



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO - UFERSA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS -
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE CARAÚBAS - CMC
BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

FRANCISCO JONATHAM ROCHA OLIVEIRA

ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA
IMPLANTAÇÃO DE REDES FTTx EM ZONAS RURAIS

CARAÚBAS - RN

2021



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO - UFERSA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS -
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE CARAÚBAS - CMC
BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

FRANCISCO JONATHAM ROCHA OLIVEIRA

ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA
IMPLANTAÇÃO DE REDES FTTx EM ZONAS RURAIS

Trabalho de Conclusão de Curso submetido
à Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como parte dos requisitos necessários para a ob-
tenção do Título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Profa. Dra. Tania Luna Laura

CARAÚBAS - RN
2021

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

048a Oliveira, Francisco Jonatham Rocha .
 Análise da Viabilidade Técnica e Econômica para
 Implantação de Redes FTTx em Zonas Rurais /
 Francisco Jonatham Rocha Oliveira. - 2021.
 49 f. : il.

 Orientadora: Tania Luna Laura.
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
 Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia
 Elétrica, 2021.

 1. Internet. 2. Rede FTTx. 3. Largura de
 Banda. 4. Zonas Rurais . 5. GPON. I. Laura, Tania
 Luna , orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA
CAMPUS DE CARAÚBAS

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Às **10h00** horas do dia 01 de junho do ano de 2021, por meio de videoconferência no google meet, sob a presidência da professora Tania Luna Laura, reuniu-se a Banca Examinadora de defesa de monografia de autoria do aluno **FRANCISCO JONATHAM ROCHA OLIVEIRA** aluno do curso de Engenharia Elétrica do Centro Multidisciplinar de Caraúbas da UFERSA, com o título "**ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA IMPLANTAÇÃO DE REDES FTTX EM ZONAS RURAIS**". A Banca Examinadora ficou assim constituída: Prof^a. Dra. Tania Luna Laura, presidenta da banca e orientadora da monografia; Prof. Dr. Hugo Michel Câmara de Azevedo Maia e Eng. Francisco Luis de Carvalho Costa. Foram registradas as seguintes ocorrências: Sem Ocorrências.

Concluída a defesa, procedeu-se o julgamento pelos membros da banca examinadora, em reunião fechada, verificou-se que o aluno foi APROVADO, fazendo jus, portanto, ao título de Bacharel em Engenharia Elétrica. E para constar, eu, Tania Luna Laura, professora e orientadora lavrei a presente ata que, após lida e aprovada pelos membros da banca examinadora, será assinada por todos. Caraúbas, 01 de junho de 2021.

Assinatura dos membros da Banca Examinadora.

TANIA LUNA LAURA:73880329168
Assinado de forma digital por
TANIA LUNA LAURA:73880329168
DN: cn=TANIA LUNA
ou=73880329168, ou=UFERSA
- Universidade Federal Rural do
Semi-Árido, o=ICPEdu, c=BR
Dados: 2021.06.02 09:49:45 -03'00'

Prof^a. Dra. Tania Luna Laura
Presidenta

Hugo Michel C. de Azevedo Maia

Prof. Dr. Hugo Michel Câmara de Azevedo Maia
Membro

Francisco Luis de Carvalho Costa

Eng. Francisco Luis de Carvalho Costa
Membro

Dedico esse trabalho a todas as pessoas que têm a engenharia como sonho e a todos os profissionais que vêem na dificuldade a oportunidade de construir projetos que venham a melhorar a sociedade.

Dedico também aos meus avôs, Antônio Rocha da Silva e Antônio de Oliveira Brito que não caminham mais nesse plano, mas que o carácter que mostraram em vida serviu de exemplo na construção do homem que sou hoje.

Antônio Rocha da Silva e Antônio de Oliveira Brito

AGRADECIMENTOS

Ao grande mestre criador do universo por proporcionar-me a vida e a coragem para batalhar todos os dias por meus objetivos. Aos meus Pais, Hélio e Cacioneide por todo incentivo, orientações e por oferecerem condições para que eu pudesse estudar. As minhas irmãs Mayara e Samara pelo apoio em várias situações difíceis durante minha graduação. A Wiliane, por toda a compreensão, companheirismo, amor e apoio que me proporcionou durante a graduação e em outras situações difíceis. Aos meus primos Cleiton, Beto e Patrício por toda a irmandade e incentivo a sempre seguir em frente independente de qualquer adversidade durante essa caminhada.

A minha Orientadora, Profa. a Dra Tania Luna Laura por toda a disponibilidade que ofereceu quando precisei, por ser a primeira Professora que me acolheu durante meu segundo ciclo de formação, pelo apoio e aprimoramento das minhas idéias, com certeza aprendi muito com suas orientações e ensinamentos. Ao meu supervisor Mateus Vinícius pela competência e compreensão de flexibilizar meu horário de estágio e me ajudar inclusive na escolha do tema deste trabalho. Ao meu amigo e colega de trabalho Helder Silveira, pelo companheirismo e por trabalhar de forma formidável e contínua para a realização deste trabalho, por ter sido meu mentor no campo de projetos e redes de computadores o conhecimento compartilhado contribuiu bastante para meu desenvolvimento profissional.

A todos os professores da UFERSA que me passaram parte de seus conhecimentos, em especial ao Dr. Otavio Paulino Lavor. Que fez mais que sua obrigação como docente, contribuindo grandemente para minha formação acadêmica e humana.

Aos meus irmãos que a universidade proporcionou, José Lira, Yago Daniel, Daiara Melquiades, Bruno Furtado, Francisco Eduardo, John David, Renato Ne, Raito Né, Joel Gurgel e Esdras Sousa. A vocês sou grato pelo companheirismo, amizade e por estarem comigo em momentos complicados e pelas risadas que compartilhamos nesse trajeto.

Agradeço ao Professor Dr. Hugo Michel Câmara e ao Engenheiro Francisco Luiz de Carvalho Costa, pela disponibilidade de avaliar este trabalho.

“O homem deve moldar seu caminho com justiça, coragem, compaixão, respeito, honestidade, honra e lealdade. A partir do momento em que vir o caminho em tudo que fizer, voce se tornará o caminho [...]”
(Código Bushido)

RESUMO

É notório que apesar do avanço da rede fixa cabeada, internet via rádio é a única opção de acesso atualmente em vários lugares do Brasil, principalmente em regiões rurais, por utilizar antenas sua implementação é mais barata do que via fibra óptica, porém apresenta inúmeras desvantagens em relação a mesma. A principal desvantagem é a instabilidade do sinal, que é vulnerável a intempéries como chuva ou vento, sendo um tipo de conexão que depende de vários fatores externos à rede para funcionar de forma eficiente. Nesse contexto foi realizado um estudo da viabilidade técnica e econômica da implantação de uma rede FTTx utilizando tecnologia GPON, pois essa arquitetura de rede apresenta uma oferta para suprir essa demanda, fornecendo redes de fibras com baixas perdas e grande largura de banda, estrutura na qual todos os modos de comunicação atual podem atingir conectividade suficientemente estáveis.

Palavras-chave: Internet, Rede FTTx, Largura de banda, Regiões rurais, GPON.

ABSTRACT

Despite the advancement of wired fixed network, the access to internet via radio is currently the only viable option in several places in Brazil, mainly in rural regions. Due to the use of antennas, its implementation is cheaper than optical fiber, however it presents large disadvantages compared to fiber. The main problem is signal instability because it is vulnerable to weather elements like rain or wind, so it is a connection type that depends of a big number of factors that are external to the network to work properly. At the place of study of the present work, it is observed that a large number of students have difficulties to execute the activities related to their institutions due to this instability on the internet. Hence, the implantation of a FTTx network grants the solution to this issue through its high speed and large bandwidth, in addition to a more stable signal and less dependent of climatic changes. In this context, a study was carried out to see the technical and economic viability of implanting a FTTx network using GPON technology, because this network architecture delivers a supply to this demand, providing fiber networks with low loss and large bandwidth, a structure in which all current communication modes can achieve sufficiently stable connectivity.

Keywords:Internet, FTTx network, bandwidth, rural regions, GPON.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Anatomia de um cabo de fibra óptica.	17
Figura 2 – Como é feita a transmissão de luz em uma fibra óptica.	19
Figura 3 – Picos de absorção na fibra devido à impurezas.	19
Figura 4 – Janelas ótimas de transmissão.	20
Figura 5 – Arquitetura FTTH.	22
Figura 6 – Arquitetura FTTA.	22
Figura 7 – Arquitetura FTTB.	23
Figura 8 – Arquitetura FTTC.	23
Figura 9 – Arquitetura FTTN.	24
Figura 10 – Arquitetura FTTH.	24
Figura 11 – Estrutura de uma rede PON.	26
Figura 12 – Topologia em Barramento.	26
Figura 13 – Topologia em Anel.	27
Figura 14 – Topologia em Árvore.	27
Figura 15 – Residências município de Pereiro-CE.	29
Figura 16 – Arquivo kmz dos Sítios Carvão e Pedra Branca.	30
Figura 17 – Célula de atendimento GPON (AA01).	31
Figura 18 – Legenda do Projeto.	32
Figura 19 – Ativação da Célula, microcélulas e primeiro atendimento (AA01.1.1).	33
Figura 20 – Ativação do segundo atendimento (AA01.1.2).	34
Figura 21 – Ativação do terceiro atendimento microcélula (AA01.1.3).	34
Figura 22 – Ativação do quarto atendimento da microcélula (AA01.1.4).	35
Figura 23 – Ativação da (AA01.2) e do atendimento (AA01.2.1).	36
Figura 24 – Ativação do atendimento (AA01.2.2).	37
Figura 25 – Ativação do atendimento (AA01.2.3).	38
Figura 26 – Ativação do atendimento (AA01.2.4).	38
Figura 27 – Ativação da microcélula(AA01.3) do atendimento (AA01.3.1).	39
Figura 28 – Ativação do atendimento (AA01.3.2)	40
Figura 29 – Ativação do atendimento (AA01.3.3)	40
Figura 30 – Ativação do atendimento (AA01.3.4)	41
Figura 31 – Ativação da microcélula (AA01.4) e do atendimento (AA01.4.1)	42
Figura 32 – Ativação do atendimento (AA01.4.2)	42
Figura 33 – Ativação do atendimento (AA01.4.3)	43
Figura 34 – Ativação do atendimento (AA01.4.4)	43
Figura 35 – Tabela de Precificação	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

dB	Decibéis
FTTA	<i>Fiber To The Apartment</i>
FTTC	<i>Fiber To The Curb</i>
FTTD	<i>Fiber To The Desktop</i>
FTTH	<i>Fiber To The Home</i>
FTTN	<i>Fiber To The Node</i>
FTTx	<i>Fiber To The x</i>
GPON	Gigabit Passive Optical Network
IPTV	Internet Protocol Television
IPVoip	Voice over Internet Protocol
PON	Passive Optical Network
WDMA	<i>(Wavelength Division Multiple Access</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Contexto	12
1.2	Objetivos	13
1.2.1	Objetivo Geral	13
1.2.2	Objetivos Específicos	13
2	METODOLOGIA	15
3	REFERENCIAIS TEÓRICOS	16
3.1	Fibra Óptica	16
3.1.1	Anatomia do cabo de fibra óptica	16
3.1.2	Tipos de Fibra Óptica	17
3.1.3	Atenuação característica do Vidro	18
3.1.4	Vantagens e desvantagens da fibra óptica	20
3.2	Redes FTTx	21
3.3	Arquiteturas de redes PON	24
3.3.0.1	Componentes das redes PON	25
3.4	Topologias	25
3.4.1	Topologia em barramento	26
3.4.2	Topologia em anel	26
3.4.3	Topologia em árvore	26
3.5	Calculo da atenuação na rede PON	27
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	29
4.1	Área de Estudo	29
4.2	Projeto	31
4.2.1	Materiais necessários para implementação	44
5	CONCLUSÃO	45
6	TRABALHOS FUTUROS	46
	REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contexto

A popularização da internet no Brasil vem se desenvolvendo a cada dia, e, no contexto dos dias atuais, a demanda de acesso a internet tem aumentado de forma exponencial. Usuários que acessam à internet para interagir e se conectar com o mundo e usuários empresariais que a usam para intermediar a comunicação e transações, demandam um serviço de qualidade e para suprir essa demanda faz-se necessário a utilização de redes inteligentes capazes de gerir a divisão, melhoria de transporte de dados e concentração.

O termo FTTx (Fiber To The x) é uma minoração do termo que refere-se a uma extensa gama de opções de arquitetura de redes banda larga que utilizam fibra óptica como parte ou para toda a conectividade de uma instalação, essas redes entregam vantagens como taxa de transmissão alta e menor consumo energético, tendo em vista que a maioria dos seus componentes são passivos. O “x” no final indica o ponto de terminação da fibra, podendo ser uma residência, antenna, prédio, poste e outros. Desse modo a arquitetura FTTx aproxima-se mais do usuário final, proporcionando uma conexão e transmissão que diminuem as limitações do cabo coaxial convencional.

A procura por altas velocidades de acesso a internet por usuários finais a fim de suprir necessidades como informações de vídeo sobre demanda, internet protocol television (IPTV) e voz sobre IP (VOIP), vem fazendo com que provedores e empresas de telecomunicações instalem fibra óptica até a casa dos clientes diretamente, essa arquitetura de rede chama-se FTTH, (fiber to the home), no português denomina-se fibra até a casa. A rede FTTH, faz parte da arquitetura de redes ópticas passivas (passive optical network – PON), pela qual é possível atender a dezenas de usuários de banda larga utilizando uma única fibra.

