

ANÁLISE COMPARATIVA DE DESEMPENHO ENTRE REDES ÓPTICAS E UTP: COMPARAR O DESEMPENHO DA REDE DE FIBRA ÓPTICA COM A REDE DE CABOS UTP EM UM PROVEDOR DE SERVIÇO DE INTERNET, LOCALIZADO NA CIDADE DE ENTRE RIOS, NO ESTADO DA BAHIA, BAIRRO CENTRO, NO SPLITTER 1 QUE SE ENCONTRA NA RUA LAURO DE FREITAS.

COMPARATIVE PERFORMANCE ANALYSIS BETWEEN OPTICAL NETWORKS AND UTP: COMPARING THE PERFORMANCE OF THE FIBER OPTIC NETWORK WITH THE UTP CABLE NETWORK IN AN INTERNET SERVICE PROVIDER, LOCATED IN THE CITY OF ENTRE RIOS, IN THE STATE OF BAHIA, BAIRRO CENTRO, IN SPLITTER 1 WHICH IS FOUND ON RUA LAURO DE FREITAS.

Genilson Cunha De Oliveira Filho¹

Jhonatas Santos De Jesus²

Ricardo Luis Rodrigues Peres³

RESUMO

Nos últimos anos, a sociedade tem presenciado grandes avanços tecnológicos, principalmente na área de comunicação, onde a internet tem sido um ponto chave e cada vez mais presente no dia-a-dia das pessoas, tornando-se essencial para os processos de comunicação e interação social. Com a grande busca por essas interações nas redes sociais, os Provedores de Serviços de Internet (ISP) têm um papel muito importante para garantir que os dados serão entregues ao destinatário correto, sem alterações e no momento certo. Quando os dados não são entregues no momento certo, o administrador da rede precisa aplicar alguns métodos de testes para identificar o que está causando essa instabilidade no serviço, a análise comparativa de desempenho entre redes de fibras ópticas e cabos metálicos de pares trançados não blindados - *Unshielded Twisted Pair* (UTP) é essencial para mostrar o quão importante é utilizar a fibra óptica como meio de transmissão em toda a rede, desde a central até a casa do assinante e os métodos de análise da qualidade dessas redes, para proporcionando uma melhor experiência para seus assinantes. Para verificar uma rede de fibra óptica faz-se necessária a utilização de equipamentos específicos, o *Optical Power Meter* (OPM) para medir a potência da fibra, o *Optical Time-Domain Reflectometer* - Reflectômetro Óptico no Domínio do Tempo (OTDR) é fundamental para identificar defeitos nas fusões das fibras, rompimentos. Com o OTDR é possível listar todos os eventos da rede óptica. Testes de latência, rotas e largura de banda são

¹ Doutor em Engenharia Mecânica, Docente da UNEB, e-mail: gfilho@uneb.br

² Bacharel em Sistemas de Informação, e-mail: jhonatassantosdj@gmail.com

³ Mestre, Docente da Uneb, e-mail: rperes@uneb.br

de suma importância na hora de validar a qualidade e desempenho da rede óptica e de cabos UTP.

Palavras-chave: Internet. Fibra. OTDR.

ABSTRACT

In recent years, society has witnessed great technological advances, mainly in the area of communication, where the internet has been a key point and increasingly present in people's daily lives, becoming essential for communication processes and social interaction. With the great demand for these interactions on social networks, Internet Service Providers (ISP) have a very important role to ensure that data is delivered to the correct recipient, without alterations and at the right time. When data is not delivered at the right time, the network administrator needs to apply some testing methods to identify what is causing this instability in the service, the comparative analysis of performance between optical fiber networks and metallic cables of unshielded twisted pairs - Unshielded Twisted Pair (UTP) is essential to show how important it is to use optical fiber as a transmission medium throughout the network, from the central to the subscriber's home and the methods of analyzing the quality of these networks, to provide a better experience for your subscribers. To verify a fiber optic network it is necessary to use specific equipment, the Optical Power Meter (OPM) to measure the fiber power, the Optical Time-Domain Reflectometer - Optical Reflectometer in the Time Domain (OTDR) is essential to identify defects in fiber fusions, breakages. With the OTDR it is possible to list all the events of the optical network. Latency, route and bandwidth tests are of paramount importance when validating the quality and performance of the optical network and UTP cables.

Keywords: Internet. Fiber. OTDR.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a sociedade tem presenciado grandes avanços tecnológicos, a exemplo temos a *Internet of Things* – Internet das Coisas, interações diretas utilizando Inteligência Artificial (IA) e principalmente na área de telecomunicações, onde a internet tem sido um ponto chave e cada vez mais presente no dia a dia das pessoas, tornando-se essencial para a comunicação e interação social. Com a grande busca por essas interações nas chamadas redes sociais, os Provedores de Serviços de Internet - *Internet Service Provider* (ISP) têm um papel muito importante para garantir que os dados serão entregues ao destinatário correto, sem

alterações e no momento certo. “[...] Isso implica garantir que a capacidade de receber e enviar dados seja satisfeita em termos de desempenho e de velocidade e que a conexão não seja um fator impeditivo para o acesso aos serviços da rede” (PINHEIRO, 2017, p.39).

Um ISP é uma organização responsável por mediar a conexão do usuário com a rede mundial de computadores, permitindo também acesso a serviços como enviar e receber e-mail, além de garantir a manutenção e estabilidade da rede. As linhas de transmissão de um ISP transportam os bits entre as máquinas, e o roteador direciona o destinatário utilizando o *Transmission Control Protocol* (TCP) e o *Internet Protocol* (IP) formando o protocolo TCP/IP. “As linhas de transmissões podem ser projetadas com diferentes meios de transmissão: fibra óptica, fios de cobre, ou até mesmo enlaces de rádio – cada um com sua particularidade, estabilidade e durabilidade” (TANENBAUM, WETHERALL, 2011, p.15).

A qualidade da rede de um ISP depende de fatores relacionados à qualidade dos equipamentos que estão localizados no *Point of Presence* (PoP) (local onde o ISP mantém seus equipamentos), e os tipos de meios de transmissão utilizados na criação da rede.

A análise comparativa de desempenho entre redes de fibras ópticas e redes de cabos metálicos de pares trançados não blindados - *Unshielded Twisted Pair* (UTP) mostrará o quão importante é para um ISP utilizar a fibra óptica como meio de transmissão em toda sua rede, oferecendo melhorias e uma gama de possibilidades para seu cliente final. Diante desse contexto surge o seguinte problema: como melhorar a infraestrutura de um ISP para proporcionar uma melhor experiência de uso para seu assinante do serviço?

Diante desse problema buscamos entender como cada meio de transmissão é projetado desde o fornecedor do link até a casa do cliente, a capacidade máxima de cada rede, a forma correta de testar e avaliar as redes e entender as suas vantagens e desvantagens. A análise comparativa de desempenho entre redes ópticas e em cabos UTP tem como objetivo auxiliar o ISP na tomada de decisão quando da implantação do meio de transmissão para sua rede. O objetivo da pesquisa foi realizar uma análise comparativa de desempenho das duas infraestruturas de redes citadas anteriormente, para entender a melhor solução para a implementação em um ISP.

A análise comparativa de desempenho entre redes de fibras ópticas e redes de cabos UTP é essencial para mensurar o desempenho no acesso à internet, sendo fundamental para a tomada de decisão sobre qual tecnologia um ISP deveria investir para melhorar a qualidade do seu serviço. Isso resultará em benefício para clientes que gostam, por exemplo, de jogos online, produzir *podcast*, produzir vídeos e *blogs*, usuários de *Internet Protocol Television* (IPTV), pesquisadores, professores, alunos, e pessoas que utilizam o serviço de armazenamento em nuvem, deixando-os totalmente satisfeitos com o desempenho e velocidade da sua internet.

