

Projetos FTTH utilizando a ferramenta de georeferenciamento Autocad

FTTH Projects using the Autocad georeferencing tool

Proyectos FTTH utilizando la herramienta de georreferenciación de Autocad

Recebido: 29/03/2021 | Revisado: 05/04/2021 | Aceito: 13/04/2021 | Publicado: 27/04/2021

Ana Paula Benicio da Silva Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3752-0187>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Brasil

E-mail: ana.paula.benicio61@aluno.ifce.edu.br

Kilbert Amorim Maciel

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7374-2847>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Brasil

E-mail: kilbert.maciell@ifce.edu.br

Amarilton Lopes Magalhães

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3142-9753>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Brasil

E-mail: amarilton.magalhaes@ifce.edu.br

José Wally Mendonça Menezes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2605-8633>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Brasil

E-mail: wally@ifce.edu.br

Resumo

Atualmente a população de Salitre/CE enfrenta vários problemas de conexão à internet, isso se dá devido ao fato de que os provedores locais não conseguem atender adequadamente todos os usuários, seja por saturação na rede, tecnologias mais antigas ou até mesmo por uma rede mal dimensionada. Diante deste cenário, este projeto tem como objetivo construir uma rede GPON (Gigabit Passive Optical Network), com arquitetura da tecnologia FTTX para cidade de Salitre que com o uso de fibra óptica é possível oferecer uma rede de qualidade que atenda um maior número de usuários. O planejamento do projeto de rede na cidade de Salitre terá a capacidade de atender 1.632 acessos através do uso das fibras ópticas que a rede passiva nos oferece com ajuda do software AutoCad Map, utilizando sistema georeferenciado para auxílio no posicionamento dos elementos da rede GPON, com um custo previsto de R\$174.138,32.

Palavras-chave: GPON; FTTX; PON; Topologia; Cliente.

Abstract

Currently the population of Salitre / CE faces several problems with internet connection, this is due to the fact that local providers are unable to adequately serve all users, whether due to network saturation, older technologies or even a bad network. scaled. Given this scenario, this project aims to build a GPON network (Gigabit Passive Optical Network), and architecture of FTTX technology for the city of Salitre that with the use of optical fiber it is possible to offer a quality network that serves a greater number of users. The planning of the network project in the city of Salitre will have the capacity to serve 1,632 accesses through the use of optical fibers that the passive network offers us with the help of the AutoCad Map software, using a georeferenced system to aid in the positioning of the elements of the GPON network, estimated cost of R\$ 174,138.32.

Keywords: GPON; FTTX; PON; Topology; Client.

Resumen

Actualmente la población de Salitre / CE enfrenta varios problemas con la conexión a internet, esto se debe a que los proveedores locales no pueden atender adecuadamente a todos los usuarios, ya sea por saturación de la red, tecnologías más antiguas o incluso una red deficiente. Ante este escenario, este proyecto tiene como objetivo construir una red GPON (Gigabit Passive Optical Network), con arquitectura de tecnología FTTX para la ciudad de Salitre que con el uso de fibra óptica es posible ofrecer una red de calidad que atienda a un mayor número de usuarios. . La planificación del proyecto de red en la ciudad de Salitre tendrá capacidad para atender 1.632 accesos mediante el uso de las fibras ópticas que nos ofrece la red pasiva con la ayuda del software AutoCad Map, utilizando un sistema georeferenciado para ayudar en el posicionamiento. de los elementos de la red GPON, con un costo estimado de R \$ 174.138,32.

Palabras clave: GPON; FTTX; PON; Topología; Cliente.

1. Introdução

Vive-se atualmente uma fase de intensas transformações e adaptações devido a Pandemia da Covid-19, que está exigindo mais dos sistemas de comunicações ópticas. O papel desempenhado pelas redes de acesso ópticas tem se mostrado cada vez mais importante, tornando-se um fator essencial para o desenvolvimento do setor. Este desenvolvimento proporciona uma maior demanda por novos serviços e aplicações, onde atualmente com essa pandemia da Covid-19, houve essa necessidade de conectividade exigindo uma maior largura de banda para os trabalhos “*home office*” e estudos remotos.