Baseado em (FURUKAWA, 2021) às redes de acesso PON geralmente utilizam configuração ponto multiponto e são constituídas por elementos óptico passivos, a rede se localiza entre a unidade de rede óptica (ONU) ou terminal de rede óptica (ONT) e o terminal de linha óptica (OLT). Como nas redes PON há apenas elementos passivos entre o cliente e o prestador de serviços, não é necessário o uso de equipamentos elétricos, logo exige pouca manutenção e baixo custo de operação.

Apesar de avanços de redes fixas cabeadas, a internet via rádio é a única opção de acesso atualmente em vários lugares do Brasil, principalmente em regiões rurais. A internet via rádio utiliza antenas na sua implementação e que a torna mais econômica comparada à rede de fibra óptica. No entanto, quando comparadas essas redes, inúmeras desvantagens são atribuídas à internet via rádio. A principal desvantagem é a instabilidade do sinal, onde o mesmo é vulnerável a intempéries como chuva ou vento, assim, o acesso a internet via rádio é um tipo de conexão que depende de vários fatores externos à rede para funcionar de forma eficiente.

Por outro lado, com o notório desenvolvimento e evolução de cidades inteligentes,

computação em nuvem, redes 5G e outros, surgiu uma demanda por maiores velocidades de rede e larguras de banda mais ampla, nesse contexto a arquitetura de rede FTTx apresenta-se como uma oferta para suprir essa demanda, pois essa configuração de rede que fornece estrutura básica para redes de fibra com baixas perdas e grande largura de banda apresenta uma estrutura na qual todos os modos de comunicação atual podem atingir conectividade e capacidade suficientemente estáveis.

De acordo com (LAM, 2007), a fibra óptica possui baixo ruído, baixas perdas de sinal, e grande largura de banda, por conta dessas características as mesmas têm o melhor tipo de transmissão de dados para longas distâncias em altas taxas de transmissão de dados.

A análise do presente trabalho foi realizado nas localidades Sítio Carvão e Pedra Branca zonas rurais da cidade de Pereiro-CE, a escolha desta localidade, deve-se ao crescimento de uma demanda de acesso a internet, em especial pela quantidade de estudantes que fazem parte dos moradores desta localidade, os quais demonstraram insatisfações com os serviços de internet que atualmente contam. Visando uma solução a essas demandas, propo-se a implantação de uma rede FTTx, por apresentar maior velocidade e largura banda, além de um sinal estável com maior segurança a variações climáticas. Cabe resaltar que as características dessa arquitetura de rede se adequam a solução do problema apresentado no presente trabalho.

O presente trabalho está dividido da seguinte forma, no capítulo 2 é apresentado a metodologia adotada para realização do trabalho, no capítulo 3 são expostos os referenciais teóricos que são alicerce do estudo, no capítulo 4 serão apresentados os resultados e discussões, no capítulo 5 as conclusões e por fim no capítulo 6 serão apresentados sugestões para trabalhos futuros.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Difundir o uso de redes de tecnologia passiva afim de melhorar a velocidade e instabilidade do sinal de internet em locais remotos, para assim oferecer a expansão de serviços de internet, como telefonia, TV por assinatura e até mesmo projetos de casas inteligentes, que até então se são inviáveis na zona rural onde estudo foi realizado, por possuírem apenas redes via rádio, que não conseguem proporcionar esses serviços devido a instabilidade da rede e também por sua vulnerabilidade a intempéries e outros problemas.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Analisar viabilidade técnica e econômica para implantação de rede FTTx em zonas rurais:
- Revisão bibliográfica

- Ressaltar conceitos de equipamentos passivos e ativos de redes PON e explicar seu funcionamento
- Comparar diferentes arquiteturas de redes de telecomunicações
- Implantar rede GPON em locais remotos

2 METODOLOGIA

Primeiramente foi realizado uma pesquisa de mercado com o objetivo de apurar dados em relação ao interesse de mudança de tecnologia rádio para cabeada via fibra óptica, depois de levantado essa informação foi feita a análise do terreno onde seria implantado a rede, levando em consideração a posteação existente para passagem do cabo e a distância entre postes para saber qual o vão adequado de cabo usar a fim de manter um bom funcionamento com o que melhor se adequa em custo benefício.

Depois foi feito o levantamento bibliográfico, para obtenção do conhecimento necessário para montar a rede de forma estratégica e conhecer o funcionamento de cada dispositivo usado. Através do levantamento bibliográfico foi possível identificar a melhor arquitetura e melhor tecnologia PON a se utilizar.

Com o auxílio do software AutoCAD, foi feito o projeto de forma esquemática, e posteriormente detalhado no mesmo os esquemas de fusão para ativação do circuito da rede. Após a composição do esquemático do projeto, foi possível levantar os custos da rede e avaliar a viabilidade para assim poder expor aspectos conclusivos do estudo.

3 REFERENCIAIS TEÓRICOS

3.1 Fibra Óptica

Baseado em (KEISER, 2014), desde os primórdios das telecomunicações com a criação do telégrafo em 1837, desenvolvido por Samuel F. Morse até pouco tempo atrás, a maioria das estruturas utilizadas em sistemas de comunicação utilizavam sinais elétricos na transmissão de informações.

No início as transmissões de dados se davam por um modelo de banda-base, onde o sinal era diretamente através do canal. porém as comunicações foram evoluindo para modelos de sistemas modulados, isso por sua vez possibilitou uso de maior parte do espectro eletromagnético e o surgimento de novas tecnologias como as comunicações por rádio frequência, linhas de transmissões marítimas, terrestres, satélites e microondas. Essas evoluções tinham o objetivo de melhorar algum aspecto das transmissões de dados, tais como a redução do erro e distorção do sinal, aumentar a capacidade do canal e a confiabilidade do sinal para assim permitir que mais dados fossem enviados utilizando a mesma estrutura diminuindo a necessidade de amplificação ao longo da transmissão reduzindo o número de repetidores ao longo do caminho(KEISER, 2014).

Esse desenvolvimento sempre teve como objetivo, de aumentar a frequência do canal de comunicação para assim alocar mais bits de informação de no sinal banda base por meio da utilização de ondas portadoras. mas esse modelo se tornou obsoleto nos anos 70 com a massificação da utilização da fibra óptica, pois a mesma conseguia transportar uma maior quantidade de informação sem utilizar uma largura de banda tão grande, proporcionalmente para a transmissão utiliza-se a segmentação da luz em vários comprimentos de onda diferentes, onde em cada um a o transporte de um fluxo de dados distintos elevando assim a capacidade de transporte de dados, esse processo é conhecido como múltiplo acesso por comprimento de onda (WDMA - *wavelength division multiple access*).

Um cabo de fibra de fibra óptica é definido como um guia de onda feito de vidro de espessura muito fina, aproximadamente com o diâmetro de um fio de cabelo humano, na ordem de 100 micrometros, Através da mesma é possível guiar um feixe luminoso de um emissor em uma ponta a receptor em outra, isso considerando que a luz está completamente confinada tornando assim possível a transmissão de dados modulados.

3.1.1 Anatomia do cabo de fibra óptica

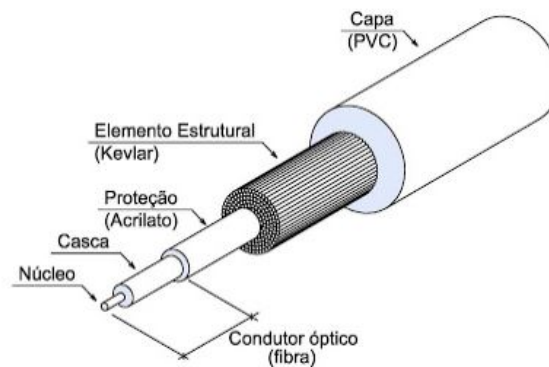
De acordo com (TORRES, 2014) os cabos de fibra óptica possuem três elementos básicos como ilustrado na figura 1

- Núcleo: é o elemento feito de vidro adicionado de impurezas como germânio ou fósforo, que aumentam o nível de refração da luz ou plástico, é o elemento responsável pela

transmissão da luz em redes de computadores o material mais utilizado é o vidro com diâmetros específicos de $9\mu\text{m}$, $62,5\mu\text{m}$ ou $100\mu\text{m}$.

- **Casca:** É o revestimento que além de proteger o núcleo tem a função de refletir a luz, servindo como espelho perfeito, assim devido às diferenças dos índices de refração da casca e do núcleo há a propagação da luz na fibra,
- **Revestimento:** Normalmente são adicionadas camadas extras de revestimento com o intuito de proteger o cabo evitando possíveis rompimentos e ajudando também no confinamento da luz

Figura 1 – Anatomia de um cabo de fibra óptica.



Fonte: TORRES (2014)

3.1.2 Tipos de Fibra Óptica

Existem dois tipos de fibra, as classificadas como monomodo (único modo) e as multimodo, (muitos modos), essa classificação se dá de acordo com o diâmetro do núcleo e do revestimento, uma fibra com $50/125\mu\text{m}$ significa que ela possui núcleo com $50\mu\text{m}$ de diâmetro e seu revestimento possui $125\mu\text{m}$ de diâmetro, essas medidas em específico são conhecidas como padrão europeu, o padrão americano é na ordem de $62,5/125\mu\text{m}$ esses tipos de fibras são exemplos da categoria multimodo

Como efeito de possuir o diâmetro mais elevado a luz reflete mais de uma vez nas paredes da fibra, assim a mesma informação chega várias vezes ao destino defasada da informação original, o receptor tem a função de detectar a informação correta e ceifar os sinais duplicados. A defasagem entre os sinais repetidos caracterizam o fenômeno da dispersão modal e neste tipo de fibra esse parâmetro está na faixa de 15 a 30 ns/Km. Logo quanto maior for o cabo mais agravante será esse efeito. Por exemplo uma fibra com 30 ns/Km de dispersão modal significa que a cada quilômetro os sinais vão chegar defasados 30ns do envio do primeiro dado, pela fórmula $f = \frac{1}{T}$ temos que a frequência máxima de dados que podem ser transmitidos nessa fibra é de $33,3\text{MHz}$ se o comprimento aumentar para 2Km a frequência máxima seria de $16,6\text{MHz}$

As fibras multimodo são classificadas em índice degrau e índice gradual onde no índice degrau, o revestimento possui um índice de refração ligeiramente maior que o do núcleo, diferença por volta de 1%, já as fibras de modo múltiplo índice gradual possuem o núcleo formado por várias camadas concêntricas de vidro com índices de refração diferentes, que diminuem conforme a distância para o núcleo, como resultado a dispersão modal (isto é, a defasagem entre cada sinal recebido) cai para 1ns/Km. ou seja uma fibra com 1Km de comprimento poderíamos ter uma frequência de transmissão de dados de 1GHz em uma fibra de 2Km poderia ser transmitido uma frequência de transmissão de 500MHz, um desempenho muito maior que nas fibras multimodo índice degrau (TORRES, 2014).

De acordo com (TORRES, 2014) as fibras monomodo são finas de tal forma que não ricocheteiam nas paredes da fibra, chegando diretamente ao receptor. Essa característica faz com que esse tipo de fibra consiga ter um comprimento e um desempenho maior do que as fibras multimodo. O nome monomodo é dado porque um sinal só chega uma única vez no receptor, na prática a luz não segue uma linha reta como ilustrada na Figura 2, ela segue um caminho espiral do transmissor ao receptor, com isso um pouco de luz é propagado através do revestimento da fibra e não somente através do núcleo logo um terceiro parâmetro de medida precisa ser conhecido em fibras monomodo, o diâmetro de campo que compreende do centro da fibra onde a luz passa. Em redes usando fibras monomodo as fibras precisam ter o mesmo diâmetro de campo além de mesmo diâmetro do núcleo e o mesmo diâmetro de revestimento.

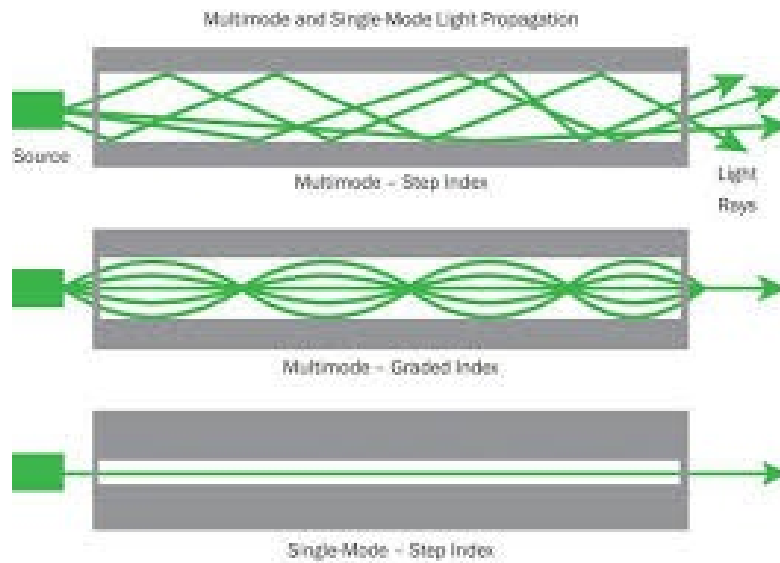
É importante salientar que fibras ópticas são projetadas para serem usadas com um laser de determinado comprimento de onda, se uma fibra monomodo for utilizada com um laser de comprimento inferior ela funcionará como se fosse multimodo. Assim toda fibra óptica funciona como um parâmetro chamado comprimento de onda de corte, que indica o comprimento de onda mínimo que pode ser usado para que a transmissão não seja feita em modo múltiplo. Exemplo uma fibra monomodo de 1300nm pode ter comprimento de onda de corte de 1260 nm isso significa que se for usado um laser com comprimento de onda inferior a esse valor a fibra passará a operar em modo múltiplo.