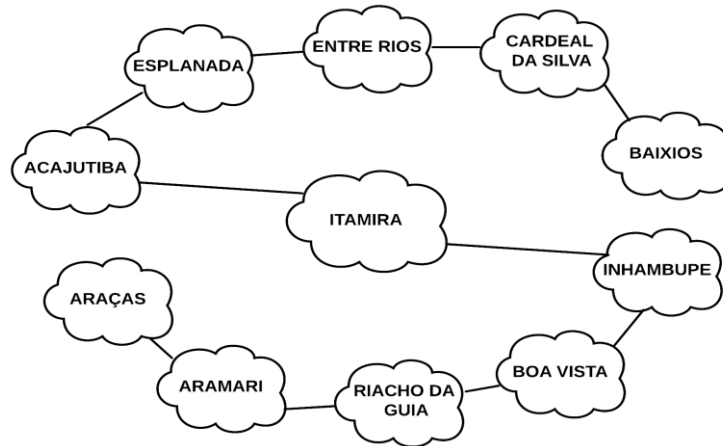
A análise comparativa de desempenho entre redes ópticas e metálicas UTP tem o intuito de identificar problemas causadores de baixo desempenho na rede, visando solucionar esses problemas. Para usuários de IPTV e Games, é de suma importância contar com uma rede de excelente desempenho, latência baixa e sem perda de pacotes. Isso faz com que as aplicações tenham maior desempenho, fluidez e seus assinantes fiquem satisfeitos.

Como podemos visualizar na Figura 1.1, o estudo foi aplicado em um provedor de serviços de internet que atua no mercado a mais de 15 anos e atualmente possui mais de 11 mil clientes subdivididos entre suas filiais, localizadas nos municípios da Bahia: Entre Rios, Acajutiba, Cardeal da Silva, Esplanada, Baixios, Inhambupe, Boa Vista, Araças, Aramari, Riacho da Guia, com sua matriz situada na cidade de Itamira no mesmo estado.

Figura 1.1: Interligação entre Matriz e Filiais

DIÁLOGOS POSSÍVEIS

ISSN 2447-9047
VOLUME 23, Nº 1- JAN/JUN 2024
Pág: 241-272



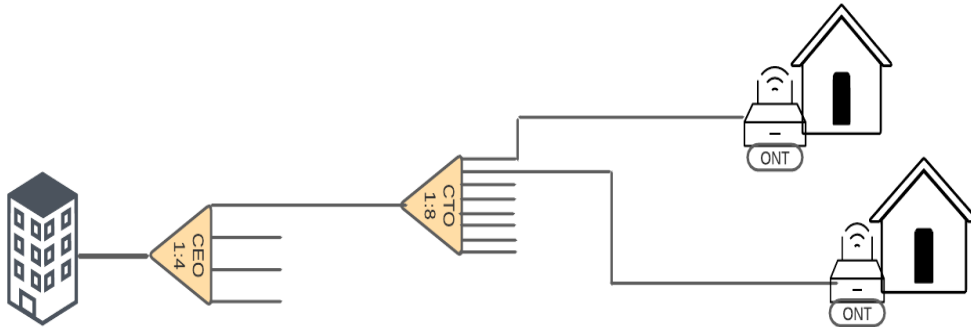
FONTE: Autoria Própria (2022)

O município alvo do estudo é o município de Entre Rios, pois é a filial onde o autor da pesquisa presta serviços. Essa filial corresponde a 13% do total dos clientes da empresa. A pesquisa tem como objetivo geral fazer uma análise comparativa de desempenho entre redes ópticas e em cabos UTP, com o intuito de comprovar a hipótese de quão vantajoso é a utilização de redes ópticas em um provedor de serviço de internet em relação ao seu desempenho.

O estudo de caso foi limitado à análise em dois tipos distintos de redes em um provedor de serviço de internet, tanto na rede de fibra óptica quanto na rede de cabos UTP em dois assinantes, analisando as redes desde a central até a casa do assinante.

Como mostra na Figura 1.2, na rede óptica, limitou-se a análise a dois *splitters* ópticos (divisores ópticos) onde o cabo principal utilizado possui 6 fibras internas (cabo de 6Fo), que sai da central e chega até a Caixa de Emenda Óptica (CEO) localizada no poste da esquina da rua onde o assinante está localizado, na qual existe um *splitter* óptico de 1x4 (chega 1 fibra e saem 4 fibras), onde a primeira fibra se destina a alimentar o *splitter* de 1x8 (chega 1 fibra, saem 8 fibras) da Caixa de Terminação Óptica (CTO) que está localizada em outro poste na rua do assinante, sendo possível ligar até 8 clientes, e as outras três fibras seguirão para outras CTOs e/ou para outras CEOs, dando continuidade na rede óptica.

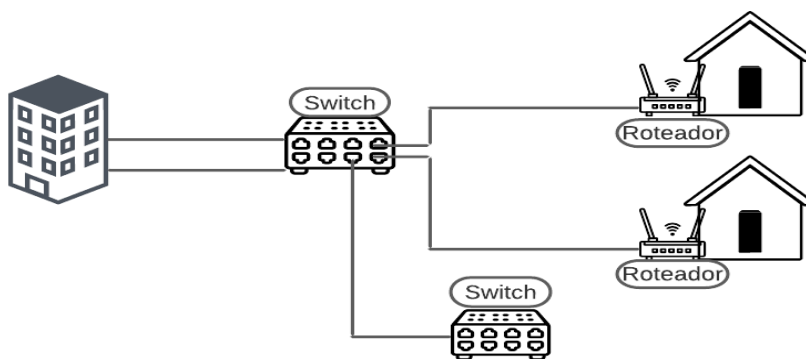
Figura 1.2 Estrutura física avaliadora da rede FTTH.



Fonte: Autoria Própria (2022)

Como mostra na Figura 1.3 na rede de cabos UTP tem-se um cabo 4 pares 100% cobre saindo do switch da central com o link de internet, esse cabo deve possuir no máximo 100 metros de comprimento até chegar na primeira caixa de distribuição. Essa caixa possui um switch de 8 portas *fast ethernet* (10/100) que precisa estar ligado à energia para poder funcionar, desse switch sairão cabos para as casas dos assinantes, podendo também sair cabos para alimentar outras caixas com outros switch dando continuidade à rede.

Figura 1.3. Estrutura física avaliadora da rede UTP.



Fonte: Autoria Própria (2022)

A coleta de dados será realizada em campo buscando analisar o desempenho de ambas

as redes e com o auxílio de alguns equipamentos específicos para essa validação, um deles é o OTDR que será essencial para avaliar a quantidade de fusões e as suas perdas existentes desde o fornecedor de link até o ISP, e também para avaliar o nível de sinal dessa fibra óptica. Para avaliar o sinal óptico na casa do assinante e na CTO será utilizado o OPM. Um notebook com porta Gigabit Lan (10/100/1000) para acessar um site de teste de velocidade na internet irá validar a banda contratada do assinante.

2 REDES DE LONGA DISTÂNCIA

Uma *Wide Area Network* (WAN) ou rede de longa distância é uma rede amplamente distribuída, como a Internet, com o objetivo de proporcionar comunicações a longas distâncias, podendo conectar empresas em diferentes cidades, estados, países ou até continentes, sendo uma das redes de maior abrangência territorial. “[...] as *wan's* permitem a comunicação à longa distância, interligando redes dentro de uma grande região geográfica” (FRANCISCATTO, CRISTO E PERLIN, 2014, p.19).

É fundamental que esse compartilhamento de informações entre filiais e matrizes seja de altíssima qualidade, e com o menor tempo possível. Essa comunicação pode ser realizada de dois modos: por linhas de transmissão dedicadas, e/ou por uma rede privada virtual, também chamada de *Virtual Private Network* (VPN). As linhas de transmissão dedicadas são redes de extrema qualidade, feitas para interconectar filiais a matrizes fisicamente, sem necessidade da internet e, dessa forma, iriam se comunicar por uma intranet.

Também devemos mencionar, de passagem, que algumas empresas têm interligado todas as suas redes internas existentes, normalmente usando a mesma tecnologia da Internet. Essas intranets normalmente são acessíveis apenas nas instalações da empresa ou a partir de notebooks da empresa, mas seu funcionamento é idêntico ao da Internet.(TANENBAUM, WETHERALL, 2011, p.40).

Em contrapartida, a VPN utiliza a internet como principal meio de comunicação,

interconectando computadores da matriz com filiais, tendo a necessidade principal que para os computadores se comunicarem seja necessário que estejam conectados à internet, de preferência que contratem um link dedicado (conexão privada, segura e com alta velocidade) do ISP.

As sub-redes de uma *wan* normalmente consistem em dois componentes: as linhas de transmissão que vimos anteriormente, e os elementos de comutação.

Os ISPs contratam o link dedicado de um fornecedor de link, e por sua vez, distribuem o acesso à internet banda larga para seus clientes. Toda a comunicação entre servidores é feita através de milhares de quilômetros de fibra óptica que compõem a rede principal, também chamada de *Backbone*, traduzida por “espinha dorsal”.