Foi escolhida a cidade de Salitre para o projeto de rede FTTH com tecnologia GPON. Foi realizado um estudo de Geomarketing com dados locais e dados fornecidos pelo IBGE (2020). A cidade de Salitre possui população estimada em 16.635, UHS (Unidade Habitacionais) Urbana: 1.673, sendo o número de casas na região central 1.850. O número de Pequenas e Médias Empresas (PME) é de 148 e de Grandes Empresas 12.

A perspectiva de penetração de mercado para cidade de Salitre é de 50 % na área central e 30% na área menos densa.

O objetivo deste trabalho é apresentar uma proposta de projeto de uma rede GPON para atender a cidade de Salitre, com custo baixo para o cliente final, mas com qualidade e agilidade na implantação da rede e com garantia na entrega dos serviços solicitados.

Inicialmente foram escolhidas duas áreas da cidade de Salitre:

Área 1 – Área central (cor verde)

Área 2 – Área menos densa (cor amarela) conforme Figura 1 abaixo:

Figura 1: Área 1 e 2 da Cidade de Salitre.



Fonte: Autores (2020).

A partir de estudos de mercado, foi observado que há necessidade de expansão da atual oferta de banda larga em Salitre, visto que ainda há pouco acesso à fibra óptica, através de uma rede GPON.

A principal motivação desse estudo é projetar uma rede GPON na cidade de Salitre, oferecendo uma tecnologia nova com o uso das redes ópticas passivas e suas aplicações nos diversos cenários que representam as diversas demandas por conexão e taxa de transmissão da ordem dos Gigabits, visto que a cada dia que passa necessitamos ainda mais de largura de banda para supri todos os serviços que necessitamos atualmente, seja para os trabalhos “*home office*”, para atividades

acadêmicas ou para entretenimento que com esse cenário de isolamento devido a pandemia foi um setor que teve que se reinventar, um exemplo que temos são as “Lives”, que se tornaram bastante frequente nesse período e com isso houve uma necessidade de uma largura de banda maior, necessidade de um serviço seguro que pudesse garantir a entrega de um show sem falhas, sem cortes ou qualquer outro tipo de interferência, assim também como o usuário que está na outra ponta, para receber essa transmissão com qualidade também necessitava de mais banda.

Com tudo isso, podemos perceber o quanto é visível essa necessidade em investir mais em uma rede bem planejada e estruturada que possa dar suporte para todos os tipos de clientes e serviços (voz, dados e vídeo). E hoje a fibra óptica é vista como uma solução viável que garanti esse compromisso entre alta taxa de transmissão e comprimento do enlace.

2. Metodologia

2.1 Redes Óticas Passivas (PON)

As redes PON (Passive Optical Network) são consideradas como uma evolução na arquitetura ponto multiponto, uma vez que não necessita de corrente elétrica e sim de feixes de luz, constituindo-se num sistema passivo. (CIANET, 2021).

Os sinais ópticos na rede PON são transmitidos através da OLT (Optical Line Terminal), que os redireciona através de fibra óptica até os splitters, os divisores ópticos passivos. Os terminais de usuários (ONUs – Optical Network Unit) integram os dados de áudio, vídeo, sistema de segurança, sistema de automação, que são transmitidos em uma única rede óptica passiva (CIANET, 2021).

- EPON (Ethernet Passive Optical Network), sua característica de banda é que consta com a mesma velocidade de conexão entre OLT e ONU e no fluxo contrário (1.25 Gbps);
- GPON (Gigabit Passive Optical Network), sua característica de banda é que possui taxas diferentes de downstream e upstream (2.5 Gbp e 1.25 Gbps, respectivamente).

Como vantagens, podemos citar:

- Em relação à largura de banda e capacidade da rede. A Arquitetura PON constitui uma solução para acesso, capaz de efetivamente fornecer banda larga aos usuários. Sendo passiva, a estrutura da rede implantada pode ser acomodada a uma grande variedade de tecnologias, pois os dispositivos ativos ficam nas pontas da rede.
- Design de rede simples, Instalação rápida e fácil, processos simples e fáceis nas operações de manutenção e grande capacidade de adequação para possíveis ampliações e evoluções, sem a necessidade de novos investimentos.
- Como as Redes passivas são caracterizadas pela ausência de componentes elétricos em seu meio de transmissão. Este modelo de infraestrutura possibilita grande economia de energia elétrica, reduções nos espaçamentos utilizados para racks, estantes, armários de armazenamento de equipamentos, ar condicionado e infraestrutura cabeada.