3.1.3 Atenuação característica do Vidro

A princípio quando foram desenvolvidas as comunicações ópticas, os principais agentes atenuadores eram as impurezas contidas no núcleo, muitos materiais podem causar absorção significativa mesmo em presenças escassas, na ordem de partes por bilhão. Mas as técnicas para descartar essas impurezas vem sendo melhoradas constantemente, assim hoje não é mais uma preocupação significativa. em 1970 a atenuação média em uma fibra de silício era de 20 dB/Km em 1980 chegou a 1 dB/km. em 1990 o valor era de 0,2 dB (DUTTON, 1998)

Outro fator que pode influenciar nos valores de atenuação é a quantidade de modos que a luz pode se propagar na fibra. A Figura 3 ilustra as variações de atenuação em uma fibra em relação ao comprimento de onda. Note que há alterações nos valores entre as fibras monomodo e multimodo. há um pico de absorção mostrado na Figura 3 localiza-se em 1385 nm e é causada

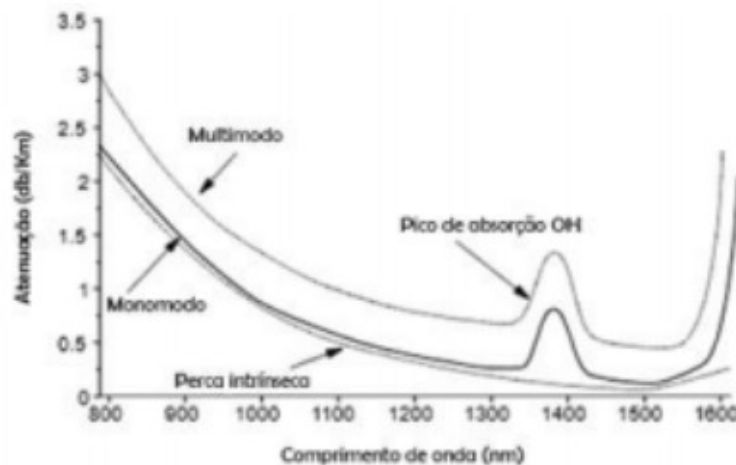
Figura 2 – Como é feita a transmissão de luz em uma fibra óptica.



Fonte: TORRES(2014)

pela presença de água durante o processo de fabricação da fibra, mas pode ser contornado por vários fatores, por exemplo o calor do ambiente.

Figura 3 – Picos de absorção na fibra devido à impurezas.



Fonte: COELHO(2018)

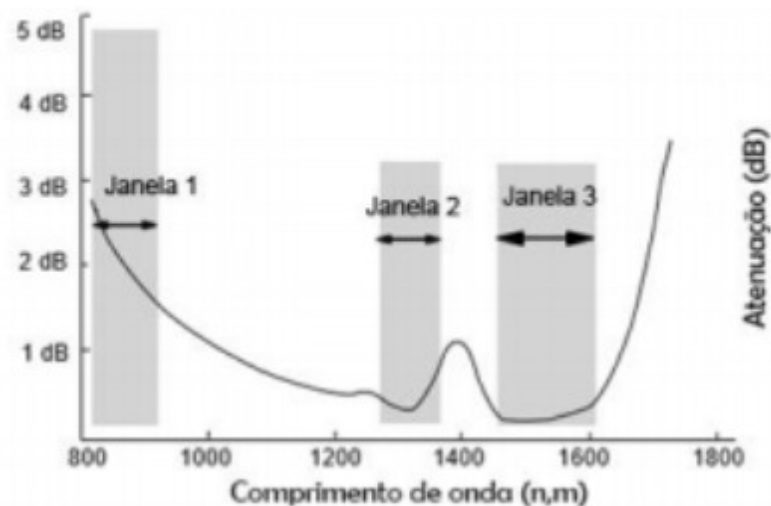
Segundo (COELHO, 2018), o desenvolvimento da transmissão óptica revelou que a atenuação da fibra óptica é intrínseca a ela. Os divergentes níveis de atenuação observados geram janelas de atenuação ótimas para a transmissão de sinais no espectro da fibra, conforme mostra a Figura 4, 850nm janela 1, 1310nm janela 2 e 1550nm janela 3, as mais utilizadas nos sistemas ópticos.

- **Janela 1** Compreende os comprimentos de 800-900nm. Foi usada entre os anos de 1970 até 1980. Era interessante pelo perfil possuir baixa atenuação e pela possibilidade de

utilizar fontes e detectores ópticos de baixo custo.

- **Janela 2** Localiza-se em torno de 1310nm. começou a ser utilizada em 1980. Sua principal vantagem é a dispersão praticamente nula nas fibras multimodo, apesar de requerer o uso de equipamentos de detecção mais caros.
- **Janela 3** Essa localiza-se entre os comprimentos de 1510 e 1600 nm e é caracterizada pela menor atenuação disponível entre as fibras ópticas atuais, sendo a mais utilizada hoje em dia, entretanto é a que requer o uso de equipamentos mais caros e complexo para ser operada.

Figura 4 – Janelas ótimas de transmissão.



Fonte: COELHO (2018)

3.1.4 Vantagens e desvantagens da fibra óptica

A utilização de um sistema óptico de comunicação, assim como qualquer outro, apresenta vantagens e desvantagens que cabe ao projetista da rede analisar cada caso e optar pela implantação da mais adequada. De forma geral, a fibra se destaca mais em relação à utilização de cabos de cobre, que tipicamente tem uma atenuação de 1 dB/km em 800 Hz, no diâmetro padrão do fio utilizado de 40mm ou 60 mm nessas mesmas condições uma fibra tem perda de 0,2 dB/km. Usando estes dois sistemas para comparação uma vez que eles são os mais usados é notório a superioridade das redes cabeadas usando a fibra óptica.

há duas grandes vantagens da fibra óptica em relação aos cabos metálicos, primeiro, que por se tratar de um material dielétrico o tráfego de luz na fibra óptica não sofre interferências eletromagnéticas, logo é imune a ruídos. isso significa comunicações mais rápidas já que praticamente não será necessário retransmissão de dados, já que raramente os dados chegarão

corrompidos ao receptor. Segundo, o sinal sofre menos do efeito de atenuação, assim conseguimos ter um cabo de fibra mais longo sem a necessidade de repetidores de sinal, outra vantagem é que a fibra não conduz corrente elétrica e com isso não haverá problemas com descargas atmosféricas por exemplo.

Por conseguirem transportar um sinal com menos erros e uma menor necessidade de repetidores de sinal ao longo do trajeto, há uma diminuição no custo e na complexidade do projeto pois uma fibra consegue chegar a maiores distâncias que o cobre sem amplificação do sinal, assim também a redução de tamanho e peso comparado às robustas estruturas para uma rede de cobre. Isso gera uma vantagem competitiva, pois num mesmo espaço seja em postes aéreos ou dutos subterrâneos, podem ser alocados mais fibras sem alterar as estruturas pré existentes.

há o aumento da confiabilidade e segurança do sinal pois a transmissão é feita a partir de um sinal óptico totalmente confinado dentro do revestimento opaco da fibra, onde não haverá nenhuma emissão de sinal através dela, isso torna quase impossível que se acesse os dados enviados, diferente do cobre onde é relativamente simples o grampeamento da transmissão. Além disso, por se tratar de um material dielétrico, tem condutividade elétrica praticamente zero, assim não sofre com possíveis interferências eletromagnéticas. Possuem ainda maior largura de banda, o que permite que uma maior quantidade de informação seja enviada

Como citado anteriormente, esse sistema também apresenta algumas desvantagens em relação às redes de cobre. Por se tratar de um material com alto valor tecnológico agregado, isso implica num custo elevado de manutenção da rede, demandando sempre mão de obra qualificada. Há dificuldade maior para realizar emendas e crimpar conectores, pois precisam de equipamentos mais caros e sofisticados.

Existe uma certa complicação para processos de expansão, pois o lançamento de uma fibra é mais trabalhoso e requer um processo mais delicado de manuseio. Mesmo assim as vantagens na grande maioria dos casos contornam as desvantagens com facilidade. Levando em consideração esse cenário benéfico surgiram varias arquiteturas para o emprego da fibra óptica em redes de acesso banda larga, chamados de FTTx.

3.2 Redes FTTx

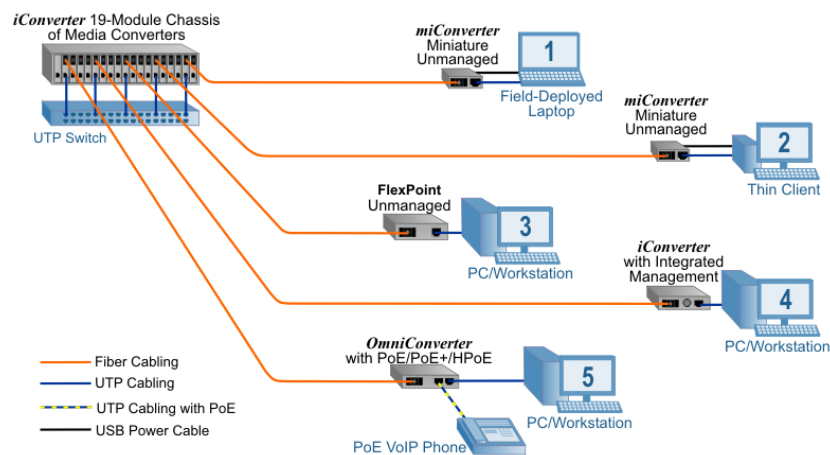
A solução FTTx é um modelo exemplar na implementação do acesso de última geração, apresentando uma atualização significativa na banda larga disponível, através de uma mudança radical na velocidade e qualidade do serviço. As redes FTTx entregam vantagens combinadas como taxas de transmissão mais altas e menor consumo energético. O final “X” indica o ponto de terminação da fibra como exemplo uma residência, antena, prédio

A fibra óptica nos sistemas atuais representa um canal de transmissão com largura de banda ainda com muito potencial para ser explorada. Assim, as redes FTTx vem se tornando padrão no mercado. Em (SILVA, 2013), encontram-se as topologias de redes ópticas para

assinantes, onde a FTTH(fiber to the home ou fibra até a casa), é a mais abundante. as principais estão ilustradas abaixo, mostrando a diferença entre as distâncias do cliente final e a fibra.

- **FTTD** Conforme pode ser visualizado na Figura 5, a rede Fiber to the Desktop é aquela na qual a conexão de fibra óptica vai desde o terminal do provedor até perto da mesa do usuário, podendo ainda passar pela principal sala de informática, um terminal ou conversor de mídia.

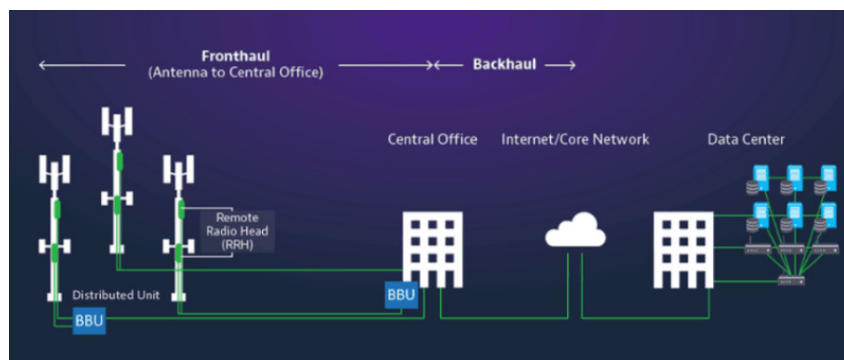
Figura 5 – Arquitetura FTTD.



Fonte: SILVA (2013)

- **FTTA** Na Figura 6, pode ser visualizado a arquitetura da rede Fiber to the Apartment, que consiste em uma rede na qual a transmissão óptica sai do provedor e vai até dentro do prédio, em uma sala específica. Nesse local, o sinal óptico é dividido, por meio de splitters, para os diversos apartamentos (no caso de ambiente residencial) ou para as salas (em prédios comerciais);

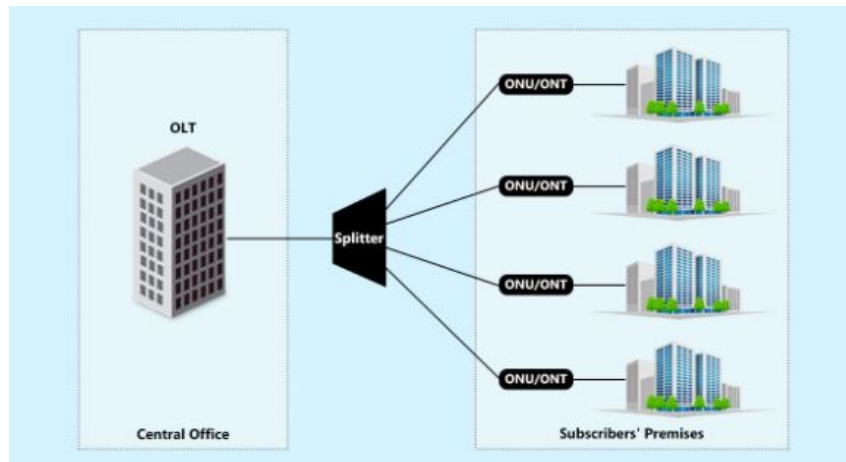
Figura 6 – Arquitetura FTTA.