O termo *backbone* é largamente utilizado na área de redes de computadores e significa “espinha dorsal”, sendo utilizado para identificar a rede principal pela qual os dados de todos os usuários da Internet passam. (TOMBESI, FRANCISCATTO, BERNARDINO, BERTOLINI, 2018, p.43).

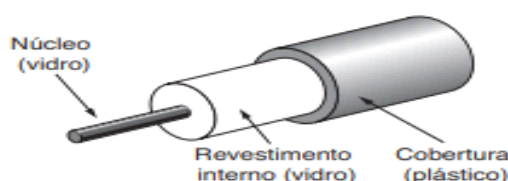
Uma das principais vantagens ao se utilizar fibra óptica na construção das redes de *backbone*, é a durabilidade dessa rede. Os fios de fibra óptica tem uma duração muito maior quando comparados aos fios de cobre. Isso diminui os riscos de indisponibilidade dos serviços em relação a problemas físicos de rede. Conheceremos melhor a fibra óptica no próximo tópico.

3 FIBRA ÓPTICA

A fibra óptica é a tecnologia de comunicação mais inovadora até o presente momento. Literalmente podemos afirmar que a comunicação é realizada na “velocidade da luz”. De modo bem simples, a fibra óptica é um fio de vidro, mais fino que um fio de cabelo e destinado a propagar a luz por longos quilômetros.

Na Figura 3.1 podemos ver uma ilustração da estrutura física básica de uma fibra óptica, subdividida em núcleo, que é constituído por material dielétrico (vidro), revestimento interno ou casca, que também é composto por material dielétrico (vidro) de índice de refração diferente do núcleo, e a cobertura ou parte mais externa, feita com resina acrílica ou plástico, onde os fabricantes aplicam coloração para identificação das várias fibras que compõem o cabo óptico.

Figura 3.1: Estrutura física de um cabo de fibra óptica



FONTE: TANENBAUM; WETHERALL (2011, p.63)

Nos cabos de fibra óptica acontece o fenômeno chamado de reflexão interna total, que é quando a luz emerge de um meio mais denso para um menos denso, em outras palavras, a depender do grau de atenuação a luz vai refletindo pelo vidro até chegar ao seu destino.

Existem dois tipos de fibras óticas atuantes no mercado, as fibras multimodo e as monomodo, a principal diferença entre elas está no diâmetro do núcleo. Na fibra multimodo o diâmetro do núcleo é maior, chegando a medir de 50 micrômetros a 62.5 micrômetros, logo, a luz ricocheteia muito dentro da fibra fazendo com que a perda na transmissão seja maior, impedindo que a mesma atinja grandes distâncias.

Na ANSI/TIA-568.3-D, a TIA adotou a nomenclatura para fibra encontrada na norma internacional ISO/IEC 11801. A fibra monomodo é prefixada como "OS" e a fibra multimodo como "OM". Como podemos ver na Figura 3.2, existem algumas diferenças entre os tipos de fibras multimodo, relacionados a alcance e capacidade de transmissão.

As fibras OM1 e OM2 suportam taxas de dados de até 10GB @ 1300 nanometros(nm), com distância máxima de até 300m utilizando lançamento por LED. A fibra OM3 suporta taxa de dados de 100GB @ 850nm, com distância máxima de 100m, utilizando lançamento em Amplificação da Luz por Emissão Estimulada de Radiação (Laser). As fibras OM4 e OM5 suportam taxas de dados de 100GB @ 850nm, com distância de até 150m utilizando lançamento Laser.

Figura 3.2: Comparação do comprimento do canal entre fibras óticas OM.

Modo de fibra	100BASE	1000BASE		10GBASE		40GBASE	100GBASE
		850nm	1300nm	850nm	1300nm		
OM1	até 2000m	275m	550m	33m	até 300m	Não especificado	Não especificado
OM2	até 2000m	550m	550m	82m	até 300m	Não especificado	Não especificado
OM3	até 2000m	550m	550m	300m	até 300m	100m	100m
OM4	até 2000m	1000m	550m	550m	400m*	150m	150m
OM5	até 2000m	Não especificado	Não especificado	Não especificado	400m*	150m	150m

FO

NTE: Disponível em: <<http://fowiki.com/b/differences-multimode-om1-om2-om3-om4-om5-single-mode-os1-os2-fiber/>> Acessado em: 25/10/2022.

4 REDE DE FIBRA ÓPTICA

Como vimos anteriormente, a fibra óptica é atualmente o meio de transmissão guiado mais rápido e que proporciona uma excelente estabilidade na comunicação entre cliente e servidor, por esses motivos tem sido tão utilizada e deseja por ISPs na hora de construir suas redes.

Nos projetos de rede de fibra óptica de um ISP é comum utilizar fibra monomodo por

conta da distância que se estende transmitindo o sinal da luz, a capacidade de transmissão é superior e as perdas por atenuação são mínimas quando comparada a fibras multimodo.

As redes ópticas também podem ser classificadas de acordo com a distribuição dos cabos ópticos. São elas: arquitetura ponto-a-ponto e a arquitetura ponto-multiponto.

Em termos de instalação, manutenção e operação, as PONs são mais vantajosas que as AONs. Como na sua planta externa não há necessidade de utilização de equipamentos elétricos como amplificadores ou roteadores, isso implica em menor gasto de capital na hora de construir a rede (HENNING, 2016, p.27).

As empresas de telecomunicações têm dado ênfase na construção das suas redes ópticas passivas para poder melhor atender os seus clientes. Existem algumas nomenclaturas quanto ao tipo de estrutura óptica utilizada para atender os clientes. São elas: *Fiber-To-The-Building* (FTTB), ou “fibra até o edifício”; *Fiber-To-The-Curb* (FTTC), ou “fibra até o poste/calçada”; *Fiber-To-The-Antenna* (FTTAnt), ou “fibra até a antena”; *Fiber-To-The-Home* (FTTH), ou “fibra até a casa”.

Na arquitetura FTTB a fibra chega até a entrada do edifício e, em seguida, é distribuída através de cabeamento estruturado metálico, o famoso cabo par trançado UTP. Nessa arquitetura pode ser utilizado um conversor de mídia para receber o sinal óptico e fazer a conversão para um switch, seguindo com cabeamento estruturado daí em diante.

Na arquitetura FTTAnt a fibra chega até equipamentos situados em torres, nesse caso, antenas. Em seguida é distribuído para os assinantes via sinal de rádio. Nesse caso, o modelo da antena e a quantidade de clientes conectados nesse aparelho irão influenciar no desempenho da rede. Essa arquitetura é bastante utilizada atualmente, principalmente por empresas de telefonia móvel e alguns ISPs que querem levar internet para locais de difícil acesso. Para tanto é necessário instalar um rádio na casa do assinante e configura-lo para receber o sinal do outro rádio.

Uma das arquiteturas atualmente mais utilizadas pelos provedores de serviços de internet é a arquitetura FTTH, que consiste na fibra sair da central e ir até dentro da casa do cliente possibilitando uma maior performance e estabilidade na internet, diminuindo muito o índice

de interferência temporal e elétrica. Essa tecnologia também é conhecida como fibra de ponta a ponta.

Essa solução é utilizada quando os ISPs constroem suas redes ópticas passivas para atender seus assinantes. Neste caso é necessário que sejam passivas por conta do equipamento que será instalado na casa do assinante: um *Optical Network Terminal* (ONT), que seria o equipamento que envia e recebe sinais ópticos, funcionando também como roteador. Esse equipamento estará em constante comunicação com a *Optical Line Termination* (OLT), que nada mais é que o equipamento que controla os pacotes que serão entregues para as ONTs.

Alguns equipamentos são de extrema necessidade quando se trabalha construindo e dando manutenção em redes ópticas, dentre eles destacam-se: o *Optical Time-Domain Reflectometer* - Refletômetro Óptico no Domínio do Tempo (OTDR) e a *Fusion Splicer* - Máquina de Fusão. A Máquina de Fusão é o equipamento que realizará as emendas das fibras monomodo e multimodo, sendo um equipamento muito importante, de custo alto, porém com muitíssima precisão e baixa manutenção. Por outro lado, exige boas práticas para utilizar e armazenar o equipamento. Esse equipamento trabalha com dois tipos diferentes de sistemas de emendas, o alinhamento pelo núcleo e o alinhamento pela casca.

