



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

ASSIS DOS SANTOS MEIRELES

**ANÁLISE DAS TECNOLOGIAS VIA RÁDIO E FIBRA ÓPTICA NA COMUNIDADE
QUILOMBOLA DE UMARIZAL - BAIÃO**

TUCURUÍ
2023

ASSIS DOS SANTOS MEIRELES

**ANÁLISE DAS TECNOLOGIAS VIA RÁDIO E FIBRA ÓPTICA NA COMUNIDADE
QUILOMBOLA DE UMARIZAL - BAIÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia de Computação, do Campus Universitário de Tucuruí, da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Computação.

Orientadora: Dra. Andrécia Pereira da Costa

Coorientadora: Ma. Juliete da Silva Souza

TUCURUÍ

2023

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a)
autor(a)**

M479a Meireles, Assis dos Santos.
Análise das tecnologias via rádio e fibra óptica na
comunidade quilombola de Umarizal - Baião / Assis dos
Santos Meireles. — 2023.
53 f. : il. color.

Orientador(a): Prof^a. Dra. Andrécia Pereira da Costa
Coorientador(a): Prof^a. MSc. Juliete da Silva Souza
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de
Tucuruí, Faculdade de Engenharia da Computação, Tucuruí,
2023.

1. Análise. 2. Comparação. 3. Fibra óptica. 4.
Internet. 5. Via rádio. I. Título.

CDD 621.3821

ASSIS DOS SANTOS MEIRELES

**ANÁLISE DAS TECNOLOGIAS VIA RÁDIO E FIBRA ÓPTICA NA COMUNIDADE
QUILOMBOLA DE UMARIZAL - BAIÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia de Computação, do Campus Universitário de Tucuruí, da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Computação.

Data da aprovação: 21/09/2023

Conceito: Excelente

BANCA EXAMINADORA

Orientador (a)

Dra. Andrécia Pereira da Costa – UFPA

Coorientador (a)

Ma. Juliete da Silva Souza – UFCG

Examinador (a) – membro interno

Dr. Otávio Noura Teixeira – UFPA

Examinador (a) – membro externo

Dra. Thamyris da Silva Evangelista – UNIFESSPA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, a meus familiares e a todos que contribuíram em minha jornada acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus que é a luz para o meu caminho, o meu refúgio, minha fortaleza que me permitiu seguir e concluir essa jornada.

Aos meus familiares que não mediram esforços para me apoiarem, a minha esposa Daysiane Rodrigues Meireles, que sempre esteve do meu lado me ajudando e contribuindo na medida do possível, às minhas filhas Cleysiane Rodrigues, Maria Fernanda Meireles e Thayane Meireles, pela compreensão da minha ausência durante os estudos.

Agradeço aos meus pais Manoel Meireles e Maria Osmelita dos Santos pelo apoio durante essa fase da minha vida acadêmica, aos meus irmãos que me acolheram em suas residências. Ao seu Alcy Corrêa, que também me recebeu de braços abertos em sua casa e compartilhou um pouco da sua experiência de vida e contribuiu para que eu pudesse está aqui hoje.

A todos os meus amigos que me ajudaram direta e indiretamente quando precisei em especial ao Janderson Souza (em memória) que me incentivou a prosseguir.

Aos meus professores pela dedicação, por compartilhar aprendizagens e conhecimentos que levarei para o resto da minha vida, especialmente ao Dr. Otávio Noura Teixeira, Dr. Daniel da Conceição Pinheiro, Dr. Renato Luiz Cavalcante e o Dr. Caio Carvalho Moreira.

A minha Orientadora, Professora Dra. Andrécia Pereira da Costa e a Coorientadora Ma. Juliete da Silva Souza, obrigado pela confiança no meu trabalho, pelo respeito, e por prontamente me ajudar sempre que as procurei.

Aos membros da banca Professor Dr. Otávio Noura Teixeira e Professora Dra. Thamyris da Silva Evangelista pela disponibilidade em avaliar meu trabalho.

Agradeço à minha comunidade quilombola de Umarizal, Baião-PA, onde nasci, cresci e resido atualmente e que possibilitou meu ingresso neste curso superior através do PSE, muito obrigado, a todos (as).

