados principalmente, pela passagem de caminhões de carga alta.

Pelo fato da rede HFC trabalhar com ativos, essa rede sofre com descargas atmosféricas, principalmente em épocas de chuvas fortes. É necessário que a rede esteja muito bem aterrada nos seus ativos, fontes e finais de rede.

Devido ao oferecimento de uma vazão cada vez maior aos clientes, um dos grandes desafios é manter a qualidade do serviço especificada no contrato. Equipamentos devem ser atualizados constantemente e enlaces devem ser adicionados por parte do Sistema Autônomo (KUROSE, 2013) que oferece acesso à Internet. Atualmente, na planta de Juiz de Fora, a maior empresa com rede HFC, possui um total de 21 Gb de capacidade de dados distribuído para a cidade.

Uma das dificuldades encontrada na cidade é o alto custo para expansões, por se tratar de uma rede cara, em casos de adicionar somente 1 amplificador os custos podem chegar a mais de R\$5000,00, sendo R\$3915,69 somente de amplificador (BT100), R\$104,00 por divisores passivos (em uma expansão podemos chegar até 5 divisores em uma única perna do ativo) e conectores, que são 2 unidades por passivos e que tem o custo de R\$30,00 cada um, tudo isso sem levar em consideração a mão de obra pois serviços assim são geralmente executados por terceirizadas.

A rede HFC em Juiz de Fora, tendo sido construída em 2014, opera com equipamentos novos e modernos já contando com a tecnologia de 1Ghz no RF (cidades mais antigas só conseguem utilizar um espectro de 500 Mhz, com menor número de serviços implementados). Além disso, a estrutura de coletoras permite atendimentos em mais áreas e usando menos equipamentos, logo, economizando custos.

Juiz de Fora recebe os links de TV do Rio de Janeiro e Belo Horizonte, sendo um backup do outro. Essa estrutura mantém a programação sempre coberta caso haja falha de algum canal por uma das cidades.

Por outro lado, a utilização da fibra óptica permite vazões muito maiores do que aquelas obtidas com cabos metálicos. Além disso, com o uso dos cabos metálicos, o desvanecimento do sinal é considerável à medida que o cliente se afasta do dispositivo ativo na rede, ao contrário da fibra óptica.

A latência é um termo usado para descrever os atrasos que um pacote de dados leva para percorrer a rede de um ponto a outro. A utilização da fibra óptica diminui a latência que prejudica a experiência do usuário. Downloads e uploads se tornam mais rápidos e estáveis, assim como a qualidade de áudio em ligações por VoIP, entre outros benefícios.

Cabos de cobre são sensíveis à interferência eletromagnética, que pode ser causada pela proximidade de aparelhos elétricos ou mesmo causas naturais, como a raios em uma tempestade. Já a transmissão do sinal que utiliza fios de fibra óptica não se degrada ou desaparece devido a interferências, pois os dados são transmitidos através da luz, não de correntes elétricas.

Hackers podem ter acesso ao cabo de dados metálico com relativa facilidade, e qualquer vazamento na blindagem do cabo ou através de alguma outra metodologia pode permitir o roubo de informações e gerar prejuízos incalculáveis para a organização, fornecedores e clientes. Ao contrário, a única maneira de penetrar na transmissão de fibra óptica é cortando fisicamente as fibras, o que vai fazer com que o sinal desapareça, tornando extremamente complicado o acesso aos dados.

Aumentar a capacidade de transmissão de cabos cobre geralmente os torna mais espessos e rígidos. Cabos grossos dificultam a instalação em locais onde eles precisam passar por dentro de paredes, por exemplo. Em comparação, cabos de fibra são mais fáceis de instalar, uma vez que são menores e mais flexíveis.

Para todos esses benefícios, no entanto, existem algumas desvantagens em um GPON. Uma desvantagem é que há mais um desafio para identificar uma falha quando ocorre. Uma rede GPON também tem menos alcance do que uma rede óptica ativa.

5. Considerações finais e Trabalhos Futuros

Como foi apresentado neste trabalho, as tecnologias HFC e GPON são tecnologicamente consideráveis para a implementação do transporte de dados, particularmente em regiões metropolitanas. Apesar das redes formadas exclusivamente por fibra óptica apresentarem-se como a principal tecnologia do futuro, atualmente, levando em consideração as necessidades atuais dos consumidores domésticos, ambas as

tecnologias são válidas e podem nos fornecer uma razoável vazão. No entanto, as amplas capacidades da fibra ótica garantirão que, seja possível em um razoável espaço de tempo, o oferecimento de transmissões simétricas aos clientes de mais de 1 Gbps.

Levando em consideração a cidade de Juiz de Fora, uma empresa já existente, que possui uma rede HFC, não parece interessante trocar toda sua infraestrutura para rede GPON no momento, pois essa alteração geraria um alto custo e a tecnologia atual ainda conseguirá manter as vazões demandas pelos clientes. Porém, em novas expansões da cidade, já parece ser adequado empregar a tecnologia GPON, utilizando a própria malha de fibra ótica já existente. Em longo prazo a empresa poderá ter que atualizar sua rede, observando uma tendência de uma rede com fibra ótica em toda planta. Cabe ressaltar que é em novos lançamentos de redes em cidades ainda sem cabeamento, as empresas já estão utilizando a tecnologia passiva de fibras óticas.

6. Referências

BALANIS, C. A. **Antenna Theory Analysis and Design**. 2 ed., John Wiley & Sons Inc, ISBN 0-471-59268-4. 1997.

CALE, I., SALIHOVIC, A., IVEKOVIC, M. **Gigabit Passive Optical Network-GPON**. 29th International Conference on Information Technology Interfaces. IEEE. 2007.

KUROSE, J. F., ROSS, K. W. **Computer Networking: a top-down approach**. 6 ed., Pearson, ISBN 978-0-13-285620. 2013.

ZANARDI, D. **Manual Técnico – Implantação de Rede**. Franquias Internas – 2011

FERNANDEZ, G. **Manual Técnico – Redes Óticas**, Franquias Internas – 2015

MEDEIROS, J. C. O. **Princípios de Telecomunicações – Teoria e prática**. 2 ed., São Paulo, Editora Érica, ISBN 976-85-365-0033-1. 2005

MORAIS, V. M. **Metodologia para Implantação de Serviços Digitais em uma Rede HFC Existente**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba – 2006

POSSEBON, S. **TV por Assinatura 20 Anos de Evolução**. São Paulo, 1 ed., Save Produções Editoriais - Associação Brasileira de TV por Assinatura, ISBN 978-85-909-6640-1. 2009.

TUNMANN, E. **Hybrid Fiber Optic/Coaxial Networks**. 1 ed., Flatiron Publishing, ISBN 0-936648-69-4. 1995.

SILVERIO, Antônio José. **Tutorial Tecnologia GPON**. Embratel – 2011