O alinhamento pela casca permite a fusão de fibras com núcleos diferentes; todavia, ocorrerão perdas de sinal óptico e atenuação no ponto de fusão por conta da não uniformidade do núcleo das fibras (PINHEIRO, 2017,p.292).

No alinhamento pelo núcleo, a precisão da fusão é muito maior, pois, a máquina realiza fusões de fibras onde os núcleos têm a mesma espessura ou a mesma construção. Normalmente quando se tenta realizar a fusão de fibras com núcleos de construções diferentes ela emitirá um aviso de erro.

O OTDR é um equipamento essencial para avaliação e identificação de alguns problemas na rede óptica como, por exemplo, no rompimento da fibra. Com ele é possível identificar todos os eventos existentes dentro de um enlace óptico e ainda identificar atenuações causadoras de instabilidade na rede óptica. Para uma rede FTTH passiva é possível realizar verificações precisas de desempenho da rede e validação da mesma.

O OTDR é, basicamente, um radar óptico e seu funcionamento está baseado no retro espalhamento da luz que ocorre ao longo da fibra. Medindo um pulso de luz refletido (pulso de Fresnel) ao longo de uma fibra óptica, é possível avaliar a distância que ele se encontra da fonte de luz (PINHEIRO, 2017,p.302).

Através do seu sistema bastante intuitivo, é possível visualizar em gráficos todo o processo de testes e avaliações da rede em tempo real, sendo possível salvar e exportar em formato PDF os resultados obtidos.

5 ARQUITETURA DA INTERNET

A internet é o conjunto ou interligação de várias redes, é a mais utilizada em pleno século XXI, se tornando fundamental, ou até imprescindível na vida das pessoas.

Cada vez mais, dado o avanço na tecnologia dos componentes que compõe a Internet, estes são orientados pelas necessidades de novas aplicações. Desta forma, entendemos que a Internet é uma infraestrutura que permite que novas aplicações possam ser inventadas e disponibilizadas na grande rede, para que sistemas finais possam dela se utilizar em sua totalidade (TOMBESI; FRANCISCATTO; BERNARDINO, BERTOLINI, 2018, p.136).

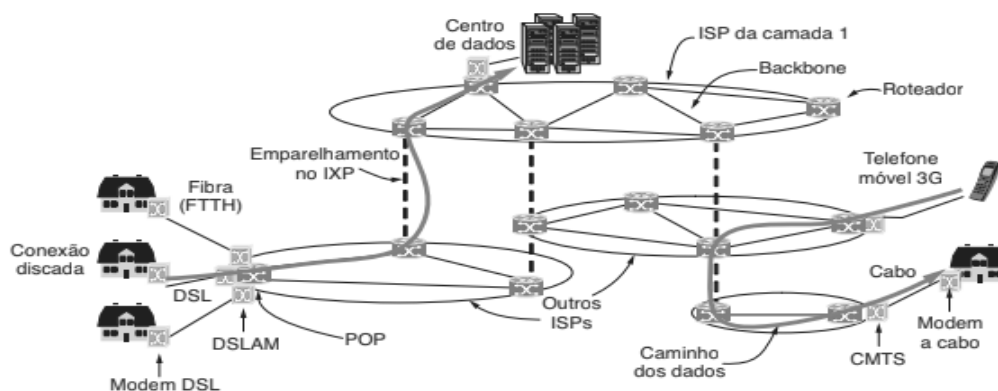
Muitos provedores de serviços de internet estão oferecendo não só a conexão com a internet, e sim serviços agregados para proporcionar maior conforto e satisfação ao cliente, como por exemplo: telefonia IP, serviços de IPTV, redes WIFI móveis.

Os ISPs podem prover aos sistemas finais diferentes formas de acesso

à rede, que pode ser através do acesso residencial de banda larga (modem e DSL), acesso via LAN de alta velocidade e acesso sem fio. ISPs podem fornecer também acesso a provedores de conteúdo, conectando sites web à Internet. (TOMBESI; FRANCISCATTO; BERNARDINO, BERTOLINI, 2018, p.135).

Na Figura 5.1 podemos visualizar como funciona a arquitetura básica da internet, a comunicação entre clientes e ISPs. Iniciaremos pela camada mais baixa onde temos a casa do assinante ou cliente que pode ter a Internet através das tecnologias FTTH, DSL, Cabo, Telefone móvel, em seguida, tem-se os equipamentos dos ISPs de camada 2 (switch, roteadores, olt) que se comunicam com outros roteadores de ISPs de camada 1 (também chamadas de operadoras de link), esses ISPs de camada 1 estão interligados ao *backbone* principal (rede principal) para acesso a internet.

Figura 5.1 Arquitetura da internet.



FONTE: TANENBAUM; WETHERALL (2011, p.38)

Vamos começar pelo cliente, que é basicamente quem contrata o ISP para assim poder acessar a internet. Para o cliente utilizar a internet, existem alguns requisitos básicos necessários que são: um aparelho que consiga se conectar a uma rede via cabo ou WIFI, nesse aparelho deve possuir um software compatível com a internet e uma conexão estabelecida

com o ISP contratado.

Para entrar na Internet, o computador é conectado a um provedor de serviço de Internet, ou ISP (Internet Service Provider), de quem o usuário compra acesso à Internet ou conectividade. Com isso, o computador pode trocar pacotes com todos os outros hosts acessíveis na Internet. O usuário pode enviar pacotes para navegar pela Web ou para qualquer um dos milhares de outros usos; (TANENBAUM, 2011, p.38).

Os aparelhos que também fazem o papel desses computadores são conhecidos como dispositivos móveis (*smartphones, tablets, notebooks, ultrabooks*), que conectados a uma rede permitem o acesso à internet com maior facilidade e portabilidade, podendo ser usado em qualquer lugar que tenha conexão com a internet. Esse é o papel dos provedores de serviço de internet.

A internet atualmente está tão evoluída que é a nossa maior aliada quando queremos nos comunicar diretamente com o mundo, divulgar um trabalho, compartilhar ideias ou até mesmo realizar uma comunicação restrita apenas a um pequeno grupo de pessoas. Há cerca de 23 anos atrás apenas *desktops* (computadores de mesa), servidores e estações de sistemas Linux eram conectados à internet, hoje já existem muitos outros dispositivos que podem ser conectados, a exemplo: *smartphones, smartTVs, tablets, laptop*.

No período entre 1970 e 1973, com a criação da Arpanet, foi possível a criação de uma rede para interligação entre universidades, instituições militares e empresas. Os hardwares utilizados nessa época eram os mainframes, caracterizados por um poder de processamento baixo e com preços elevados (FRANCISCATTO, CRISTO E PERLIN, 2014, p.15).

No final da década de 50, em plena Guerra Fria, o Departamento de Defesa dos Estados Unidos precisava descentralizar a comunicação e armazenar dados de maneira que continuasse ativo mesmo após uma guerra nuclear (TANENBAUM; WETHERALL, 2011, p.33).

Alguns anos depois a internet se expandiu e passou a fazer parte do dia a dia da sociedade, passando a gerar novas oportunidades de investimentos empresariais. Os provedores de serviço de internet começaram a surgir e a conectar várias pessoas no maior conjunto de redes de computadores existentes atualmente, a internet.

6 METODOLOGIA

Este trabalho tem natureza descritiva e exploratória. A metodologia utilizada foi fundamentada a partir do referencial teórico e a discussão principal foi baseada em um estudo de caso, pois foram levantadas informações sobre o assunto em pauta dentro do contexto do setor de telecomunicações.

A pesquisa tem como objetivo analisar e comparar a qualidade e o desempenho entre duas infraestruturas de redes em um ISP da cidade de Entre Rios-Ba, no bairro Centro. O estudo de caso limitou-se na rede de fibra óptica a 2 *splitters* ópticos (divisores óticos) com 2 assinantes, e na rede de cabo UTP limitou-se a 1 *switch* com 2 assinantes.