RESUMO

O presente trabalho discorre sobre as tecnologias via rádio e fibra óptica na comunidade quilombola de Umarizal. A pesquisa aborda sobre as duas tecnologias presentes no provedor de internet Conect_A&D na comunidade. Assim definiu-se como objetivo geral analisar as tecnologias via rádio e fibra óptica que estão em funcionamento no provedor de internet na comunidade quilombola de Umarizal, Baião. Esta pesquisa empenhou-se em obter dados comparativos entre as duas tecnologias, neste sentido, utilizou-se a metodologia estudo de campo com uma abordagem qualitativa. Para isso foram utilizados aplicativos e *softwares* específicos, entre outras análises práticas a fim de alcançar o objetivo geral da pesquisa. Os resultados obtidos revelam as diferenças entre as tecnologias quanto à velocidade, estabilidade, custos, vantagens e desvantagens. Por fim, os resultados apontam que apesar do custo elevado ser duas vezes mais alto para implantar a tecnologia fibra óptica, ela oferece um serviço de melhor qualidade e bandas maiores. Porém, na comunidade de Umarizal, a via rádio destaca-se pela característica de atender usuários onde não há condições de implantar cabos ópticos.

Palavras-chave: Análise. Comparação. Fibra óptica. Internet. Via rádio.

ABSTRACT

This work discusses radio and fiber optic technologies in the quilombola community of Umarizal. The research addresses the two technologies present in the Conect_A&D internet provider in the community. Thus, the general objective was to analyze the radio and fiber optic technologies that are in operation at the internet provider in the quilombola community of Umarizal, Baião. This research aimed to obtain comparative data between the two technologies, in this sense, the field study methodology was used with a qualitative approach. For this, specific applications and software were used, among other practical analyzes in order to achieve the general objective of the research. The results obtained reveal the differences between the technologies in terms of speed, stability, costs, advantages and disadvantages. Finally, the results indicate that despite the high cost being twice as high to implement fiber optic technology, it offers a better quality service and higher bandwidths. However, in the community of Umarizal, the radio route stands out for its ability to serve users where there are no conditions to lay optical cables.

Keywords: Analysis. Comparison. fiber optic. Internet. radio.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Domicílios com acesso à internet, por área (2008-2021).....	18
Figura 2 - Estrutura de Provedor via rádio.....	20
Figura 3 - Cabo de Fibra Óptica.....	21
Figura 4 - Arquitetura típica de uma rede PON com componentes passivos.....	22
Figura 5 - Características das tecnologias EPON e GPON.....	23
Figura 6 - Estrutura de Rede com OLT EPON e GPON.....	24
Figura 7 - Projeto para implantação de Rede Fibra Óptica na Comunidade Quilombola de Umarizal.....	25
Figura 8 - Equipamentos básicos para atendimento de fibra óptica.....	26
Figura 9 - Exemplo de topologia ponto a ponto.....	27
Figura 10 - Exemplo de topologia em barramento.....	27
Figura 11 - Exemplo de topologia anel.....	28
Figura 12 - Exemplo de topologia estrela.....	29
Figura 13 - Exemplo de topologia malha.....	29
Figura 14 - Exemplo de topologia árvore.....	30
Figura 15 - Exemplo de topologia híbrida.....	31
Figura 16 - Localização de Umarizal-Baião.....	33
Figura 17 - Umarizal atualmente.....	33
Figura 18 - Estrutura do servidor Principal.....	34
Figura 19 - Distribuição do Provedor de Internet em Umarizal.....	36
Figura 20 - Gerenciamento de clientes.....	38
Figura 21 - Interface do Terminal da mikrotik.....	38
Figura 22 - Teste de PING cliente sem vista ampla da torre de distribuição.....	39
Figura 23 - Teste de PING - com visada ampla para a torre.....	40
Figura 24 - Teste de PING usuário fibra óptica próxima ao servidor.....	41
Figura 25 - Teste de PING usuário fibra óptica distante do servidor.....	42
Figura 26 - Análise de canais em roteadores.....	455