Fonte: SILVA (2013)

- **FTTB** A rede Fiber to the Building pode ser visualizado na Figura 7, onde é permitido o fornecimento de fibra óptica até o prédio, de forma que a conexão é feita aos demais moradores ou trabalhadores por meio de uma rede Ethernet;

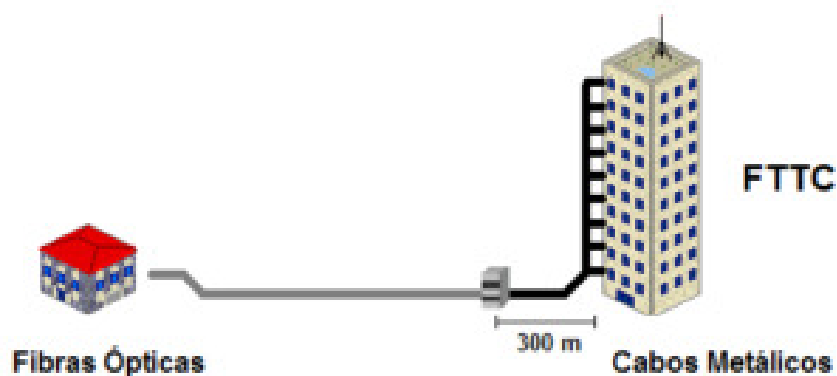
Figura 7 – Arquitetura FTTB.



Fonte: Silva(2013)

- **FTTC** Na rede Fiber to the Curb/Cabinet, vai da central até o armário de distribuição ou central telefônica. A partir dali, a conexão ocorre através de uma linha telefônica, oferecendo banda larga para os aparelhos internos. Para isso, é importante utilizar tecnologias que permitam velocidades altas em curtas distâncias, evitando a perda de qualidade na transição, uma ilustração deste tipo de rede, pode ser visualizado na Figura 8.

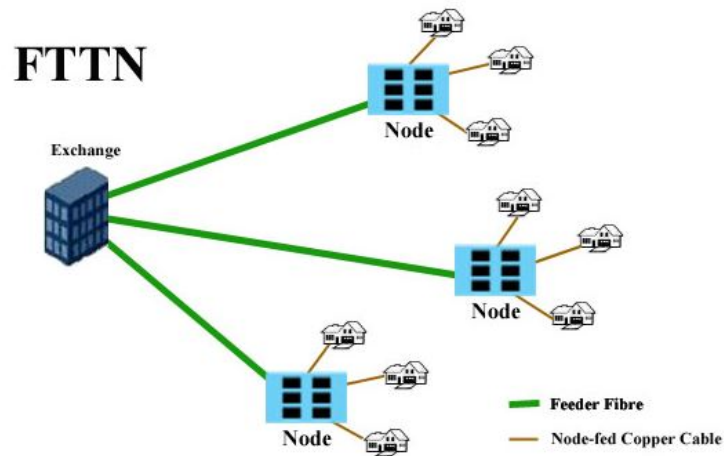
Figura 8 – Arquitetura FTTC.



Fonte: KEISER(2014)

- **FTTN** A rede Fiber to the Node se liga da central de distribuição a um armário na rua, passando para cabos de cobre até o ponto final, conforme a Figura 9.

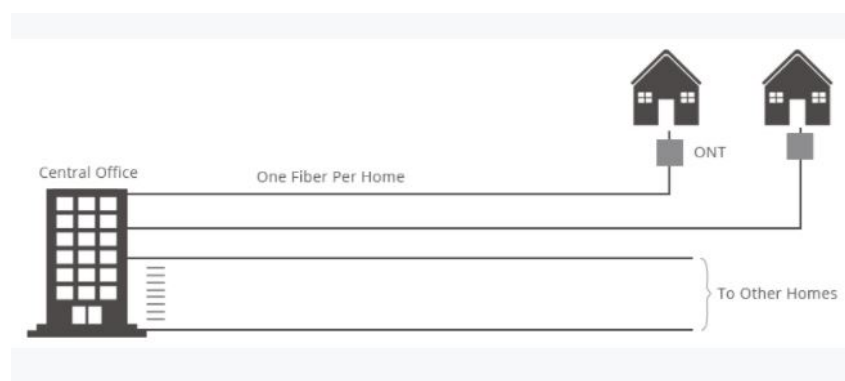
Figura 9 – Arquitetura FTTN.



Fonte: KEISER (2014)

- **FTTH** Na Figura 10, pode ser visualizada a rede Fiber to the home, onde esta transmite o sinal de fibra óptica por meio do equipamento de comutação do operador até a casa do cliente ou da empresa que contratou o serviço, e é normalmente utilizada para serviço doméstico. Também chamada de rede PON, custa bem menos mas, em compensação, tem uma cobertura menor, limitada a trechos de até 20 km de cabos de fibra óptica.

Figura 10 – Arquitetura FTTH.



Fonte: TORRES(2014)

3.3 Arquiteturas de redes PON

As redes de acesso PON foram desenvolvidas para oferecer serviços de banda larga para usuários finais. Assim, essas redes evoluíram com o passar do tempo, tendo suas taxas de transmissão aumentadas e novos padrões definidos pela ITU-T e IEEE.

A rede GPON é uma rede de capacidade elevada na escala Gigabit, é padronizada pela ITU-T G.984 (ALEX, 2010). Esta rede oferece velocidades no downstream de 2,5 Gb/s. Oferece serviços por meios de protocolos Ethernet, TCP, UDP, IP, T1/E1, vídeo e VoIP, sendo regulamentada pela G.984.1 e G.984.6 da ITU-T. A divisão de potência do sinal da fibra óptica nessa arquitetura é de 1:32 ou 1:64, podendo chegar a atender até 128 clientes através de uma única fibra (KAISER, 2014).

3.3.0.1 Componentes das redes PON

As redes de acesso banda larga passivas são compostas por vários dispositivos além da fibra óptica como, ONUs, OLTs, divisores passivos (Splitters) e lasers, abaixo estão descritos os principais sistemas e componentes ópticos:

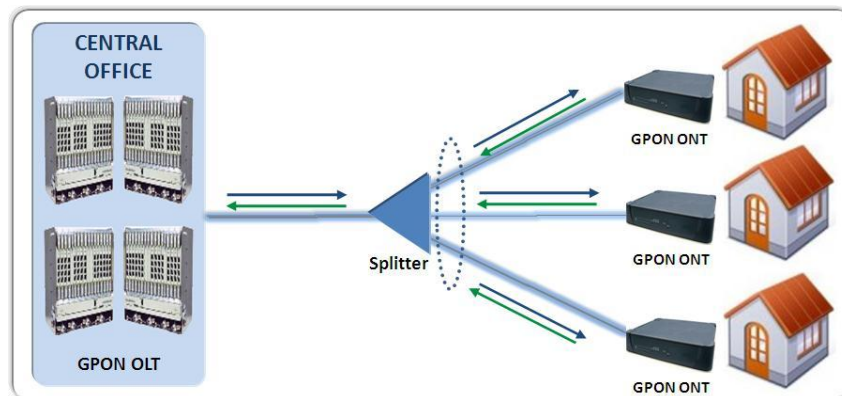
- **OLT:** Terminal de linha óptica. Localiza-se na central da operadora de serviços, conecta a rede de acesso à rede metropolitana, transmitindo o sinal óptico, que é distribuído para os usuários através dos divisores ópticos passivos. A mesma é formada por diversos servidores que fornecem serviços como VoIP, Internet e HDTV. a gerência de toda transmissão da rede é feita na OLT.
- **ONU:** Unidade de rede óptica, geralmente localizado próxima ao assinante. A ONU concentra o tráfego de dados até que possa ser transmitido para a OLT. As ONUs funcionam também como filtros de redes, pois quando as OLTs mandam mensagens em broadcast, as ONUs reconhecem apenas as mensagens destinadas a ela e ignoram as demais. Além de converterem o sinal óptico em elétrico para os dispositivos padrões, como telefones, computadores, TV e outros equipamentos do usuário final.
- **Divisor passivo (Splitter):** Esse equipamento fica localizado entre a OLT e a ONU, sendo responsável por dividir ou simetrico ou assimetricamente 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 mandado para a OLT.

O uso de componentes passivos reduz o custo de manutenção e na infraestrutura da rede. Abaixo está ilustrado de forma simplificada a estrutura de uma rede PON.

3.4 Topologias

As redes ópticas passivas podem ser formadas por 3 topologias principais, em barramento em anel e em árvore, cada topologia apresenta uma abordagem diferente, sendo implementada conforme a necessidade de aplicação, como descrito a seguir:

Figura 11 – Estrutura de uma rede PON.

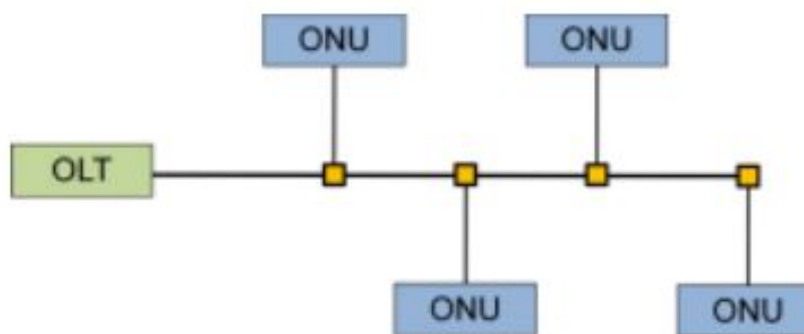


Fonte: KEISER (2014)

3.4.1 Topologia em barramento

Nessa topologia a OLT interliga as várias ONUs por meio de um cabo de fibra óptica que conecta varios *splitters* com fator de derivação de 1:2, assim cada *spliter* cria duas ramificações, uma para conexão da ONU e outra para o próximo Divisor óptico.

Figura 12 – Topologia em Barramento.



Fonte: ALEX (2010)

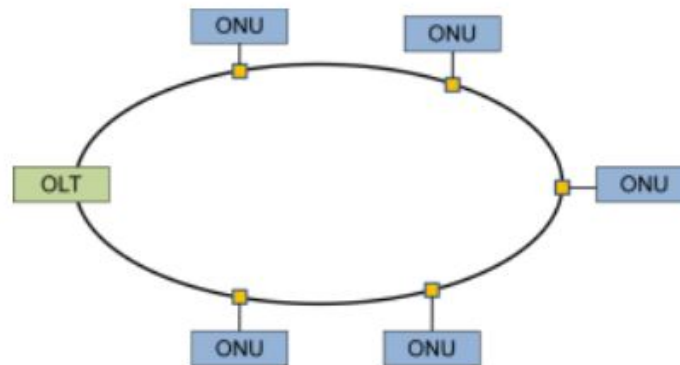
3.4.2 Topologia em anel

Na topologia em anel, duas ONUs são interligadas a uma OLT criando dois segmentos de transmissão de dados. O restante das ONUs são conectadas de forma serial, formando um anel óptico. Apresenta a vantagem de proteção do circuito, pois caso ocorra o rompimento de uma fibra o tráfego da rede circula na outra direção.

3.4.3 Topologia em árvore

Nessa topologia a OLT é conectada a um *splitter* por meio de uma única fibra, a partir deste divisor, as ONUs são interligadas a OLT, como ilustrado abaixo. De acordo com (Alex, 2010) esta topologia é ponto-multiponto (P2MP - *point-to-point*), no sentido *downstream* (OLT

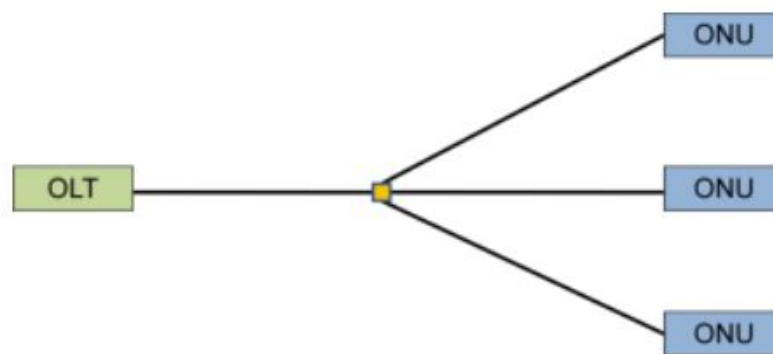
Figura 13 – Topologia em Anel.



Fonte: ALEX (2010)

para ONU) e ponto-a-ponto (P2P - *point-to-point*). Essa estrutura apresenta custos reduzidos pois utiliza menos componentes.

Figura 14 – Topologia em Árvore.