Para a obtenção das informações em análise na rede de fibra óptica, foi necessário o uso dos equipamentos: *Notebook*, OPM e o OTDR. Primeiramente foi realizado o teste na fibra que vem do fornecedor de link (teste Ponto a Ponto), com o intuito de analisar algum possível evento que possa causar instabilidade da rede em geral, logo após, seguiu-se até a casa do assinante para realizar testes de potência óptica e comparar com a potência óptica atual da CTO, esses testes foram realizados com o OPM por se tratar de um equipamento mais barato que o OTDR para testes em alturas. Em seguida, prosseguiu-se para a realização de testes utilizando o *Smart OTDR* para enviar pulsos de luz para analisar os eventos entre a CTO e a central de equipamentos. Após a obtenção desses dados foi necessário realizar testes de

latência, de rotas e largura de banda pois são de suma importância na hora de validar a qualidade e desempenho da rede de fibra óptica do assinante. Na rede de cabo UTP foi necessário primeiramente verificar a energia utilizando um multímetro, e revisar as emendas de energia da rede, qualquer problema na energia da rede pode deixar os assinantes sem conexão. Em seguida foi verificado se os cabos estão dando sinais nas portas do *switch* e se os conectores M8v (RJ45) estão em boas condições. Ainda com o multímetro foi necessário testar a continuidade dos cabos fio a fio. Como esse tipo de material sofre efetiva interferência temporal (chuva e sol) esses cabos costumam dar problemas. Na casa do assinante foi necessário verificar o conector M8v (RJ45) e testar a rede interna com teste de latência, rotas e largura de banda.

7 ANÁLISE DE RESULTADOS

A pesquisa teve como objetivo geral fazer uma análise comparativa de desempenho entre redes de fibra óptica e redes com cabos UTP, com o intuito de analisar o quão vantajoso é a utilização de redes ópticas em um provedor de serviço de internet. Através de pesquisas e observações houve a necessidade de realizar uma análise comparativa de desempenho entre as duas infraestruturas de redes, para obter informações concretas quanto à qualidade e desempenho dessas redes.

Na Figura 7.1 e na Figura 7.2 podemos analisar todos os eventos da conexão ponto a ponto, que nada mais é que a conexão entre o ISP em estudo e o fornecedor de link, onde foi necessário conectar o cordão óptico na porta APC LIVE do *Smart OTDR* para medir a fibra ativa, o termo “fibra ativa” refere-se à fibra que está operante.

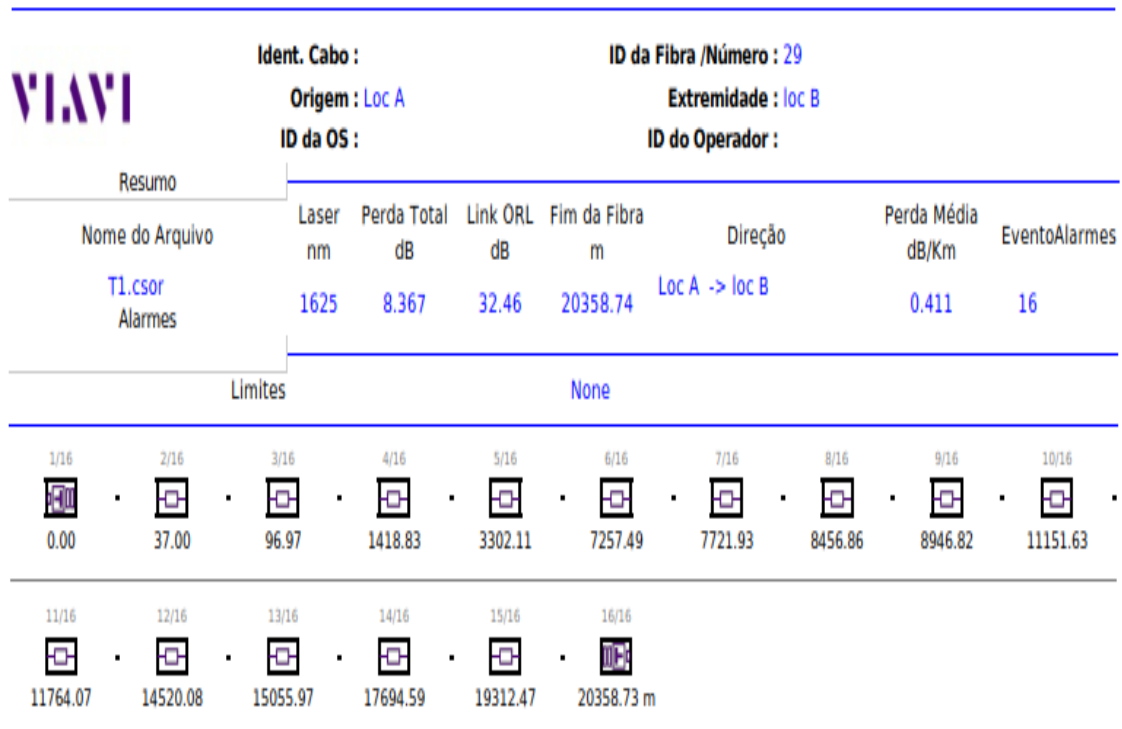
Nesse caso temos no total 16 eventos nessa rota, esses eventos são listados em conectores (eventos 1 e 16 da Figura 7.2) e fusões (eventos 2 a 15 da Figura 7.2). Como podemos visualizar na Figura 7.2 os eventos 3, 11, 13 são os que mais chamam atenção, pois estão com uma perda superior a 0,3 Decibéis (dB), segundo o padrão TIA-568-B3 o ideal é que a perda na fusão não ultrapasse 0,3dB nas fibras multimodo e monomodo, esse padrão

DIÁLOGOS POSSÍVEIS

ISSN 2447-9047
VOLUME 23, Nº 1- JAN/JUN 2024
Pág: 241-272

também define que a Perda de Retorno Óptico (ORL) das emendas, seja melhor que 26dB nas fibras monomodos e nas multimodos essa perda de retorno tem que ser superior a 20dB. A perda de retorno pode ser visualizada na Figura 7.1 pelo nome Link ORL. Com a análise dessas primeiras informações pode-se visualizar a necessidade de manutenção dessa rota, para melhorar a comunicação do ISP em estudo com seu fornecedor de link.

Figura 7.1. Teste ponto a ponto.



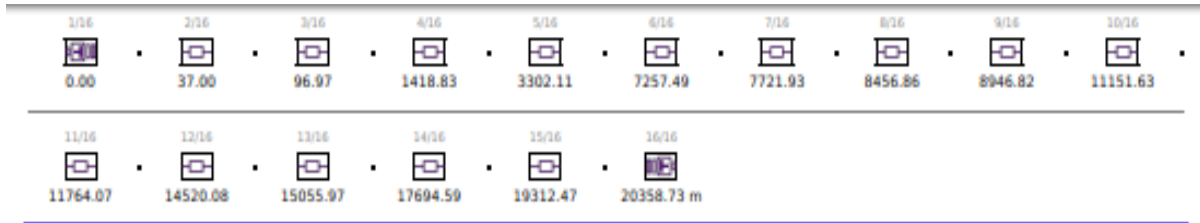
Fonte: Autoria Própria (2022)

Na Figura 7.3 foi realizado teste de potência óptica na CTO que encontra-se localizada em um poste próximo a casa do assinante, essa rede FTTH PON foi projetada para as CTOs terem potências médias de -23 decibel-miliwatts (dBm). Destaque-se que o máximo de perda permitido pelo ISP na casa do assinante é de até -24 dBm, ou seja, 1dBm de perda, vale a pena ressaltar que a ONT possui sensibilidade de recepção do sinal óptico, normalmente esses valores estão entre -28dBm (mínimo) e -7dBm (máximo).

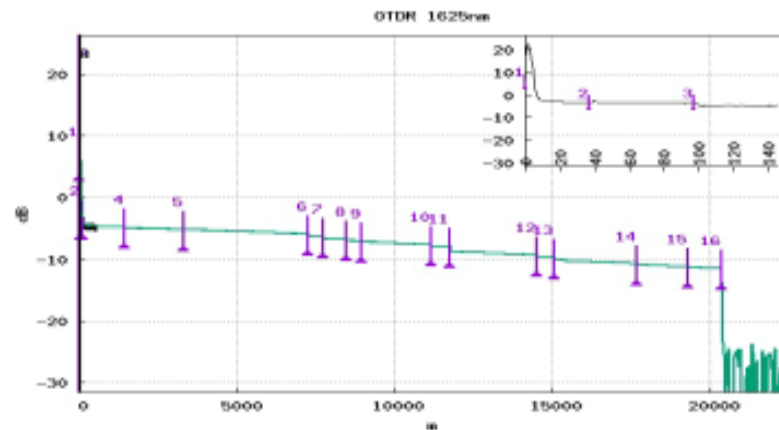
Figura 7.2. Teste ponto a ponto.