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Resumo dos resultados de PING Clientes A (Rádio) e B (Fibra).	43
Quadro 2 - Materiais e Custos de investimento via rádio.	46
Quadro 3 - Materiais e Custos de investimento em fibra óptica.	47
Quadro 4 - Comparação das características entre as duas tecnologias.	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRANET	Associação Brasileira de Internet
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
AP	<i>Access Point</i>
BL	Banda Larga
COVID-19	Doença do coronavírus
EPON	<i>Passive Optical Network</i>
FTTH	<i>Fiber to the Home</i>
GHz	Giga-hertz
GPON	<i>Gigabit Passive Optical Network</i>
HOST	Hospedeiro
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronic Engineers</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
ISP	Provedor de Serviço de Internet
ITU-T	<i>International Telecommunication Union</i>
OLT	Terminal de Linha Óptica
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONT	Terminal de Rede Óptica
ONU	<i>Optical Network Unit</i>
PING	<i>Packet Internet Network Grouper</i>
PPOE	<i>Point-to-Point Protocol over Ethernet</i>
PPP	<i>Point-to-Point Protocol</i>
PTP	<i>Point-to-Point</i>
RB	<i>Routerboard</i>
SCM	Serviço de Comunicação Multimídia
SFP	<i>Small Form Factor Pluggable</i>
SLIP	<i>Serial Line Internet Protocol</i>
TCP	Protocolo de Controle de Transmissão
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
WLAN	<i>Wireless Local Area Network</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 <i>Justificativa</i>	16
1.2 Objetivos	16
1.2.1 <i>Objetivo Geral</i>	16
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i>	16
1.3 Estrutura do Trabalho	17
2 REFERÊNCIAL TEÓRICO	17
2.1 <i>Via Rádio</i>	17
2.2 Padrão IEEE 802.11	19
2.3 Protocolo PPPoE	19
2.4 Estrutura de um Provedor de Internet Via Rádio	20
2.5 <i>Fibra Óptica</i>	21
2.6 Redes Ópticas Passivas	22
2.7 Projeto de Rede Fibra Óptica - FTTH	24
2.8 <i>Topologias de Rede</i>	26
2.8.1 Ponto a Ponto	27
2.8.2 Barramento	27
2.8.3 Anel	28
2.8.4 Estrela	28
2.8.5 Malha	29
2.8.6 Árvore	30
2.8.7 Híbrida	30
3 METODOLOGIA	32
3.1. Estrutura do Provedor de Internet em Umarizal	32
3.2 <i>Esquema da Rede de Internet em Umarizal</i>	34
3.2.1 Distribuição	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
4.1 Análise do Ping Entre as Duas Tecnologias	37
4.1.1 Cliente A (Via Rádio)	39
4.1.2 Cliente B (Fibra Óptica)	41
4.1.3 <i>Velocidade</i>	43

<i>4.2 Análise de Custos</i>	46
<i>4.3 Vantagens e Desvantagens</i>	47
5 CONCLUSÃO	49
REFERÊNCIAS	50

1 INTRODUÇÃO

O mundo vem passando por transformações ao longo dos anos em diversos aspectos e a internet é um marco que mudou o modo de vida das pessoas. A internet “é uma rede de computadores que conecta milhares de dispositivos ao redor do mundo” (KUROSE, 2013). É o sistema constituído do conjunto de protocolos lógicos, estruturado em escala mundial para uso público e irrestrito, com a finalidade de possibilitar a comunicação de dados entre terminais por meio de diferentes redes (BRASIL, 2014).

Segundo Macedo *et al.* (2018), uma rede de computadores consiste em um conjunto de dispositivos autônomos e interconectados com a finalidade de trocar dados por meio de uma única tecnologia.

No caso específico da internet, a comunicação ocorre através de uma linguagem ou protocolo específico, chamado TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*), que lê a informação transmitida e a envia para o destino estabelecido pelo usuário (OLIVEIRA, 2007).

Desde a popularização da internet para fins domésticos, o número de usuários vem aumentando gradativamente. De acordo com a Internet World Stats¹, em abril de 2022, havia cinco bilhões de usuários de Internet em todo o mundo, o que representa 63% da população global.

Com o surgimento do vírus da Covid-19, declarada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) em março de 2020, foram determinadas medidas preventivas, como o distanciamento e isolamento social, com isso as pessoas não podiam sair para trabalhar, estudar, passear, entre outras tarefas cotidianas.

Diante do acontecido, as tecnologias digitais exerceram um papel fundamental na continuação das atividades interrompidas pelo vírus da Covid-19, que passaram a ser realizadas de forma remota, dependendo diretamente da internet. A tecnologia de informação foi um dos grandes diferenciais no contexto pandêmico, servindo como uma forma de disseminação de informações, usada por todos os segmentos da sociedade, do governo e demais entidades (DAVI; OLIVEIRA, 2007).

¹ "Internet World Stats - Usage and Population Statistics." <https://www.internetworldstats.com/>. Acessado em 21 jul. 2022.