Como desvantagens, destacamos o gerenciamento de grandes quantidades de fibras em nó ou sites de redes muito grandes pode ser inconveniente.

2.2 Projeto de Rede

O principal objetivo do projeto é utilizar uma ferramenta que nos auxilie no planejamento de uma rede FTTH com tecnologia GPON, para termos uma redução no custo de investimento de implantação e otimização no tempo de instalação no cliente final.

Para isso considera-se algumas premissas:

- ✓ Escolher um local, uma área para projetar.

✓ Devemos conhecer a área geográfica que queremos trabalhar. Para isso devemos fazer um estudo de geomarketing na região e um mapeamento na área que pretendemos atender para conhecer a região e os clientes a serem prospectados.

✓ Preparar um pré-projeto no Google Earth, que é desenhar a rota por onde pretendemos passar com o nosso cabo e as caixas de atendimento aos clientes. Devemos informar nesse desenho uma área para locação do nosso site, local onde ficará nossos elementos ativos. Esse material é necessário para o vistoriador de campo se orientar quando estiver na região.

✓ Vistoriar todos os postes da área escolhida pelo geomarketing. Esta é uma fase muito importante para elaboração do projeto, pois em alguns casos não há postes implantados, com isso devemos colocar em nosso orçamento esse custo de implantação de poste para analisarmos se é viável caso não tenha outra opção de rota para passar com o nosso cabo.

✓ Após a vistoria da rede, devemos fazer a tratativa dos dados colhidos em campo e dá início ao nosso projeto executivo de rede GPON.

✓ Utilizar a ferramenta AutoCad Map3D para fazer o desenho do projeto executivo.

✓ Posicionar bem as caixas conectorizadas, que são as caixas de atendimento ao cliente, diminuindo assim o custo do cabo de lastmile (cabo drop), com isso facilitamos o tempo e o custo de instalação para o cliente final.

✓ Lançamento da rede primária e secundaria.

✓ Orçamento estimado de custos da rede.

3. Resultados e Discursão

3.1 Introdução

O objetivo deste capítulo é apresentar os principais resultados obtidos a partir do estudo de geomarketing, definição de topologia e integração ao backbone de dados da operadora, cálculo da largura de banda e balanço de potência.

3.2 Estudo de Geomarketing

Utilizando o Google Earth, foi pego duas micros regiões da área geográfica de Salitre para serem trabalhadas nesse momento (Figura 2).

Figura 2: Microrregiões de Salitre.

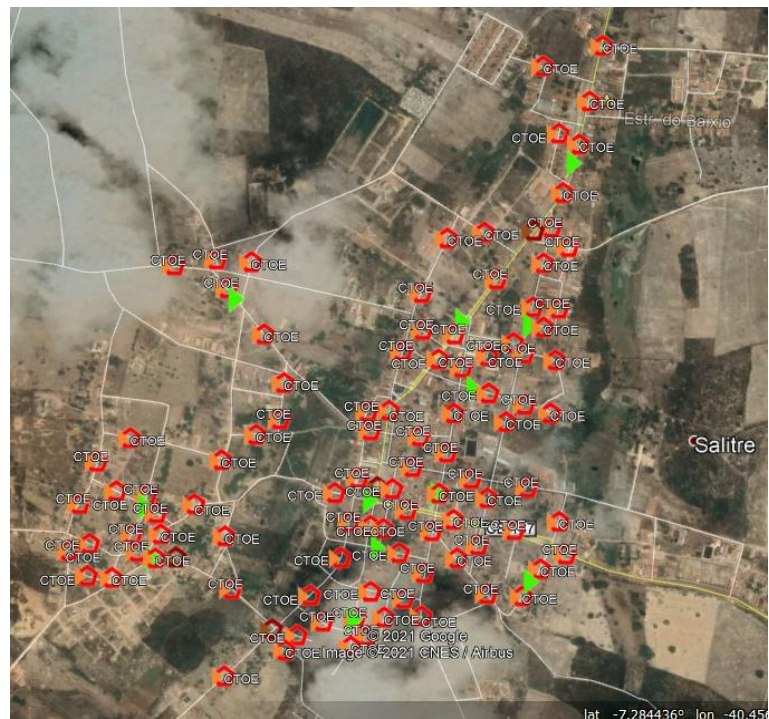


Fonte: Google Earth (2020).