DIÁLOGOS POSSÍVEIS

ISSN 2447-9047
 VOLUME 23, N° 1- JAN/JUN 2024
 Pág: 241-272



A : 0.00m -4.549 dB
 B : 48.76m 10.998 dB
 A-B : 48.76m 318.857 dB/Km
15.547 dB



Evento	Distância	Perda	Reflect.	Declive	Seção	P. Total
	m	dB	dB	dB/km	m	dB
1	0.00	- 3.179	- 36.28		0.00	0.000
2	37.00	0.109			37.00	0.007
3	96.97	1.286			59.97	0.134
4	1418.83	0.094		0.108	1321.86	1.629
5	3302.11	0.084		0.176	1883.27	2.054
6	7257.49	0.362		0.194	3955.38	2.750
7	7721.93	0.322		0.148	464.44	3.180
8	8456.86	0.107		0.199	734.94	3.647
9	8946.82	0.138		0.240	489.96	3.872
10	11151.63	0.115		0.199	2204.81	4.495
11	11764.07	0.781		0.282	612.45	4.782
12	14520.08	0.222		0.224	2756.01	6.180
13	15055.97	0.478		0.218	535.89	6.519
14	17694.59	0.193		0.207	2638.62	7.544
15	19312.47	0.103		0.193	1617.88	8.049
16	20358.73			0.205	1046.26	8.367

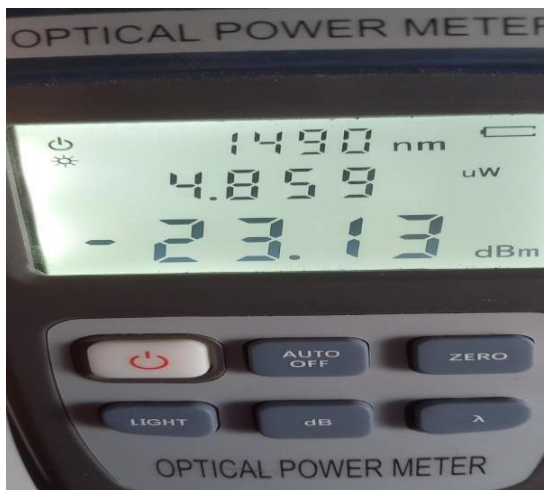
Fonte: Autoria Própria (2022)

As redes PONs são constituídas de elementos que não necessitam de alimentação elétrica no trecho fora das dependências da operadora ou do usuário, e se apresentam como ótimas candidatas para o segmento de acesso, devido ao seu custo inferior em relação as outras arquiteturas. As redes PONs oferecem confiabilidade, robustez e elevadas taxas de transmissão em distâncias de até dezenas de quilômetros (HENNING, 2016, P.23).

DIÁLOGOS POSSÍVEIS

ISSN 2447-9047
VOLUME 23, N° 1- JAN/JUN 2024
Pág: 241-272

Figura 7.3. Teste CTO.



Fonte: Autoria Própria (2022)

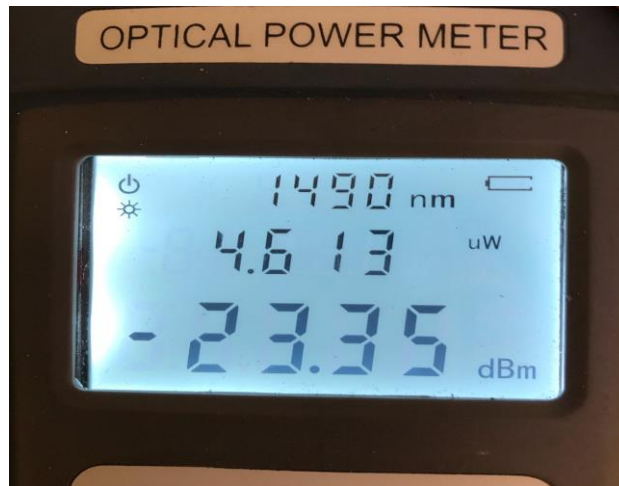
Na Figura 7.4 e 7.5 foram realizados testes de potência óptica na casa dos assinantes e comparado com o teste óptico da CTO, se essa diferença de valores forem altas isso pode comprometer a qualidade da rede de fibra óptica. Como nesse caso a diferença das potências estão em 0,19 dB no assinante 1 e 0,22 dB no assinante 2, segundo o padrão TIA-568-B3 a perda máxima de um conector de fibra é de 0,75 dB, logo, o nível de sinal está bom na casa dos dois assinantes.

Figura 7.4. Teste casa do assinante 1.



Fonte: Autoria Própria (2022)

Figura 7.5. Teste casa do assinante 2.



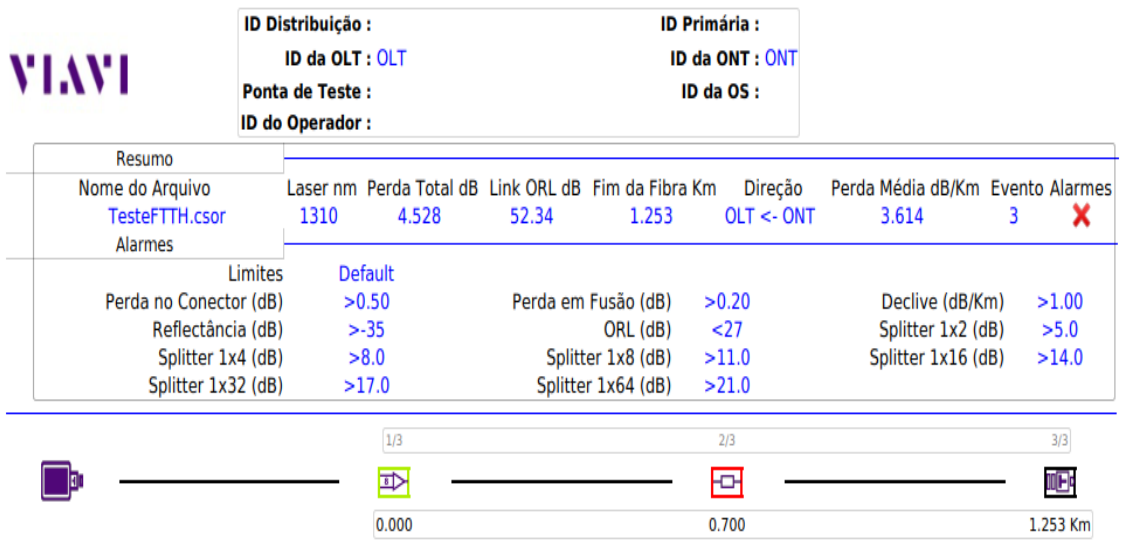
Fonte: Autoria Própria (2022)

Na Figura 7.6 e 7.7 podemos observar testes feitos na rede FTTH construída pelo ISP para atender seus assinantes, esses testes foram da casa do assinante até a central de equipamentos do ISP. Na Figura 7.6 dentre as informações apresentadas, podemos visualizar o comprimento de onda utilizado para teste, a distância dessa fibra, a direção em que foi realizado o teste e os eventos. Nesse caso o evento 1 é o *splitter*, o dois é a fusão e o terceiro evento é o cordão na OLT.

Figura 7.6. Teste FTTH pg1.

DIÁLOGOS POSSÍVEIS

ISSN 2447-9047
 VOLUME 23, N° 1- JAN/JUN 2024
 Pág: 241-272



Page Number : 1

Fonte: Autoria Própria (2022)

Figura 7.7. Teste FTTH pg2.