A internet foi essencial para que os dispositivos digitais, como celulares e computadores, localizados em diferentes lugares pudessem se comunicar. A sociedade atual vive uma grande era da globalização, que está cada vez mais conectada pelo uso da internet. Durante a pandemia esse cenário se difundiu ainda mais tornando o momento atual um grande marco na sociedade moderna (BEAUNOYER; DUPÉRE; GUITTON, 2020).

No Brasil, uma pesquisa realizada pelo site NIC.br² em abril de 2022, revelou os hábitos dos usuários de internet durante a pandemia, em 2021. De acordo com o estudo, durante a pandemia, 99% dos usuários brasileiros utilizaram o celular para acesso à internet. O estudo também apontou que 94% dos domicílios brasileiros possuem acesso à internet. Além disso, os brasileiros realizaram diversas atividades na internet, incluindo: compra de produtos e serviços pela internet, serviços públicos *on-line*, ensino remoto e trabalho. E cerca de 89% dos usuários assiste a vídeos, programas, filmes ou séries pela internet.

Com mais pessoas conectadas à internet e usando diferentes plataformas digitais ao mesmo tempo, a procura por internet banda larga (BL) aumentou. Segundo uma pesquisa elaborada pela Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL), a internet banda larga conquistou mais de 5 milhões de assinantes em 2021 no Brasil, um crescimento de 14% no número de acessos, saltando de 36,3 milhões de usuários registrados em dezembro de 2020 para 41,4 milhões identificados no ano de 2019. A internet banda larga é caracterizada por transmitir internet em alta velocidade e estabilidade, correspondendo as exigências dos usuários.

Uma banda larga de alta velocidade é vista internacionalmente como um elemento-chave para o desenvolvimento econômico. Além de abrir a possibilidade de mais acesso a informação, cultura e educação, ela é essencial para aumentar a produtividade, criar empregos de melhor qualidade e diversificar a economia (MACHADO, 2017).

Nos grandes centros urbanos o acesso à internet banda larga está disponível nos dispositivos móveis através da tecnologia 3G, 4G e 5G fornecida pelas grandes operadoras de telefonia do país, porém, não é realidade em várias cidades distantes dos grandes centros urbanos. É o caso da comunidade quilombola de Umarizal,

² "Na Mídia - O impacto da pandemia no uso da Internet - NIC.br." 7 abr. 2022, <https://www.nic.br/noticia/na-midia/cyber-cultura-o-impacto-da-pandemia-no-uso-da-internet/>. Acessado em 26 jul. 2022.

zonara rural de Baião – PA, onde esse tipo de tecnologia não está disponível, sendo possível o acesso à internet banda larga através dos ISPs (*Provedores de Serviço de Internet*) que fornecerem banda larga fixa.

O serviço de banda larga fixa, chamado pela Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel) de Serviço de Comunicação Multimídia (SCM) busca atender as necessidades dos consumidores relativas a lazer, educação à distância, pesquisas, teletrabalho, visualização, criação e compartilhamento de conteúdo, através do consumo online de textos (notícias), áudios, vídeos, e uma série de outras funcionalidades. (ANDRADE, 2023)

Nesse contexto pandêmico, os ISPs se estabeleceram como uma alternativa de fornecimento do serviço de banda larga fixa, através da tecnologia via rádio ou fibra óptica, exercendo o papel de distribuidor e interconector da rede mundial de computadores, a Internet, em conformidade com as normas da ANATEL.

A Lei Nº 12.965 de 23 de abril de 2014 (Marco Civil da Internet), que estabelece princípios, garantias, direitos e deveres para o uso da internet no Brasil, contribuiu para a regulamentação e expansão dos provedores. Segundo o site cetic.br, em 2021, existiam 12.826 provedores de Internet no Brasil.

Com base nas informações apresentadas, na Comunidade Quilombola de Umarizal, Município de Baião/PA, durante o período da pandemia da covid-19, os moradores também sofreram com as ações preventivas impostas à sociedade. Diferentes dos centros urbanos, ficaram à deriva, pois dependiam diretamente da zona urbana da cidade de Baião para realizar atividades financeiras e comerciais. Internamente as escolas e outros serviços foram interrompidos, os discentes das universidades UNIFESSPA (Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará) e UFPA (Universidade Federal do Pará) retornaram à comunidade, os idosos foram isolados e moradores de outras localidades foram impedidos de circular dentro dos limites territoriais da vila.