Fonte: ALEX (2010)

3.5 Cálculo da atenuação na rede PON

Em um projeto de rede do tipo PON, temos que garantir que a potência que chegue ao cliente (P_{ONU}) esteja dentro da faixa de funcionamento (*threshold*) da ONU, que normalmente varia entre -20dBm e -26dBm. Assim um dos mais importantes critérios de projeto é levar em consideração todas as quedas de potência que estarão presentes ao longo da transmissão até o cliente. Temos a atenuação da fibra (P_{FIB}), que é caracteristicamente 0,2dB/km, as perdas por fusão no cabo para realizar as emendas (P_{EME}), considerada teoricamente 0,5dB/fusão, vale salientar que o processo de fusão não consegue ser livre de impurezas, o que acarreta em aumentar a atenuação. A principal perda na rede é a perda nos splitters (P_{DOP}) estão diretamente ligadas ao número de divisões de sinal. A tabela a seguir mostra as quedas de potência em cada splitter:

Tabela 1 – Queda de potência em um splitter

Splitter	Perda Máxima
1:2	3.7dB
1:4	7.1dB
1:8	10.5dB
1:16	13.7dB
1:32	17.1dB
1:64	20.5dB

Fonte: FiberSchool (2021)

Para calcularmos a potência efetiva que chega a ONU através de uma distância qualquer da OLT temos:

$$P_{ONU} = P_{OLT} - P_{FIB} - \sum P_{DOP} \quad (3.1)$$

Onde:

- P_{ONU} : Potência efetiva que chega no ONU.
- P_{OLT} : Potência da OLT.
- P_{FIB} : Potência perdida devido a atenuação característica da fibra.
- P_{DOP} : Potência perdida nos splitters

Logo, a potência que chega a ONU e a potência de transmissão da OLT subtraído das quedas de potência que ocorrem no caminho.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Primeiramente foi realizado uma pesquisa de mercado no sítio carvão município de pereiro localizada no interior do Ceará, na pesquisa foi perguntado sobre a satisfação com os serviços de internet, onde cerca de 80% dos entrevistados alegaram ter problemas com os serviços de internet contratados, e 100% estariam dispostos a pagar mais caro por internet cabeada via fibra óptica. Observado o problema decorrente no local de estudo, a pesquisa passou para a etapa de viabilidade técnica e econômica para implantação de rede cabeada via fibra óptica com tecnologia GPON.

Para contribuir para a viabilidade positiva da implementação não foi levado em consideração o custo de montar o centro de processamento de dados (CPD) ou Data Center (DC) estrutura alvenaria com refrigeração, onde vai ser alocado a OLT e os switches de onde vão ser lançados os cabos, no DC é onde há todo processo de gerência da rede. No local de estudo já tinha um Data Center da empresa Brisanet, e o projeto foi planejado para servir de insumo para a mesma

4.1 Área de Estudo

Para avaliar a área de estudo, foi utilizado o google maps para poder mapear o espaço geográfico a ser atendido, no entanto na região não tinha imagens de street view, assim para poder mapear a localização estimada de cada poste, por onde ia passar o cabeamento e colocar as caixas de atendimento ou caixas de terminação óptica(CTO). Assim, para realizar o mapeamento de forma precisa foi realizado uma pesquisa de campo onde foi conferida a posição de todos os postes para que pudesse ser feita a estimativa no projeto, abaixo está ilustrado algumas residencias localizadas perto do DC.

Figura 15 – Residencias município de Pereiro-CE.

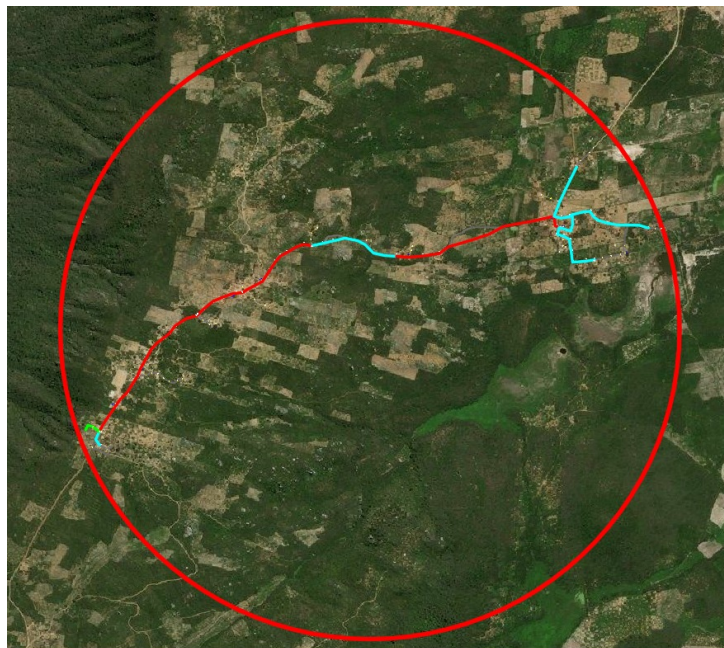


Fonte: Elaborada pelo Autor

Posteriormente foi utilizado o Google Earth, para a confecção do arquivo kmz, onde

através dele, podemos estimar as quantidades de cabos, seus tipos, quantidades de caixas, fusões, atendimentos, onde posicionar cada caixa de atendimento para regiões mais populosas, e também para servir de base para o detalhamento dos esquemas de fusão do projeto, abaixo temos a imagem do kmz.

Figura 16 – Arquivo kmz dos Sítios Carvão e Pedra Branca.

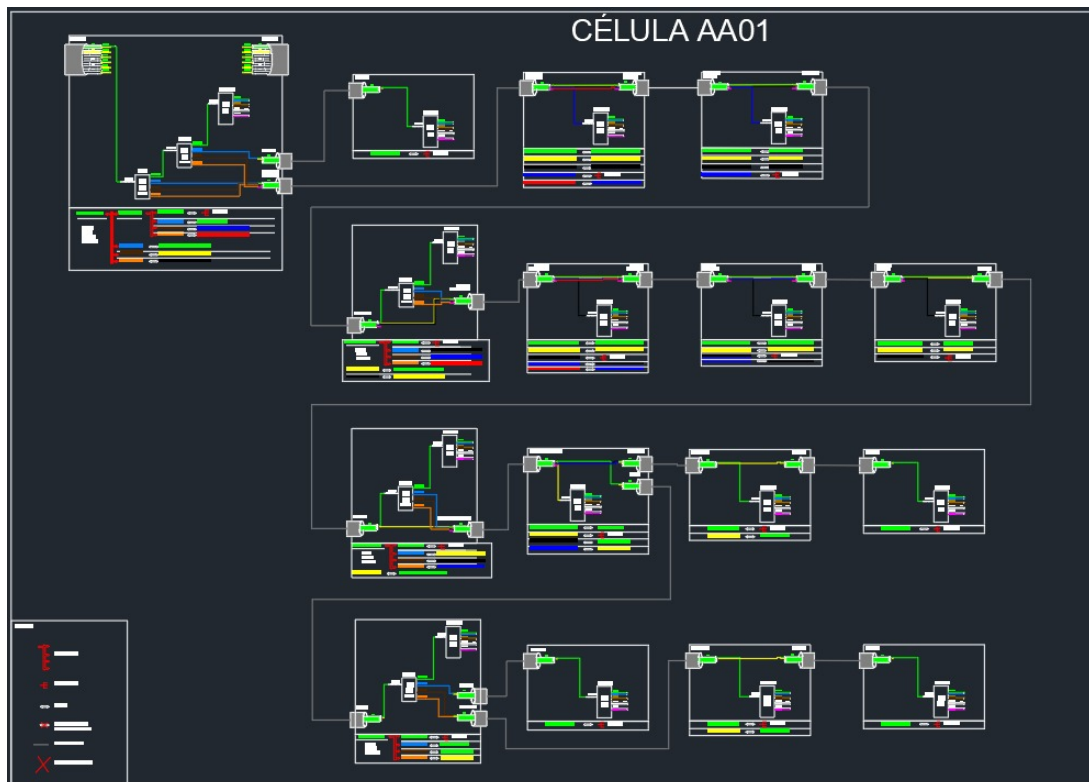


Fonte: Elaborada pelo Autor

4.2 Projeto

Fazendo uso de informações de localização fornecidas pelo google earth e do software AutoCAD, foi feito a proposta do projeto de uma rede FTTH utilizando tecnologia GPON na cidade Pereiro no Ceará. Neste projeto será descrito o passo a passo do funcionamento e ativação da rede. Na Figura 17, pode ser observado o esquema completo do projeto da rede.

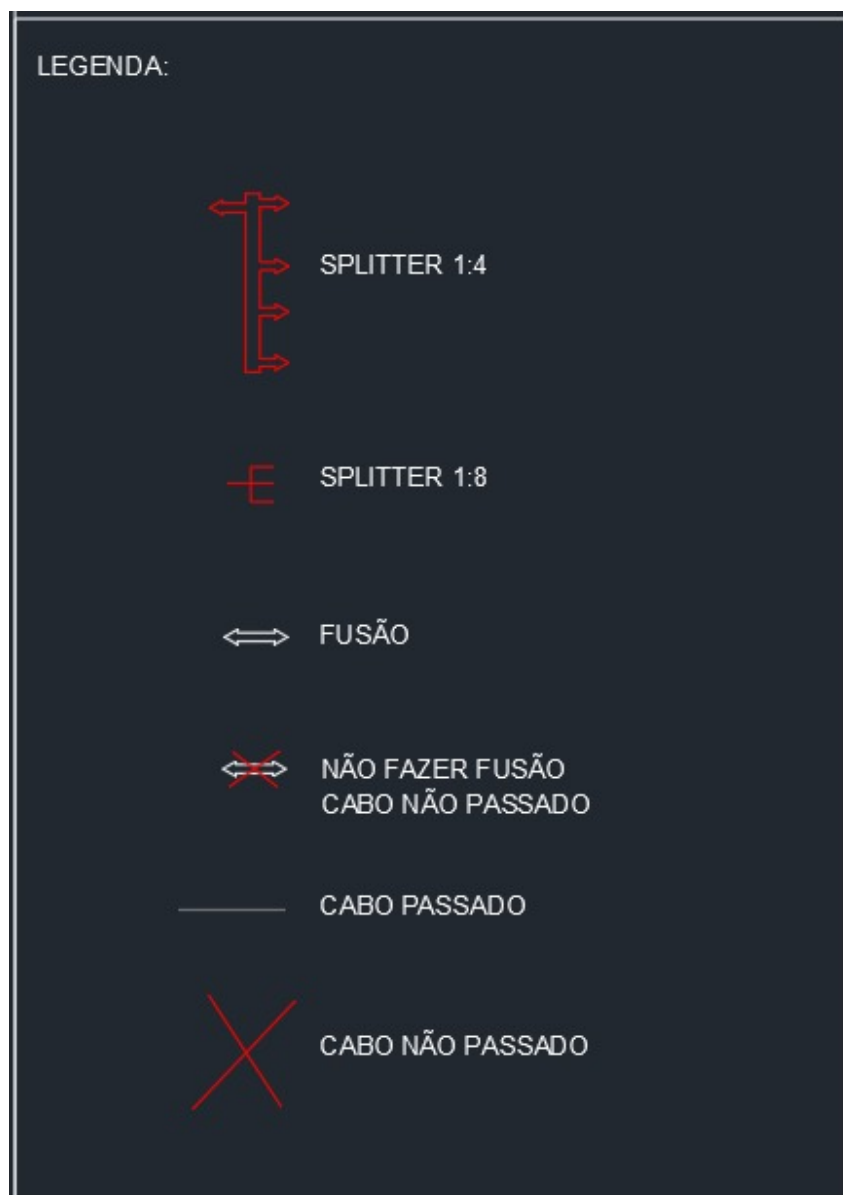
Figura 17 – Célula de atendimento GPON (AA01).



Fonte: Elaborada pelo Autor

Sabe-se que a arquitetura GPON permite até 128 atendimentos por porta PON, o que motivou desenvolver um projeto de rede FTTH, para dois municípios vizinhos onde apenas uma célula GPON é capaz de suprir toda a demanda de serviços, ou seja, usando apenas uma fibra óptica para ativar todo o circuito. A nomenclatura adotada para a célula é AA01, pois seria a primeira célula da rede. Cada célula ativa 4 microcélulas e cada microcélula ativa 4 splitters de atendimento 1:8, totalizando assim 128 atendimentos. A legenda do projeto pode ser visualizada na Figura 18

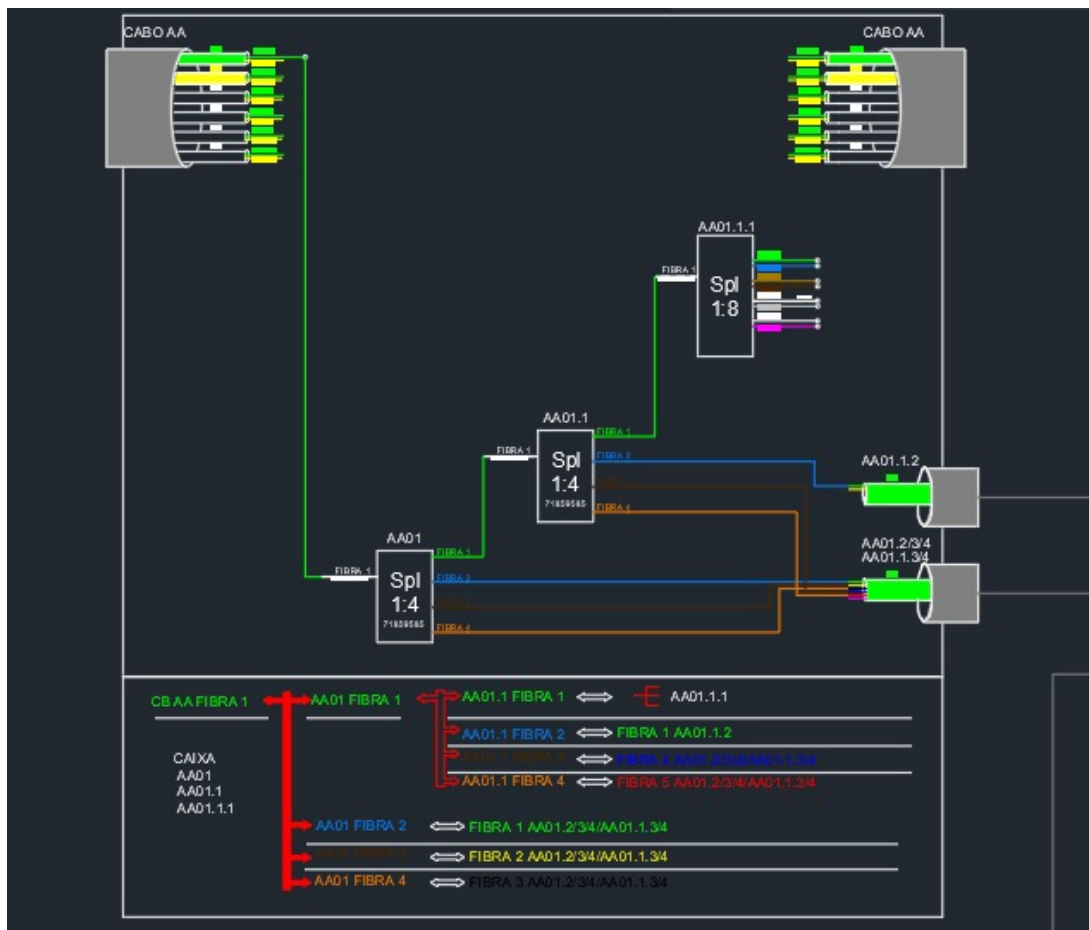
Figura 18 – Legenda do Projeto.