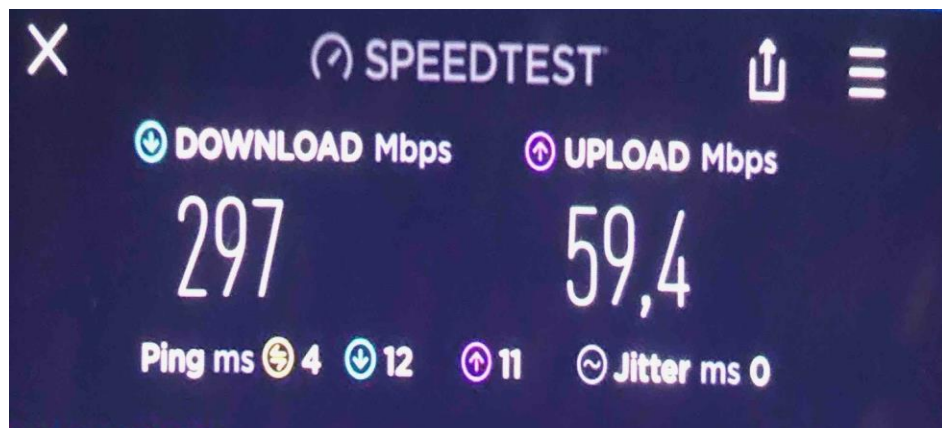
Fonte: Autoria Própria (2022)

DIÁLOGOS POSSÍVEIS

ISSN 2447-9047
VOLUME 23, Nº 1- JAN/JUN 2024
Pág: 241-272

Na Figura 7.8 e 7.9 podemos visualizar os testes de velocidades nas casas dos dois assinantes que utilizam internet de fibra, ambos com planos de 300 Mbps de download por 60 Mbps de upload.

Figura 7.8. Teste de velocidade assinante 1 fibra.



Fonte: Autoria Própria (2022)

Figura 7.9. Teste de velocidade assinante 2 fibra.



Fonte: Autoria Própria (2022)

Na Figura 7.10 e 7.11 temos os testes de rotas realizados na casa dos dois assinantes. Esses testes mostram a quantidade de saltos e o tempo de cada salto estabelecendo a comunicação entre cliente x servidor. Os primeiros saltos são da rede interna do ISP e os outros saltos são dos fornecedores de link até chegar ao destino.

Figura 7.10. Teste de rota assinante 1 fibra.

```
C:\Users\PC Tecnicos>tracert 8.8.8.8

Rastreando a rota para dns.google [8.8.8.8]
com no máximo 30 saltos:

 1  <1 ms    <1 ms    <1 ms    Datacom.Home [192.168.0.1]
 2   3 ms    <1 ms    <1 ms    100.64.0.1
 3   5 ms     1 ms     1 ms     10.0.97.5
 4   5 ms     1 ms     1 ms    131.161.66.129
 5   *        *        *        Esgotado o tempo limite do pedido.
 6  39 ms    39 ms    36 ms    72.14.203.205
 7  41 ms    41 ms    56 ms    72.14.203.204
 8  42 ms    41 ms    41 ms    108.170.227.29
 9  41 ms    40 ms    40 ms    216.239.42.199
10  40 ms    40 ms    40 ms    dns.google [8.8.8.8]
```

Fonte: Autoria Própria (2022)

Figura 7.11. Teste de rota assinante 2 fibra.

```
Rastreando a rota para dns.google [8.8.8.8]
com no máximo 30 saltos:

 1  <1 ms    <1 ms    <1 ms    100.64.0.1
 2  <1 ms    <1 ms    <1 ms    10.0.97.5
 3  <1 ms    <1 ms    <1 ms    131.161.66.129
 4  *        *        *        Esgotado o tempo limite do pedido.
 5  34 ms    34 ms    56 ms    74.125.118.49
 6  35 ms    35 ms    35 ms    74.125.118.48
 7  35 ms    35 ms    34 ms    108.170.245.129
 8  34 ms    34 ms    34 ms    172.253.71.25
 9  35 ms    34 ms    34 ms    dns.google [8.8.8.8]

Rastreamento concluído.
```

Fonte: Autoria Própria (2022)

Na Figura 7.12 e 7.13 podemos visualizar os testes de ping na rede de fibra óptica dos dois assinantes. Esses testes avaliam o tempo de resposta da rede. Essa comunicação é feita entre cliente x servidor, enviando pacotes para o servidor e recebendo pacotes do mesmo.

Figura 7.12. Teste de latência assinante 1 fibra.

```
Disparando 8.8.8.8 com 32 bytes de dados:  
Resposta de 8.8.8.8: bytes=32 tempo=39ms TTL=114  
Resposta de 8.8.8.8: bytes=32 tempo=40ms TTL=114  
Resposta de 8.8.8.8: bytes=32 tempo=39ms TTL=114  
Resposta de 8.8.8.8: bytes=32 tempo=39ms TTL=114  
  
Estatísticas do Ping para 8.8.8.8:  
  Pacotes: Enviados = 4, Recebidos = 4, Perdidos = 0 (0% de  
  perda),  
Aproximar um número redondo de vezes em milissegundos:  
  Mínimo = 39ms, Máximo = 40ms, Média = 39ms
```

Fonte: Autoria Própria (2022)

Figura 7.13. Teste de latência assinante 2 fibra.

```
Disparando 8.8.8.8 com 32 bytes de dados:  
Resposta de 8.8.8.8: bytes=32 tempo=35ms TTL=115  
Resposta de 8.8.8.8: bytes=32 tempo=35ms TTL=115  
Resposta de 8.8.8.8: bytes=32 tempo=38ms TTL=115  
Resposta de 8.8.8.8: bytes=32 tempo=38ms TTL=115  
  
Estatísticas do Ping para 8.8.8.8:  
  Pacotes: Enviados = 4, Recebidos = 4, Perdidos = 0 (0% de  
  perda),  
Aproximar um número redondo de vezes em milissegundos:  
  Mínimo = 35ms, Máximo = 38ms, Média = 36ms
```

Fonte: Autoria Própria (2022)

Como podemos visualizar na Figura 7.14, os primeiros testes realizados na rede a cabo UTP foram o de medição da energia da rede e o de continuidade dos cabos.

Com o auxílio do multímetro podemos verificar essas informações. No multímetro, foi selecionada a escala de corrente alternada e colocadas as ponteiros de prova nas tomadas.

Para o teste de continuidade exibido na Figura 7.15 coloca-se o multímetro na escala de díodo (escala que emite um efeito sonoro), e com as ponteiros de prova se vai colocando nos fios de par trançado respeitando seus respectivos pares de cores, se em alguns dos pares não apresentar efeito sonoro do multímetro, significa que aquele par está com defeito.

Figura 7.14. Teste energia da rede.

DIÁLOGOS POSSÍVEIS

ISSN 2447-9047
VOLUME 23, N° 1- JAN/JUN 2024
Pág: 241-272



Fonte: Aatoria Própria (2022)

Figura 7.15. Teste de continuidade dos cabos UTP.



Fonte: Aatoria Própria (2022)

Na Figura 7.16 podemos visualizar o led informando que o cabo dos 2 assinantes e o cabo link estão conectados ao *switch* (demonstrado pela luz verde no *switch*), conforme a utilização essas luzes piscam várias vezes indicando tráfego na rede.

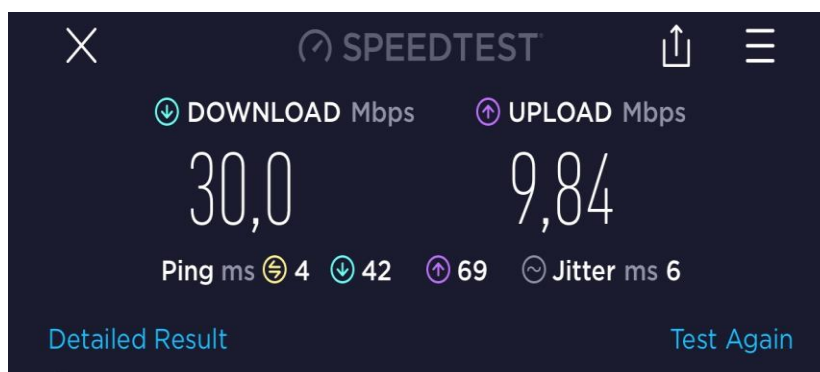
Figura 7.16. Switch com 2 assinantes e 1 cabo link.



Fonte: Autoria Própria (2022)

Nas Figuras 7.17 e 7.18 têm-se os testes de velocidade da banda contratada pelo assinante. Nesses dois casos a banda contratada é de 30Mbps de download por 10Mbps de upload. Na rede a cabo UTP fica complicado oferecer uma banda maior para os assinantes por conta que o máximo que esse *switch* suporta é 100Mbps, pois seu padrão é o Fast Ethernet (10/100Mbps).

Figura 7.17. Teste de velocidade assinante 1 cabo.



Fonte: Autoria Própria (2022)

Figura 7.18. Teste de velocidade assinante 2 cabo.