Com essa divisão foi possível dimensionar a quantidade de caixas de derivação (CDOE – Caixa de Emenda com Splitter de Derivação) e as caixas de atendimento (CTOE – Caixa Conectorizada de Atendimento Externo) (Figura 3).

De acordo com os dados do geomarketing de Salitre, agora a rede irá ser projetada para construir 1632 acessos, mas com capacidade no backbone para futura ampliação de rede, sem maiores impactos no orçamento. A ideia é construir uma rede capaz de atender a demanda atual e já deixar pronta para uma futura ampliação, pois devemos pensar em todos os tipos de clientes, residenciais e corporativos, sempre pensando no crescimento da rede.

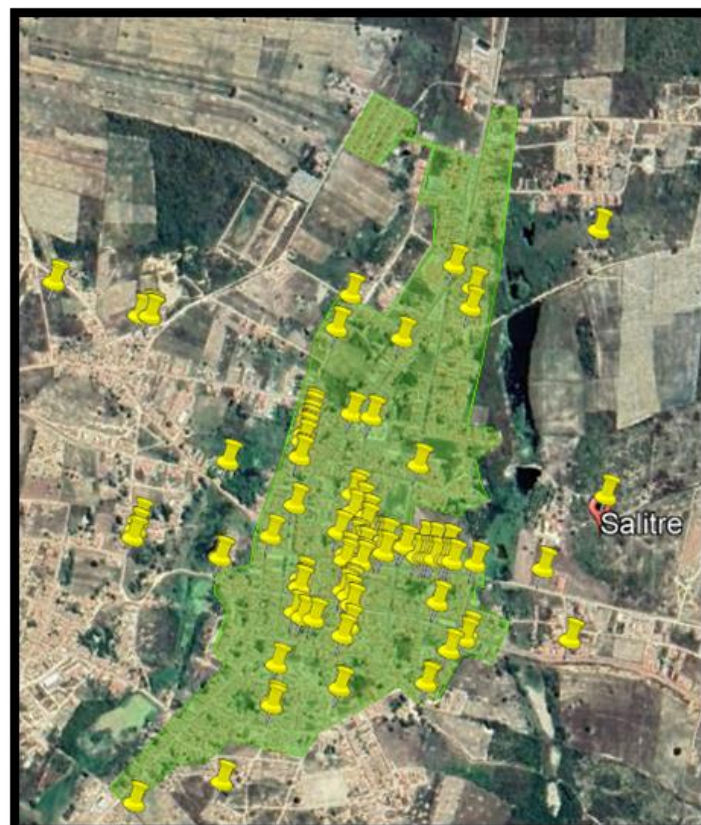
Figura 3: Área de Atendimento de Salitre.



Fonte: Autores (2021).

3.3 Estudo da Área 1 de Salitre:

Figura 4: Área de maior concentração residencial e comercial de Salitre.



Fonte: Autores (2021).

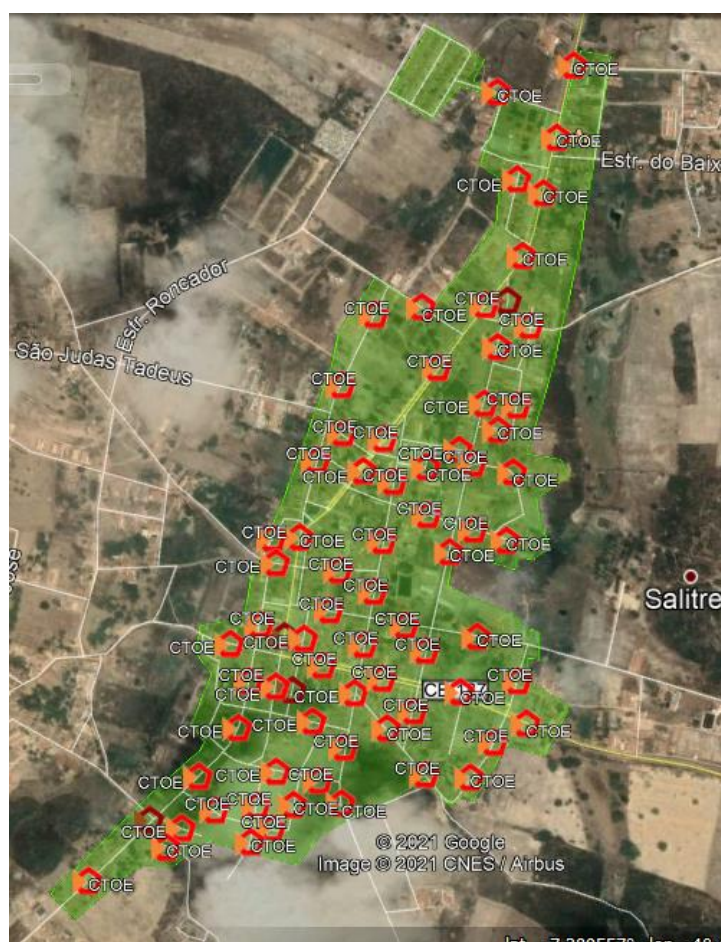
Tabela 1: Taxa de Penetração da Área 1.