Fonte: Elaborada pelo Autor

Na caixa de abertura deve chegar um cabo de 12 fibras (12FO) do Data Center. Onde, primeiramente deve ser fusionado a fibra 1 do cabo na célula AA01, delas são ramificados 4 fibras, cada uma dessas fibras vai ativar uma microcélula na sequência, assim a fibra 1 da célula, ativa a primeira microcélula e a fibra 1 da microcélula, ativa o primeiro splitter 1:8 (AA01.1.1). Na caixa de abertura devem sair mais dois cabos, um cabo de 2fibras (2FO) e outro cabo de 6 fibras (6FO), onde deve ser fusionado a fibra 2 da micro celula 1 (AA01.1), na fibra 1 do cabo de 2 fibras (2FO) para ativar o segundo atendimento da microcélula (AA01.1.2). As fibras 2,3 e 4 da célula AA01 serão fusionadas nas fibras 1,2 e 3 do cabo de 6 fibras (6FO) que sairão da caixa, e as fibras 3 e 4 da (AA01.1) serão fusionadas nas fibras 4 e 5 do cabo de 6 fibras (6FO), conforme ilustrada na Figura 19.

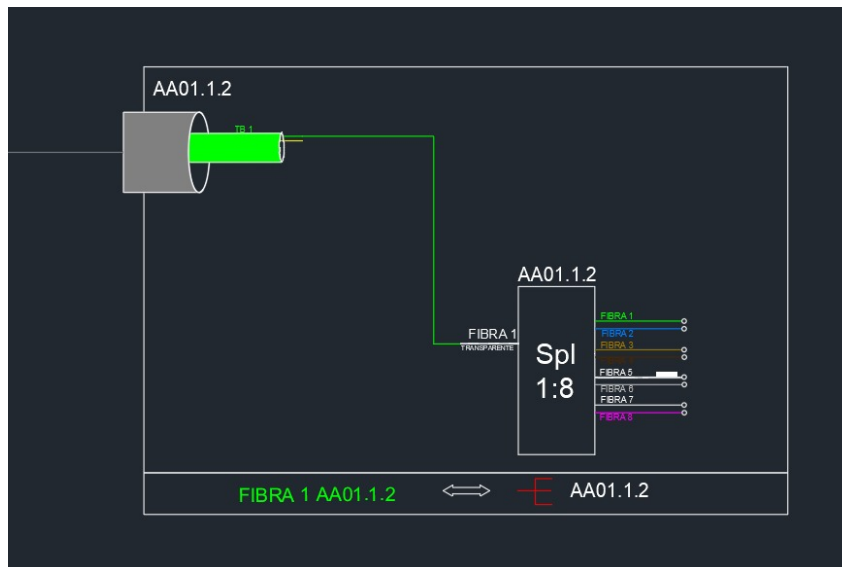
Figura 19 – Ativação da Celula, microcelulas e primeiro atendimento (AA01.1.1).



Fonte: Elaborada pelo Autor

O cabo de 2 fibras (2FO) que sai da caixa de abertura irá ativar o segundo splitter de 1:8 (AA01.1.2) da primeira microcélula, conforme mostrado na Figura 20.

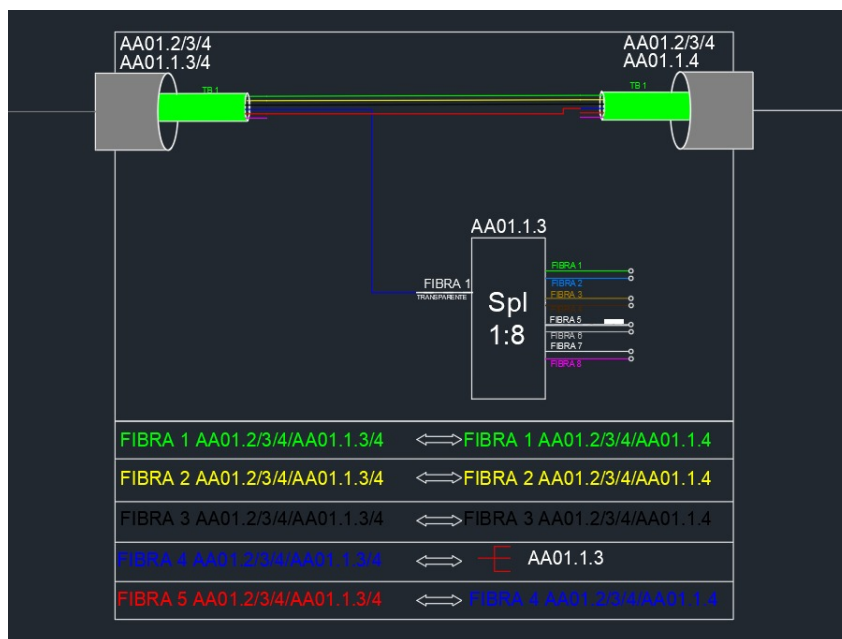
Figura 20 – Ativação do segundo atendimento (AA01.1.2).



Fonte: Elaborada pelo Autor

Na Figura 21, pode ser observado que o cabo de 6 fibras (6FO) que sai da caixa de abertura, a fibra 4 será usada para ativação do terceiro splitter 1:8 (AA01.1.3). Na saída da caixa de abertura deve-se fundir a fibra 5 do cabo de entrada na fibra 4 no cabo de saída, de tal forma a evitar fibras inativas no meio do cabo.

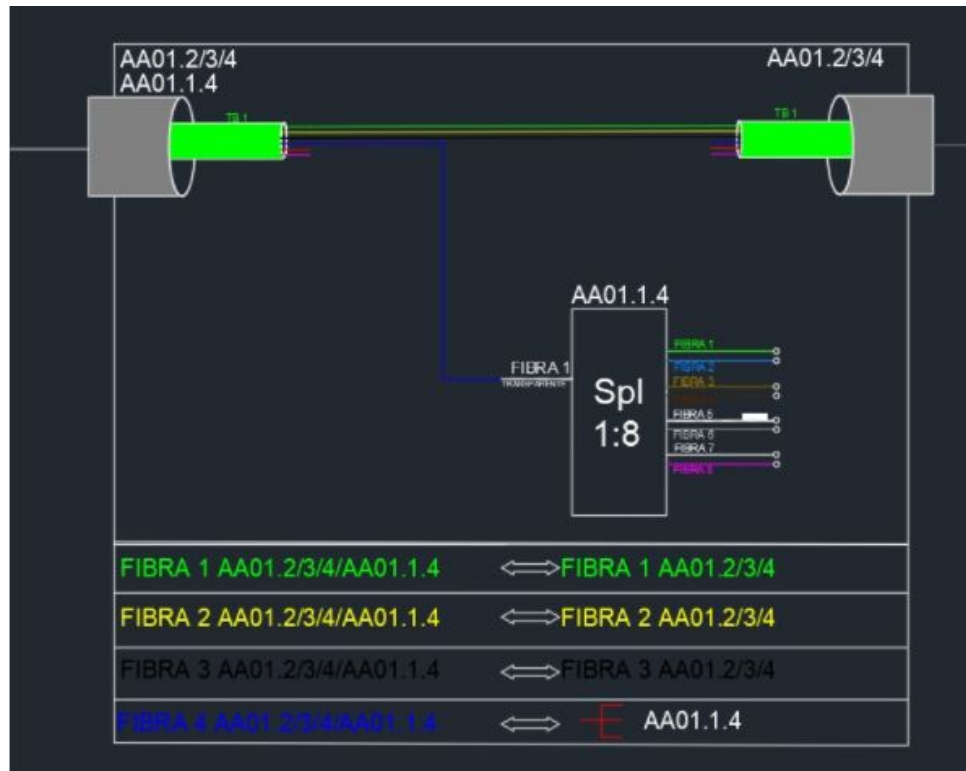
Figura 21 – Ativação do terceiro atendimento microcélula (AA01.1.3).



Fonte: Elaborada pelo Autor

Ainda na microcélula (AA01.1), utiliza-se a fibra 4 do cabo de 6 fibras (6FO), para a ativar o quarto atendimento da primeira microcélula (AA01.1.4), e pode ser visualizada na Figura 22.

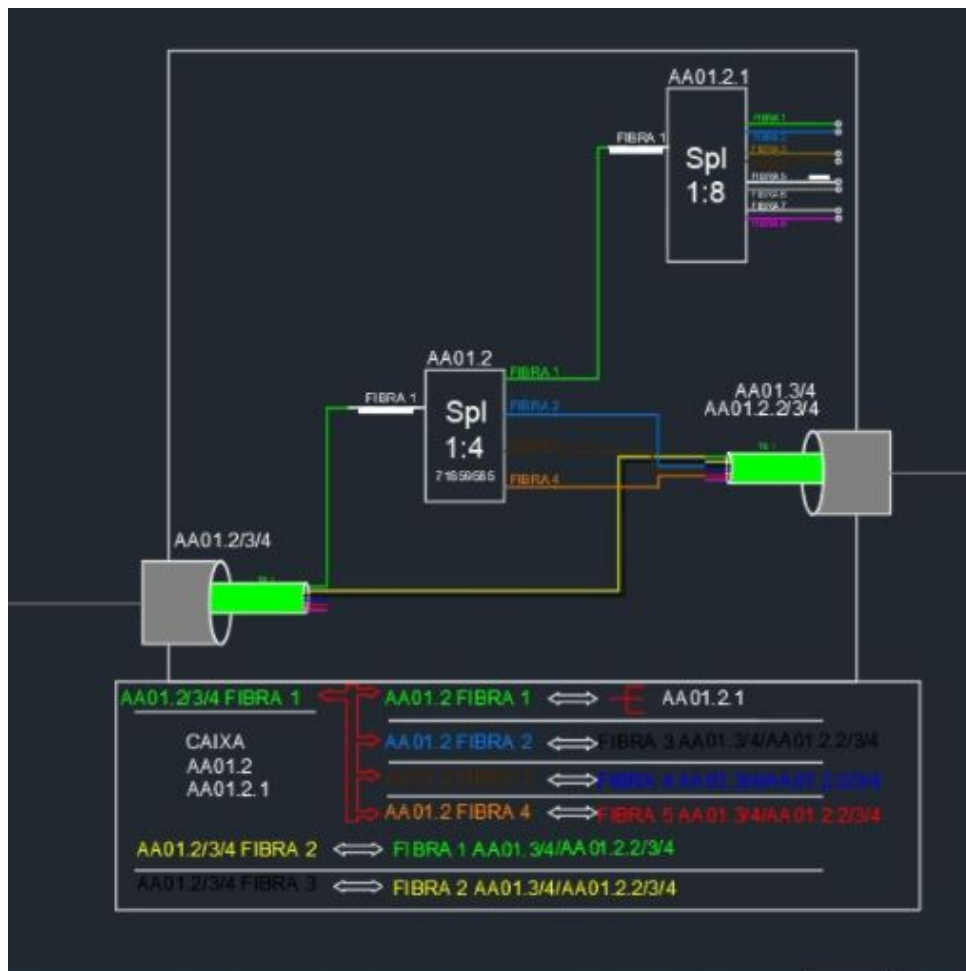
Figura 22 – Ativação do quarto atendimento da microcélula (AA01.1.4).