DIÁLOGOS POSSÍVEIS

ISSN 2447-9047
VOLUME 23, Nº 1- JAN/JUN 2024
Pág: 241-272



Fonte: Autoria Própria (2022)

Como se pode visualizar, nas Figuras 7.19 e 7.20 estão os testes relacionados à latência da rede em cabo UTP. Como se pode ver, essa latência é um pouco maior quando comparada à latência da rede de fibra óptica.

Figura 7.19. Teste de latência assinante 1 cabo.

```
Disparando 8.8.8.8 com 32 bytes de dados:
Resposta de 8.8.8.8: bytes=32 tempo=40ms TTL=115
Resposta de 8.8.8.8: bytes=32 tempo=43ms TTL=115
Resposta de 8.8.8.8: bytes=32 tempo=37ms TTL=115
Resposta de 8.8.8.8: bytes=32 tempo=56ms TTL=115

Estatísticas do Ping para 8.8.8.8:
  Pacotes: Enviados = 4, Recebidos = 4, Perdidos = 0 (0% de
  perda),
Aproximar um número redondo de vezes em milissegundos:
  Mínimo = 37ms, Máximo = 56ms, Média = 44ms
```

Fonte: Autoria Própria (2022)

Figura 7.20. Teste de latência assinante 2 cabo.

```
Disparando 8.8.8.8 com 32 bytes de dados:
Resposta de 8.8.8.8: bytes=32 tempo=46ms TTL=115
Resposta de 8.8.8.8: bytes=32 tempo=41ms TTL=115
Resposta de 8.8.8.8: bytes=32 tempo=65ms TTL=115
Resposta de 8.8.8.8: bytes=32 tempo=41ms TTL=115

Estatísticas do Ping para 8.8.8.8:
  Pacotes: Enviados = 4, Recebidos = 4, Perdidos = 0 (0% de
  perda),
Aproximar um número redondo de vezes em milissegundos:
  Mínimo = 41ms, Máximo = 65ms, Média = 48ms
```

Fonte: Autoria Própria (2022)

Nas Figuras 7.21 e 7.22 podemos observar os testes de rotas realizados na rede em cabo UTP, analisando cada salto e o tempo recorrente a essas solicitações. Pode-se notar que o tempo de comunicação nos 3 primeiros saltos são maiores quando comparados com a rede em fibra.

Figura 7.21. Teste de rotas assinante 1 cabo.

```
Rastreando a rota para dns.google [8.8.8.8]
com no máximo 30 saltos:

 1    1 ms    <1 ms    1 ms    192.168.1.1
 2    10 ms   10 ms    7 ms    100.64.0.1
 3     5 ms    5 ms     7 ms    10.0.97.5
 4    11 ms   11 ms    9 ms    131.161.66.129
 5     *      *        *       Esgotado o tempo limite do pedido.
 6    58 ms   47 ms    44 ms   74.125.118.49
 7    52 ms   43 ms    42 ms   74.125.118.48
 8    42 ms   40 ms    38 ms   108.170.245.129
 9    44 ms   38 ms    41 ms   172.253.71.25
10    42 ms   39 ms    42 ms   dns.google [8.8.8.8]

Rastreamento concluído.
```

Fonte: Autoria Própria (2022)

Figura 7.22. Teste de rotas assinante 2 cabo.

```
Rastreando a rota para dns.google [8.8.8.8]
com no máximo 30 saltos:

 1    <1 ms   <1 ms   <1 ms   192.168.1.1
 2     6 ms    5 ms    5 ms    100.64.0.1
 3     8 ms    5 ms    5 ms    10.0.97.5
 4     7 ms    5 ms    6 ms    131.161.66.129
 5     *      *        *       Esgotado o tempo limite do pedido.
 6    51 ms   41 ms   40 ms   10.12.0.218
 7    55 ms   55 ms   56 ms   72.14.216.98
 8    60 ms   58 ms   54 ms   172.253.66.139
 9    64 ms   61 ms   57 ms   209.85.250.51
10    68 ms   56 ms   70 ms   dns.google [8.8.8.8]

Rastreamento concluído.
```

Fonte: Autoria Própria (2022)

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos tempos atuais, a internet é a rede mais utilizada e se tornou fundamental na vida das pessoas. Antes da existência desse recurso, as pessoas não se comunicavam de forma rápida ou não se viam de maneira precisa a longa distância, com apenas alguns toques na tela

do celular e este conectado à rede internet isso se tornou possível. Atualmente, com o apoio de aplicativos e dispositivos digitais diversos, eles conseguem estabelecer uma comunicação em tempo real, fazendo chamadas de voz e vídeos, enviando fotos, áudios, mensagens de maneira muito rápida e até compartilhar a localização em tempo real. As pessoas estão conectadas todo o tempo à internet, seja em casa, por intermédio de um ISP localizado no bairro, ou fora dela utilizando a internet das operadoras de telefonia móvel. O objetivo principal do ISP é a disponibilidade do serviço, fazendo com que seus assinantes permaneçam em todo tempo conectado a internet e acessando com o máximo de desempenho possível e, para que isso aconteça, é essencial que os ISPs sigam as tendências de atualização da infraestrutura da rede. Nesse caso do estudo em questão, a transição de uma rede em cabos UTP para uma rede de fibra óptica, podendo oferecer mais banda de internet para seus assinantes e melhorando muito o tempo de comunicação entre cliente e servidor.

Com os dados obtidos na pesquisa de campo se pode interpretar que para a implantação de uma nova infraestrutura de rede, nesse caso a fibra óptica, faz-se necessário um investimento em mão de obra qualificada para poder projetar, construir, dar manutenção, instalar assinantes, e em materiais para construção, manutenção e certificação da rede FTTH, porém, sua melhoria é muito significativa. Outrora uma rede em cabo UTP limitado a no máximo 30Mbps para alguns assinantes, com a construção da rede de fibra óptica, pode-se entregar planos 20 vezes maiores comparado aos planos da rede em cabos UTP, oferece uma maior estabilidade na conexão, pois a fibra óptica não sofre interferências temporais e a transferência de dados é muito mais rápida.

Isso é um incrível avanço na área de telecomunicação. Os ISPs que seguirem a atualização das tendências da infraestrutura da rede de fibra óptica, podem se tornar referências no setor de telecomunicação na cidade que atuam, tornando-se um provedor mais procurado pelos assinantes.

REFERÊNCIAS

FRANCISCATTO, R; CRISTO, F. D.; PERLIN, Tiago. **Redes de Computadores**. *Frederico Westphalen: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Agrícola de Frederico Westphalen*, 2014.

TANENBAUM, A. S; WETHERALL, D.J.; **Redes de Computadores** - 5ª Ed., Pearson, 2011.

PINHEIRO, J. M. S.; **Redes ópticas de acesso em telecomunicações** - Elsevier, 2017.

TOMBESI, R. M; FRANCISCATTO, R.; BERNARDINO, G. C.; BERTOLINI, C.; **Redes de Computadores**. Universidade Federal de Santa Maria, 1ª Ed., 2018.

HENNING, L. F.; **Caracterização e desempenho de emissores de baixo custo para aplicação em redes ópticas passivas**. Tese de doutorado (Pós-graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2010/1/CT_CPGEI_D_Henning%2C%20Luiz%20Fernando_2016.pdf> Acesso em: 14 de novembro de 2022.

PREMISES CABLING. **The Fiber Optic Association**, 2021. Disponível em: <<https://foa.org/tech/ref/premises/jargon.html>> Acesso em: 14 de Novembro de 2022.

FIBRA ÓPTICA. **The Fiber Optic Association**. Disponível em: <https://www.thefoa.org/PORT/Chapter%205_PT.html> Acesso em: 13 de Novembro de 2022.

PADRÃO TIA 568 PARA FIBRA ÓPTICA. **The Fiber Optic Association**. Disponível: <<https://www.thefoa.org/tech/tia568b3.htm>> Acesso em: 13 de Novembro de 2022.

GUIMARÃES, Arthur Henrique. Normas técnicas - descrição. **Cercomp**, 2011. Disponível em: <<https://www.cercomp.ufg.br/n/1479-normas-tecnicas-descricao>> Acesso em: 12 de Novembro de 2022.

DIFERENÇAS ENTRE FIBRA MULTIMODO (OM1, OM2, OM3, OM4, OM5) E MONOMODO (OS1, OS2). **Fowiki**, 2018. Disponível em: <<http://fowiki.com/b/differences-multimode-om1-om2-om3-om4-om5-single-mode-os1-os2-fiber>> Acesso: 12 de Novembro de 2022.