| Área de Estudo | Nº de Residências | Expectativa de Penetração | Potencial de Vendas |
|----------------|-------------------|---------------------------|---------------------|
| Área 1 | 854 | 50% | 427 |

Fonte: Autores (2021).

A área 1 está situada na região central de Salitre, está destacada na cor verde na Figura 4. É nessa área que estão localizados os clientes de grandes potenciais. E também é a área escolhida para a instalação do nosso site, onde vão ficar nossos elementos ativos da rede, como a OLT é a partir dela que vão sair nossos cabos de backbone (rede primaria). Os cabos ficam acomodados no Dio (Distribuidor Óptico Interno) utilizando o AutoCad, foi posicionada as caixas CTOE (Caixa Conectorizada de Atendimento Externo) nos locais em que se tinham bastante casas e empresas. Foi utilizada uma distância de 60 metros entre uma caixa e outra, para evitar maior atenuação por parte da utilização de mais cabos. De acordo com a figura 05, podemos observar que foram utilizadas 75 caixas de atendimento de 1:16, totalizando 1200 atendimentos (representado pela cor laranja).

Figura 5: CTOE da Área 1 de Salitre.



Fonte: Autores (2021).

Após inserirmos as caixas de atendimento, vamos adicionar agora as caixas CDOE (Caixa de Derivação Externa), figura 06 em seguida vamos agrupar 8 caixas de atendimento (CTOE) para uma caixa de derivação com Splitter de 1 x 8.

Figura 6: CDOE da Área 1 de Salitre.



Fonte: Autores (2021).

As caixas de atendimento serão interligadas as caixas de derivação com cabos de 12 fibras representadas na cor preta (representado na Figura 7).

Figura 7: Rede secundária da área 1 de Salitre.



Fonte: Autores (2021).

3.4 Estudo da Área 2 de Salitre:

- ✓ Área com média densidade populacional de Salitre;
 - ✓ Área mais residencial com pouco potencial de aderência de novos clientes;
 - ✓ Baixo PIB per capita da cidade que impacta o nível de renda da população que poderá prejudicar a aderência
- Baixo PIB per capita da cidade que impacta o nível de renda da população;
- ✓ Mercado ainda inexplorado na tecnologia de fibra óptica;

Figura 8: Área 2 de Salitre.



Fonte: Autores (2021).

Tabela 2: Taxa de Penetração da Área 2 de Salitre.

| Área de Estudo | Nº de Residências | Expectativa de Penetração | Potencial de Vendas |
|----------------|-------------------|---------------------------|---------------------|
| Área 2 | 409 | 30% | 123 |

Fonte: Autores (2021).

A área 2 é uma região menos densa, por este motivo iremos entrar nessa área com uma taxa de penetração menor, de 30%, é uma área residencial, e está marcada na Figura 8 como a cor amarela.

Assim como na área 1 foi utilizado um raio de 60 metros entre caixas de atendimento. Foram utilizadas 27 caixas de atendimento (CTOE), Figura 9 de 1x16, totalizando 432 acessos, sendo suficiente para cobrir essa região.

Figura 9: CTOE Área 2 de Salitre.



Fonte: Autores (2021).