Fonte: Elaborada pelo Autor

O cabo de seis fibras (6FO) chega à próxima Caixa de Terminação Óptica (CTO), onde a fibra 1 irá ativar a segunda microcélula (AA01.2), a fibra 2 e 3 do cabo de 6 fibras deverão ser fusionados na fibra 1 e 2 do cabo de saída também de 6 fibras (6FO), sempre priorizando a ordem crescente da ativação das microcélulas nos cabos de saída das CTOs. A fibra 1 da microcélula 2 (AA01.2), irá ativar o splitter 1:8 (AA01.2.1), que será o primeiro atendimento da microcélula 2 (AA01.2). As fibras 2, 3 e 4 da microcélula (AA01.2) serão fusionadas respectivamente nas fibras 3, 4 e 5 do cabo de saída, conforme mostrado na Figura 23.

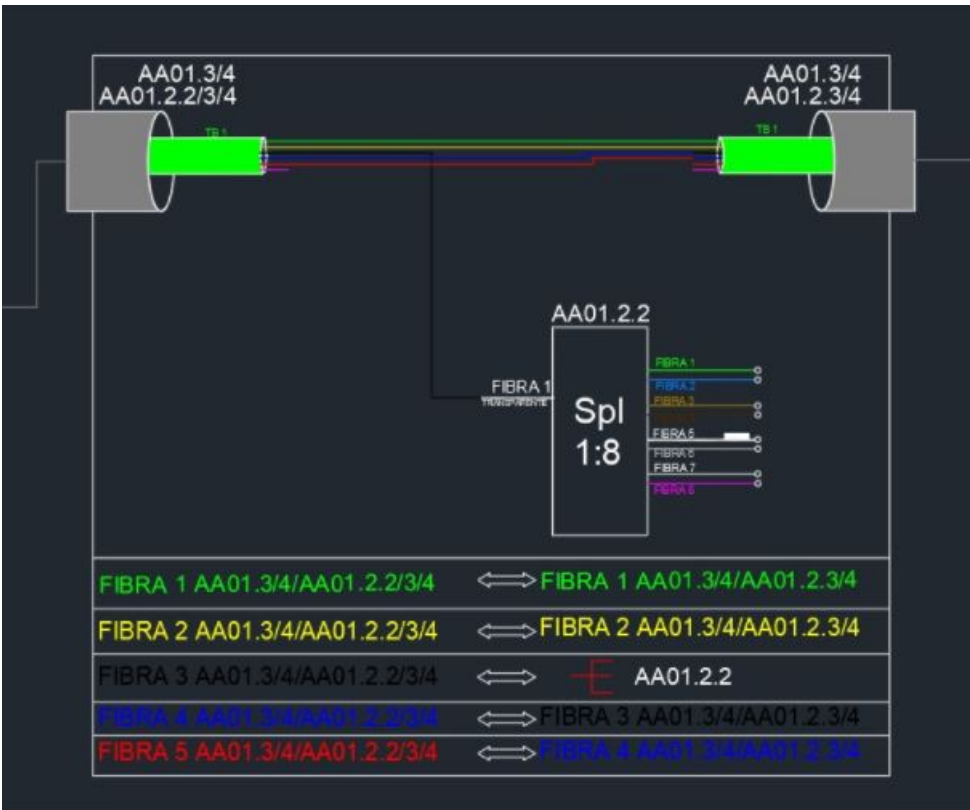
Figura 23 – Ativação da (AA01.2) e do atendimento (AA01.2.1).



Fonte: Elaborada pelo Autor

Nesse estágio a fibra 3 do cabo de entrada, é fusionado na fibra 1 do Splitter 1:8 (AA01.2.2) ativando o mesmo. Para não ficar uma fibra inativa no meio do cabo as fibras 4 e 5 do cabo de entrada são fusionados respectivamente nas fibras 3 e 4 do cabo de saída.

Figura 24 – Ativação do atendimento (AA01.2.2).



Fonte: Elaborada pelo Autor

A fibra 3 do cabo de entrada será fusionado à fibra 1 do splitter 1:8 ativando assim o atendimento (AA01.2.3). A fibra 4 do cabo de entrada será fusionada na fibra 3 do cabo de saída.

Figura 25 – Ativação do atendimento (AA01.2.3).



Fonte: Elaborada pelo Autor

A fibra 3 do cabo de entrada será fusionado à fibra 1 do splitter ativando assim o atendimento(AA01.2.4).

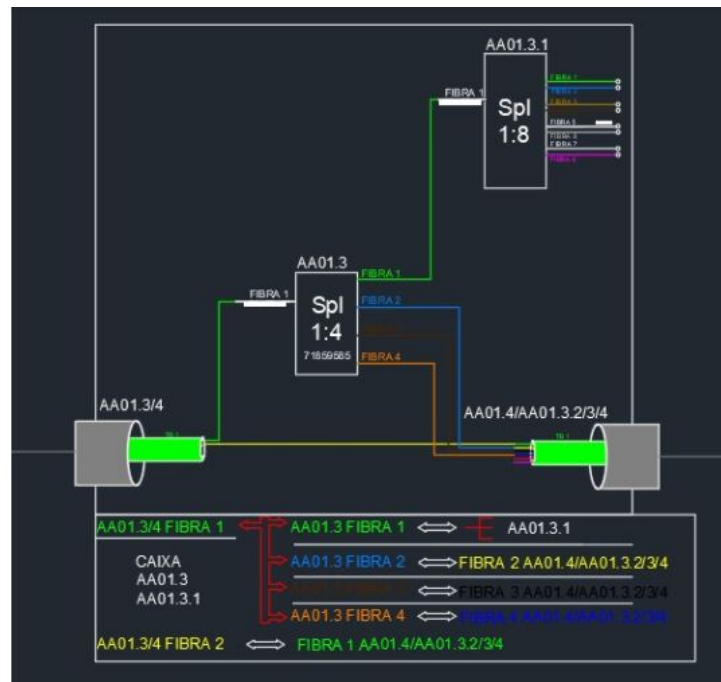
Figura 26 – Ativação do atendimento (AA01.2.4).



Fonte: Elaborada pelo Autor

No cabo de entrada de 6 fibras (6FO), a fibra 1 será fusionada na fibra 1 da microcélula 3 (AA01.3), ativando a mesma, a fibra 1 da (AA01.3) ativa o primeiro atendimento da microcélula 3 (AA01.3.1). A fibra 2 do cabo de entrada será fusionada no cabo de 6 fibras (6FO) de saída, e as fibras 2, 3 e 4 da (AA01.3) serão fusionadas nas fibras 2, 3 e 4 respectivamente no cabo de saída.

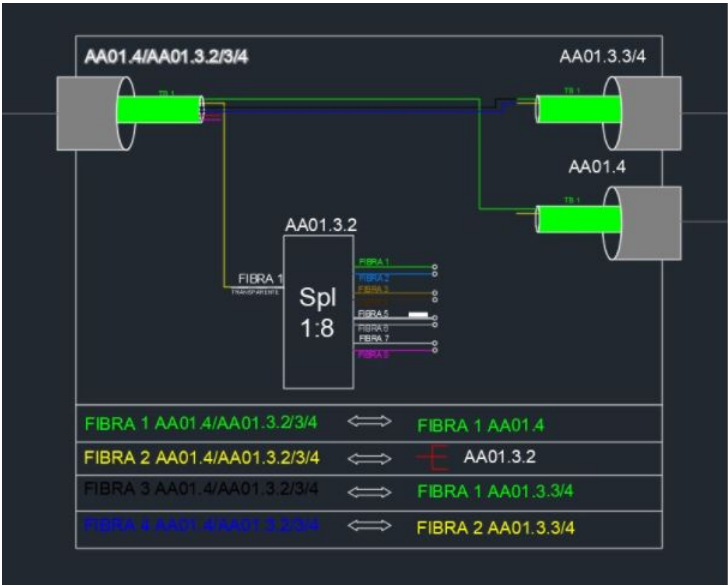
Figura 27 – Ativação da microcélula(AA01.3) do atendimento (AA01.3.1).



Fonte: Elaborada pelo Autor

Nessa caixa de atendimento o splitter 1:8(AA01.3.2) é ativado pela fibra 2 do cabo de entrada. A fibra 1 do cabo de entrada é fusionado em um cabo de 2 fibras (2FO) para posteriormente ativar a microcélula 4 (AA01.4). As fibras 3 e 4 do cabo de entrada são fusionadas nas fibras 1 e 2 do cabo de saída para ativar os atendimentos (AA01.3.3\4) posteriormente.

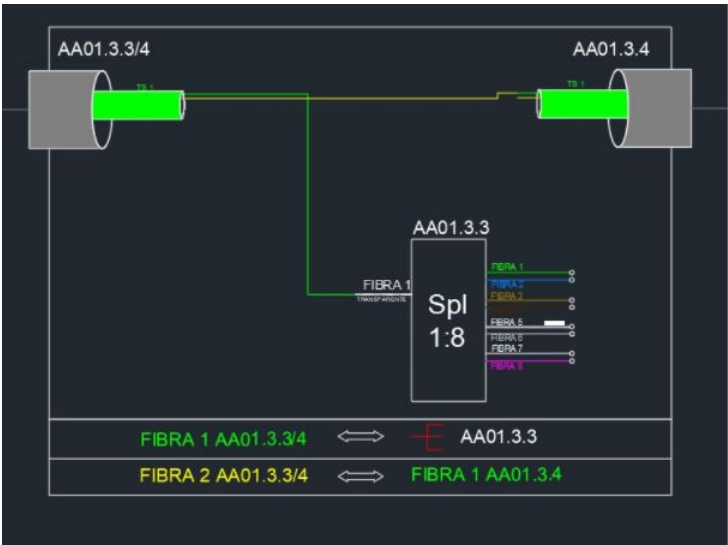
Figura 28 – Ativação do atendimento (AA01.3.2)



Fonte: Elaborada pelo Autor

Nessa caixa será ativado o atendimento(AA01.3.3) fusionando da fibra 1 do cabo de entrada na fibra 1 do splitter 1:8. E a fibra 2 do cabo de entrada será fusionado na fibra 1 do cabo de saída para prosseguir com a ativação do atendimento (AA01.3.4)

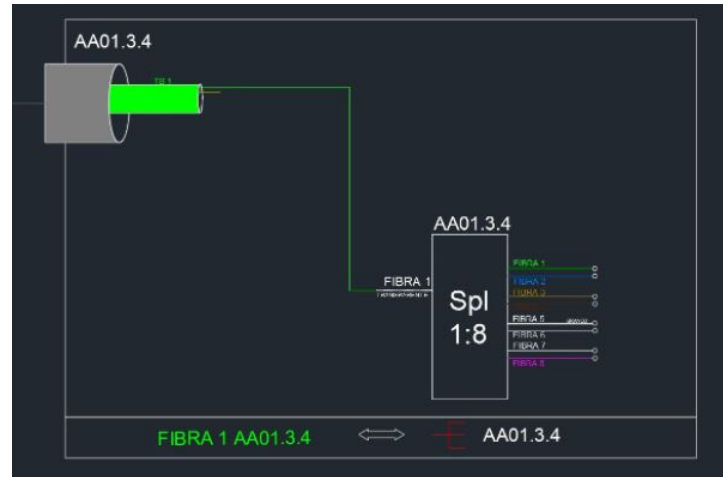
Figura 29 – Ativação do atendimento (AA01.3.3)



Fonte: Elaborada pelo Autor

A fibra 1 do cabo de entrada é fusionado na fibra 1 do splitter ativando assim o atendimento(AA01.3.4).

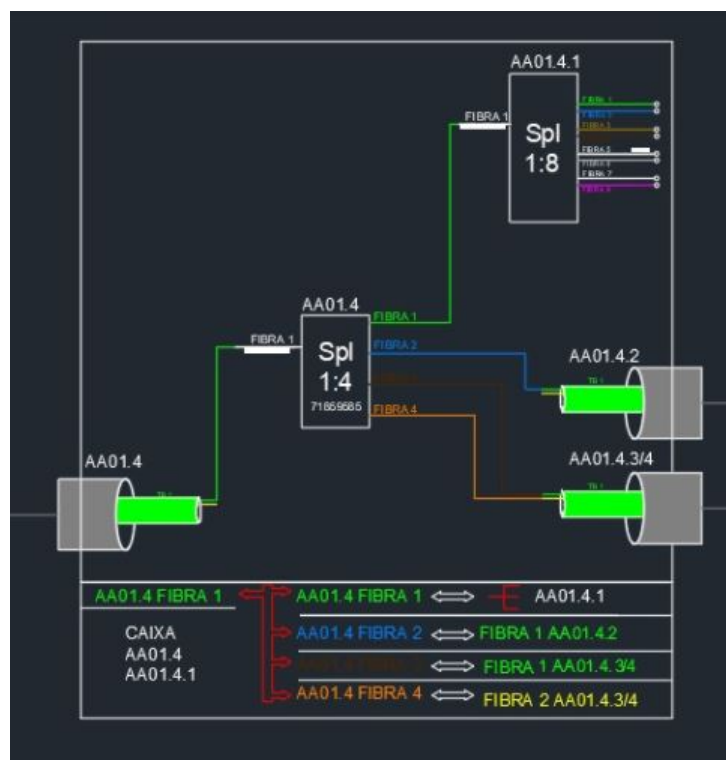
Figura 30 – Ativação do atendimento (AA01.3.4)



Fonte: Elaborada pelo Autor

A fibra 1 cabo de 2 fibras (2FO) de entrada é fusionada na fibra 1 da microcélula 4 (AA01.4) para ativar a mesma. A fibra 1 da microcélula ativa o primeiro atendimento (AA01.4.1). A fibra 2 da microcélula (AA01.4) é fusionada na fibra 1 em um cabo de saída de duas fibras (2FO), para ativar o atendimento (AA01.4.2). As fibras 3 e 4 serão fusionadas no outro cabo de saída para ativar os atendimentos 3 e 4 da microcélula 4 (AA01.4.3/4)