Depois de adicionadas as caixas de atendimento na área 2, foram escolhidas cinco caixas de derivação (Figura 10) que irão se conectar as 27 caixas de atendimento utilizando cabo de 12 fibras. Nesse cenário eu tenho a capacidade para atender 640 clientes, porém nesse primeiro momento foi projetado atendimento para 432 clientes, ficando assim uma reserva de 208 acessos para futura ampliação.

Figura 10: CDOE Área 2 de Salitre.



Fonte: Autores (2021).

3.5 Rede Primária - Backbone

Após serem inseridas as caixas de atendimento e as caixas de derivação podemos agora definir nossa rede primaria, o nosso backbone que vai interligar as caixas de derivação.

A rede primária é responsável por interligar as caixas de derivação a OLT, que fica dentro do nosso site.

Nosso site está localizado na região central na Av. Novo Horizonte com a Rua Santo Antônio. Irá conter a OLT e o DIO. A OLT da marca Huawei escolhida para esse projeto, tem uma potência de 1,5 dbm, e possui junto com a placa, 32 portas.

O DIO escolhido para esse projeto possui 48 entradas.

O DIO tem a função de receber as fibras que ficam ligadas as portas da OLT. Cada porta terá um adaptador óptico emendado a fibra, tudo para evitar que as fibras sejam manobradas incorretamente.

Logo como já vimos no mapeamento das áreas, o número de caixas de derivação foram 15, assim, o número de portas da OLT que eu devo utilizar são de 15. Serão utilizados, 15 cabos de fibra óptica de um cabo com 36 fibras (representado na figura 11 na cor azul), para ligar os conectores do DIO até a caixa de emenda óptica, como mostra a Figura 11.

Figura 11: Interligação da Rede Primária de Salitre.



Fonte: Autores (2021).

Para esse projeto, foi decidido utilizar uma rede primária com topologia no formato de árvore (Figura 11), pois devido a posição geográfica das áreas da região foi a melhor opção encontrada. Saindo dois cabos de 36 FO na cor azul já garantimos uma reserva para ampliações futura, pois nossa demanda inicial vai precisar de 15 portas PON, ficando assim uma reserva de 57 fibras livre no backbone.

Figura 12: Distribuição da Rede Primária de Salitre.



Fonte: Autores (2021).

Para essa estrutura devemos ligar nosso cabo primário as CDOES para que todas se conectem ao nosso site. Vai ser realizada a ligação por fusão, cabo óptico com as caixas de emenda óptica, conforme Figura 9, em um cabo iremos abordar 3 caixas de emenda, ficando 33 fibras de reserva e em outro cabo irá abordar 9 caixas demanda, sendo que em três caixas de emenda teremos dois splitters de derivação ficando uma reserva de 24 fibras.

No total, apenas 15 das 16 portas oferecidas pela OLT estarão sendo utilizadas. Lembrando que podemos ampliar as portas PON colocando mais placas, cada slot da OLT suporta uma placa de 16 PON, como inicialmente só utilizaremos 15 portas PON, não há necessidade nesse momento de colocarmos mais uma placa de Porta PON.

Pensando nesse cenário, foi decidido utilizar os seguintes equipamentos e componentes para montar uma rede GPON na cidade de Salitre.

- ✓ Cabo Óptico CFOA-SM-AS80 MINI-RA 12 F, Marca FURUKAWA
- ✓ Cabo Óptico CFOA-SM-AS80-S 36F TS, Marca FURUKAWA
- ✓ Caixa de Emenda Óptica 24 FO C/ SUP, Marca FURUKAWA
- ✓ SPLITTER Óptico PLC 1X8 NC, Marca FURUKAWA
- ✓ Caixa Terminal Óptica FK-CTO-16 + SPLITTER Conectorizado de 1:16, Marca FURUKAWA
- ✓ Placa de Interface OLT 16 Portas, Marca HUAWEI
- ✓ OLT HUAWEI MA5680T 1 X 10G
- ✓ DIO Gaveta 36 F (PIGTAIL + Adaptador APC)

Os materiais escolhidos são bem conceituados no mercado, essa escolha é primordial para eficiência da rede construir com materiais de qualidade, aprovado e com certificação Anatel. Por esses motivos são bastante utilizados pelas grandes operadoras e provedores de um modo geral.

3.6 Cálculo da largura de banda

A OLT que será utilizada neste projeto é da marca Huawei, modelo 02u mine ma568t 10g 16 PON. Ela possui uma potência de 1,5 dBm, e a taxa de downstream é de 2,5 Gbps. Para calcular a largura de banda a clientes comuns, dividimos a taxa de downstream pela maior quantidade de divisões por splitters em uma porta da OLT. Nesse caso, a maior divisão identificada foi na utilização de um splitter de 1x8 na CDOE, e depois de 1x16 na CTOE. Assim temos:

$$2,5 \text{ Gbps} = 2.500.000$$

Com a primeira divisão na caixa de derivação pelo splitter de 1x8, dividimos por 8 o valor de downstream.

$$2.500.000/8 = 312.500$$

Com a segunda divisão, agora sendo na caixa de atendimento, dividimos este valor por 16, já que o splitter de atendimento é de 1x16.

$$312.500/16 = 19.531,25$$

Esses 19.531,25 Mbps é a largura de banda que essa rede fornece a usuários comuns. Para usuários que tenham necessidade de maior banda de internet, será utilizada fibra dedicada para velocidades de até 100 Mbps. Caso haja necessidade de atendimento com velocidades maiores que essa, deverá ser implantado um rádio DWDM, considerado mais adequado para fazer essa função.

3.7 Balanço de Potência

O cálculo do balanço de potência é feito somando-se todas as perdas existentes no trajeto da rede, tais como a perda causada pela atenuação da própria fibra (essa perda depende do tamanho do comprimento do enlace), as perdas de inserção de cada conector, as perdas de inserção de cada emenda de fibra e as perdas de inserção causadas pelos componentes, qual o sinal óptico sofrerá maiores atenuações até chegar ao seu destino final. Neste caso, estamos levando em conta que o splitter de 1x8 tem uma perda de 10,5 dB, o de 1x16, tem perca de 14 dB.

Observando a imagem do projeto no AutoCad, foi visto que o pior caso seria de uma CTOE que utiliza splitter de 1x16. A distância do POP até a CDOE a que ela pertence, somada com a distância da CDOE até ela, seria de 2.927km. Levando em consideração a perda por conector no seu pior caso de 0,3 dB, temos:

- ✓ Potência da OLT = 1,5 dBm.
- ✓ Atenuação pelo cabo = 2,927 km x 0,3dB= 0,891 dB.
- ✓ Atenuação por conector = 6 conectores x 0,3 dB= 1,8 dB.
- ✓ Atenuação do splitter de 1x8 na CDOE = 10,5 dB.
- ✓ Atenuação do splitter de 1x16 na CTOE = 14 dB.

Assim temos:

- ✓ Atenuação total no link óptico = 1.5 dBm - 0,891 dB - 1,8 dB - 10,5 dB - 14 dB.
- ✓ Atenuação total no link óptico = - 25,691 dB

Levando em consideração que a ONU utilizada pelos clientes possui sensibilidade de -27 dB, e que nesse caso foi utilizado o pior cenário de perdas, chegamos à conclusão que a rede está garantindo que o sinal óptico chegará a ONU.

4. Considerações Finais

A ferramenta AutoCad conseguiu realizar as etapas propostas inicialmente. Durante o desenvolvimento do projeto foi necessário implementar algumas tarefas complementares. O planejamento do projeto executivo é de extrema importância, pois é nessa fase que posicionamos nossas caixas CDOE com splitter de derivação de primeiro nível e nossas caixas CTOE de atendimento com splitter de segundo nível.

O resultado do projeto de rede GPON foi satisfatório, a topologia escolhida atendeu as expectativas, visto que o que se espera de uma rede GPON é a qualidade da rede e os serviços oferecidos.

A rede foi planejada de acordo com as microáreas escolhidas, a divisão em duas áreas facilitou algumas decisões visto que os clientes potenciais e as pequenas e médias empresas ficavam em destaque.

Para isso foi projetado uma rede com 1632 acessos de acordo com o Geomarketing, porém já ficou disponível 57 fibras em reserva para futura ampliação sem custos de implantação, lembrando que essas fibras podem atender clientes que queiram fibras dedicadas. Portanto, este projeto está pronto para atender a cidade de Salitre oferecer uma banda larga de qualidade, com equipamentos e componentes homologados pela Anatel.