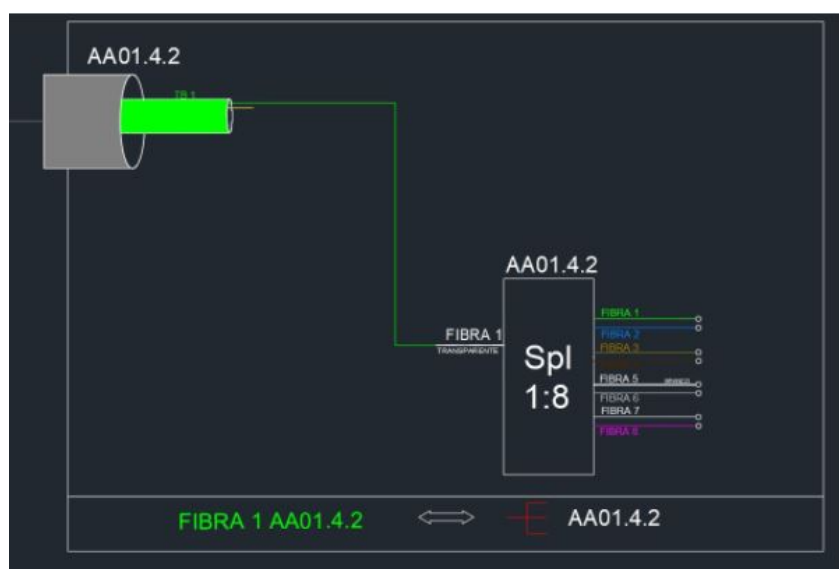
Figura 31 – Ativação da microcélula (AA01.4) e do atendimento (AA01.4.1)



Fonte: Elaborada pelo Autor

A fibra 1 do cabo de entrada é fusionada no no splitter de 1:8 ativando o atendimento (AA01.4.2).

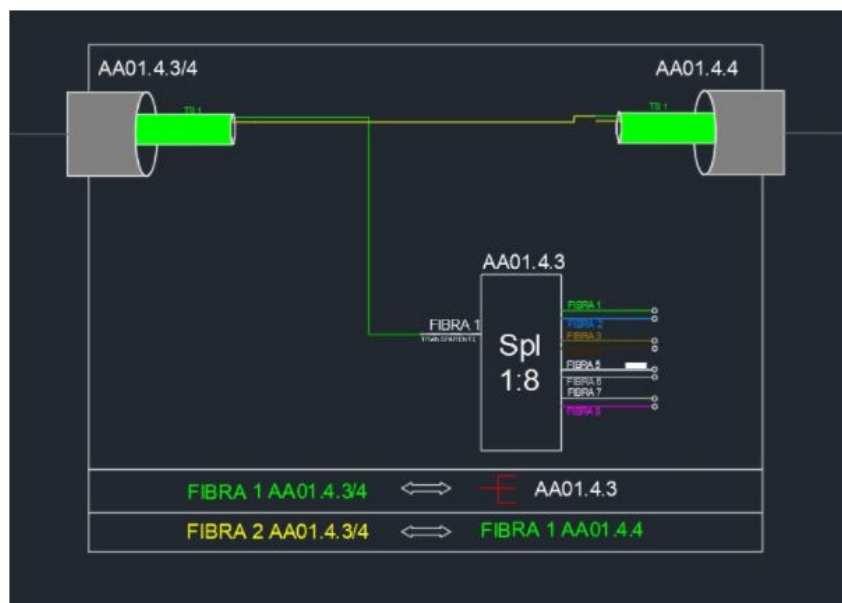
Figura 32 – Ativação do atendimento (AA01.4.2)



Fonte: Elaborada pelo Autor

A fibra 1 do cabo de entrada é fusionado na fibra 1 do splitter (AA01.4.3) ativando o mesmo. A fibra 2 é fusionada na fibra 1 do cabo de saída para ativar o atendimento (AA01.4.4) posteriormente

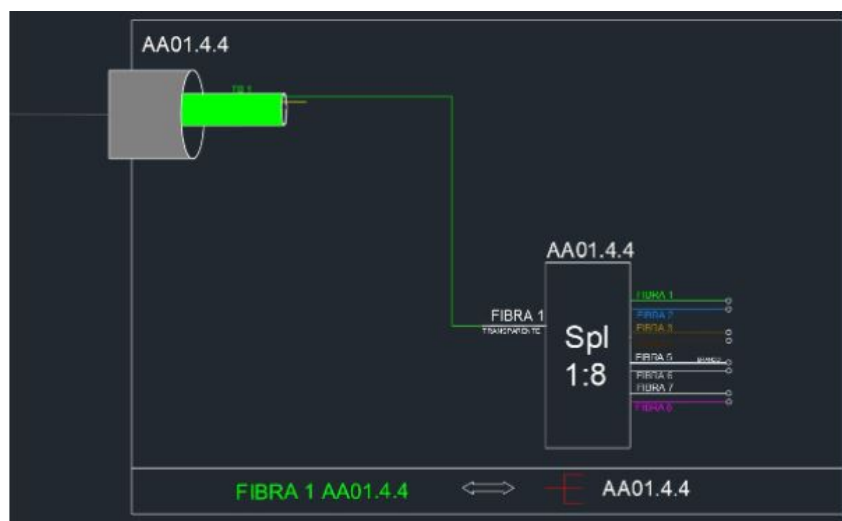
Figura 33 – Ativação do atendimento (AA01.4.3)



Fonte: Elaborada pelo Autor

A fibra 1 do cabo de entrada é fusionado na fibra 1 do splitter (AA01.4.4) finalizando assim o último atendimento.

Figura 34 – Ativação do atendimento (AA01.4.4)



Fonte: Elaborada pelo Autor

4.2.1 Materiais necessários para implementação

Abaixo segue a tabela de precificação de implantação da rede:

Figura 35 – Tabela de Precificação

Material	Quantidade	Valor da Unidade	Valor total
BAP 3 BRAC AJUST POSTE	86	R\$8,63	R\$742,18
PARAFUSO P/ BAP C/ PORCA E ARRUELA	86	R\$3,50	R\$301,00
CONJ SUSPENSÃO PREF. CT 1560	168	R\$6,39	R\$1 073,52
ALL-8504 - CFOA-SM-ASU-S12FO A 24 FO TS NR (V80) CHINA	160	R\$3,86	R\$617,60
ALCA ANC. 9503 - 06FO (V120)(ATUAL)	5	R\$1,05	R\$5,25
1:8 PLC SPLITTER ÓPTICO	16	R\$50,00	R\$800,00
1:4 PLC SPLITTER ÓPTICO	5	R\$30,00	R\$150,00
Cabo Óptico 12FOAS80	105	R\$5,55	R\$582,75
Cabo Óptico 6FOAS80	2393	R\$4,68	R\$11 199,24
Cabo Óptico 2FOAS80	1859	R\$4,60	R\$8 551,40
OLT - AN5516-04	1	R\$12 000,00	R\$12 000,00
DISTRIBUIDOR INTERNO ÓPTICO 12 F [DIO]	1	R\$265,37	R\$265,37
DATAKOM DM4100 4 PORTAS 10 GB XFP	1	R\$16 000,00	R\$16 000,00
CORDÃO ÓPTICO DUPLEX SC/APC-LC/UPC	1	R\$28,00	R\$28,00
MÓDULO PON	1	R\$150,00	R\$150,00
ONU 1 LAN	80	R\$150,00	R\$12 000,00
CUSTO TOTAL			R\$64 466,31

Fonte: FURAKAWA (2021)

No projeto foi fechado uma PON, com capacidade de atender 128 clientes. É estimado a partir de uma avaliação empírica que há cerca de 111 casas na região estudada. Para fazer uma análise de viabilidade econômica somente na amostra estudada, considerando 80 clientes iniciais, pagando o valor fictício de R\$80,00 em planos banda larga de 30 Mbps. Entraria mensalmente um capital de R\$6.400,00. O preço de um link de 300 Megas Full(MF) custa em torno de 3.000,00 segundo um consultor especializado em negociações do provedor local. Com o mesmo foi simulado uma negociação fictícia onde o valor do link de 300MF ficou por R\$1.800,00. Assim entraria um capital de R\$4.600,00. Considerando o custo de material R\$64.466,31. Levaria em torno de 14 meses para tirar o capital investido e dá lucro. considerando esse payback (tempo de retorno) a viabilidade é dada como positiva. Esse cenário descreve uma oportunidade de negócios para o provedor local, há zonas rurais bem povoadas na cidade onde se concentram grande número de estudantes que seriam beneficiados com a implantação de projetos dessa esfera. A maior distancia entre a OLT e o último cliente que seria atendido seria de 3252 metros aproximadamente. Considerando uma perda de 1dB característico da própria fibra, somados as perdas nos splitters, que seriam de 17 dB no pior caso mais as 5 fusões entre a OLT e a ultima ONU que causariam perda de 1,5dB considerando tbm que houvesse a perda de 1 dB devido os conectores. Isso geraria uma perda total de 20,5 dB. A sensibilidade dos ONUs na tabela de precificação é -29dB e a potência da OLT é de 5 dB. Logo a potência que chegaria a ONU seria -15,5, considerando a pior das hipóteses, ou seja na pior das situações ainda chegaria um sinal excelente no usuário final.

5 CONCLUSÃO

Com base na análise e em conhecimentos empíricos foi evidenciado que redes FTTx aplicados a locais remotos fazem parte de um campo de pesquisa promissor com potencial para entrar em ascensão, levando em consideração que não somente as cidades estão passando por processos de automatização mais também as zonas remotas. tornando análises de viabilidade técnica e econômica viáveis de para pequenos provedores.

A proposta deste Trabalho de Conclusão de Curso teve caráter inicialmente teórico, porém culminou com elaboração de projeto e custos para análises mais conclusivas em um local de estudo. Servindo de oportunidade de negócio para um provedor local que demonstrou interesse na implementação, sendo solicitado o estudo nas demais áreas rurais mais populosas a fim de melhorar os serviços já prestados e contribuir para o desenvolvimento tecnológico do local.

Os resultados alcançados com a proposta deste trabalho virão a incentivar outras pesquisas, motivando o governo e empresários a investir em pesquisas nessas regiões a fim de explorar as limitações e possibilidades de implantação de outras arquiteturas FTTx. O trabalho está embasado na utilização de equipamentos dimensionados para o melhor custo benefício.

No trabalho foi realizado o esquemático de dois municípios vizinhos. Mas está sendo feito o estudo das demais regiões para fazer uma única rede interligando todas as zonas rurais com viabilidade positiva evidenciando assim a importância que o presente trabalho teve no incentivo de melhorar a qualidade dos serviços locais, tendo em vista que o mesmo serviu de insumo e incentivo para o estudo das demais regiões.

6 TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros seria interessante o estudo de outra arquitetura de rede PON. No caso está sendo desenvolvida a evolução da rede GPON, a XGPON que poderá atender até 256 clientes por porta, além de oferecer maiores bandas. Essa rede não foi adotada no presente trabalho pois se encontra em fase de homologação. No entanto se mostra promissora em um futuro próximo.

REFERÊNCIAS

Alex. F.S “**Algoritmos para Alocação de Banda em Redes de Acesso**”. 2010

COELHO, Sara C. R. “**Fibra óptica na rede de acesso: Tecnologias e soluções**”, Aveiro – Portugal. Disponível em <<http://hdl.handle.net/10773/7435>>. Acesso em 05. Abr. 2021.

DUTTON, H. J. R. “**Understanding optical communications**”, Internatinal Business Machines, 1998.

FIBERSCHOOL. Disponível em ”<<https://www.youtube.com/channel/UCmDUrp48-00nv-87EkOhq0Q>>”. Acesso em:30 Abril. 2021.

FILGUEIRAS, G. M. PESSOA, C. R. “**FTTH em Redes Ópticas Passivas**”. 2015. Universidade Fumec.

FURUKAWA. Disponível em ”<<https://www.efurukawa.com/br>>”. Acesso em 18 Maio. 2021.

KEISER, G. “**Comunicações por fibras ópticas**”, AMGH Editora Ltda, 2014.

LAM, C.F textbfPassive Optical Network: Principles and Practicell, Elsevier Inc, 2007.

PON- Passive Optical Network, EPON v/s GPON. Disponível

PRAT, J. ” **Next-Generation FTTH Passive Optical Networks**”. Springer, 2008.

ROGERS, Alan. J. “**Understanding optical fiber communications**’ ’, Artech House optoelectronics library, 2001.

SENIOR, John M. “**Optical fibre communications: Principles and practice**” – 2nd ed, Prentice Hall, 1992.

SILVA, André F. R. “**Redes PON: Novas tecnologias e tendências**”, 2013.

SUMANPREET. DEWRA, S. “**A review on Gigabit Passive Optical Network**”. International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering. Vol 3, Março 2014.

TORRES, Gabriel.textbfRedes de computadores. Novaterra Editora e Distribuidora LTDA, 2015. em”<[h:https://www.linkedin.com/pulse/pon-passive-optical-network-epon-vs-gpon-piyush-baj](https://www.linkedin.com/pulse/pon-passive-optical-network-epon-vs-gpon-piyush-baj)-

payee>. Acesso em: 20 Maio. 2021.