Pensando no futuro, o GPON pode ser implementado de varias maneiras:

- ✓ A próxima geração de sistemas GPON está evoluindo na sua padronização, visto que hoje o GPON vem se destacando como a tecnologia que mais cresce. Os sistemas 10G GPON já estão em desenvolvimento com quatro vezes a capacidade dos atuais sistemas. A grande vantagem é o uso de componentes de baixo custo e permite a migração das atuais redes GPON usando um overlay 10G GPON na mesma infra-estrutura de fibra.
- ✓ A longo prazo os sistemas WDM-PON devem ser a solução mais eficaz para os acessos com fibra. Os elementos essenciais para os sistemas WDM-PON são o desenvolvimento de componentes ópticos integrados de baixo custo.

E por fim com o alcance estendido da rede GPON, distâncias de até 60 km é possível diminuir os custos com os sites, ou seja, diminuindo a quantidade de sites que são construídos ao longo da rede.

Referências

- Barbosa, V. de A. (2020). Redes óptica passivas (PON). O futuro das redes e suas tendências mercadológicas. <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/tecnologia/futuro-das-redes>>.
- CIEANET. (2021). Rede PON – tudo o que você precisa saber. <<https://www.cianet.com.br/blog/infraestrutura-e-tecnologia/o-que-e-pon-lan-redeoptica-passiva/>>.
- CONNECTWI (2021). Caixa de atendimento (CTO). <<https://www.conectwi.com.br/fibra-optica/caixa-de-atendimento-cto-1.html>>.
- Dinis, E. de C., & Pacífico, R. P. C. (2020). Procedimento prático para a elaboração de uma rede GPON FTTH balanceada. <<http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/47752>>.
- EMBARCADOS. (2020). Multiplexação DWDM em Fibras Óticas. <<https://www.embarcados.com.br/multiplexacao-dwdm-em-fibrasopticas/>>.
- Figueiredo, T. (2020). Instrutora de Treinamento. <<https://www.datacom.com.br/es/blog/40/alcance-fisico-x-alcance-logico-em-redes-gpon>>.
- FONNET. (2021). Transceiver. <<https://www.fonnet.com.br/produtos/transceiver/sfpplus/10gbase-sfpplus/>>.
- Furukawa, H. (2020). Desafios da infraestrutura de telecomunicações em 2020 e tendências para 2021. <<https://www.furukawalatam.com/pt-br/conexao-furukawa-detalhes/infraestrutura-de-telecomunicacoes-desafios-2020-y-tendencias-2021>>.
- IBGE. (2020). Estimativas de População. Salitre. <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/salitre/panorama>>.
- INTELBRÁS. (2020). O que é GPON: saiba mais sobre essa tecnologia. <<https://blog.intelbras.com.br/o-que-e-gpon/>>.
- ITU. (2020). Gigabit-capable passive optical networks (GPON): General characteristics. <<https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1/en>>.
- Julião, H. (2020). Acessos em fibra. <<https://teletime.com.br/26/03/2020/brasil-chega-a-10764-milhoes-de-acessos-em-fibra-na-banda-larga-fixa/>>.
- Keiser, G. (2014). Comunicações Por Fibras Ópticas. Quarta Edição. Brasil. Editora McGraw Hill Brasil.
- MGN. (2021). ONU FIBERHOME GPON AN5506-04-FG(B). <<https://www.mgnt.com.br/categoria/fiberhome-onu/6072>>.

- Muller, J. C. (2016). O futuro das redes PON. <<https://www.cianet.com.br/blog/inovacao-e-tendencias/o-futuro-das-redes-pon-tendencias-de-mercado/>>.
- Oliveira, P. B. de. (2010). Tutorial de Soluções de Atendimento em Fibra Óptica I. <<http://www.teleco.com.br/pdfs/tutorialsolfo1.pdf>>.
- Oliveira, R. (2020). A Revolução da Tecnologia GPON. <<https://www.telesintese.com.br/oliveira-a-revolucao-da-tecnologia-gpon>>.
- OPTOLINK. (2016). Circulador Óptico. <<http://www.optolink.com.br/?m=produto-detahes&uid=42>>.
- Silva, A. F. R. (2013). Redes PON I: Novas Tecnologias e Tendências. 2013. <<http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialpontec1/default.asp>>.
- TECHNOLOGIES (2020). Huawei. Next-Generation PON Evolution. <<https://www.huawei.com.br/>>.