Em contrapartida, os moradores buscaram alternativas para continuar as atividades remotamente e a internet contribuiu para isso. É nesse contexto, que o provedor de internet Conect-A&D que está há mais de 10 anos em funcionamento e foi pioneiro na implantação e distribuição de internet nesta comunidade, é objeto de estudo desta pesquisa.

1.1 Justificativa

No início da pandemia o governo brasileiro e as instituições de ensino ainda não haviam elaborado uma estratégia de continuidade das atividades ora interrompidas. O provedor em questão fornecia internet com a tecnologia via rádio que neste período supriu as necessidades dos usuários.

Com o passar dos meses do ano de 2020, o número de usuários aumentou significativamente e com o advento das plataformas digitais de acesso remoto como o *Google Meet*, *Zoom*, *Microsoft Teams*, *Discord* e outras tecnologias passaram a exigir mais Mbps (megabits por segundo) de internet. Com isso, para suprir as necessidades e demandas durante e pós-pandemia da covid-19, o provedor integrou em seu sistema a tecnologia fibra óptica.

Neste sentido, o presente trabalho visou analisar a tecnologia via rádio e fibra óptica em funcionamento no Provedor Conect_A&D, de maneira a realizar uma análise, buscando comparar qual das duas tecnologias é mais estável, a que transmite mais dados, qual o custo-benefício e em qual cenário é mais adequado utilizá-las, entre outras análises práticas, visto que as duas tecnologias são importantes e viáveis dependendo do cenário e localidade.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar as tecnologias via rádio e fibra óptica que estão em funcionamento no provedor de Internet na Comunidade Quilombola de Umarizal, Baião.

1.2.2 Objetivos específicos

- Apresentar as tecnologias usadas no provedor de internet;
- Comparar os tipos de tecnologias via rádio e fibra óptica;
- Apresentar as vantagens e desvantagens;
- Avaliar o custo-benefício;
- Comparar na prática as duas tecnologias.

1.3 Estrutura do Trabalho

Quanto à estrutura do trabalho, os próximos capítulos encontram-se da seguinte forma: O capítulo 2 destaca o referencial teórico da tecnologia via rádio e fibra óptica, bem como a fundamentação das topologias, infraestrutura de rede e cabeamento estruturado. O capítulo 3 mostra a metodologia e a definição de projetos de rede e seus principais protocolos de comunicação, a estrutura do provedor e como está distribuído. O capítulo 4 aborda os resultados e discussões desta pesquisa, analisa o PING, a velocidade, canal de roteadores custos e as vantagens e desvantagens das tecnologias via rádio e fibra óptica.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

Neste capítulo serão abordados os principais conceitos e características das tecnologias via rádio e fibra óptica e as topologias de rede.

2.1 Via Rádio

A internet via rádio é denominada WLAN (*Wireless Local Area Network*), uma rede local que utiliza ondas de rádio para fazer a comunicação entre os equipamentos da rede. Está entre a opção mais usada pelos pequenos e médios provedores para levar conexão às localidades mais remotas (POSSEBON, 2014). Para que essa tecnologia alcance o usuário final, precisa de um sistema que possibilite emitir ondas de radiofrequência por antenas instaladas em torres em pontos estratégicos. Essas ondas são captadas pela antena na casa do assinante. Esse equipamento capta o sinal que foi enviado pela torre de rádio e o transfere para o roteador e demais dispositivos eletroeletrônicos, chamados hospedeiros (*hosts*), que possibilita a conexão com a internet.

Em função desse processo da transmissão das ondas de uma torre para antena, locais altos sem árvores ou prédios por perto são mais indicados para esse tipo de conexão.

A transmissão via rádio caracteriza-se da seguinte forma:

As ondas de rádio são fáceis de gerar, podem percorrer longas distâncias e penetrar facilmente nos prédios; portanto, são amplamente utilizadas para comunicação, seja em ambientes fechados ou abertos. As ondas de rádio também são omnidirecionais, o que significa que elas viajam em todas as direções a partir da fonte; desse modo, o transmissor e o receptor não precisam estar cuidadosa e fisicamente alinhados (TANENBAUM, 2011).

Outra característica para a distribuição do sinal via rádio é a classificação da rede WLAN em *outdoor* e *indoor*.

A rede é classificada como *outdoor* quando o sinal de radiofrequência é transmitido através do espaço livre em ambientes externos, e em sua maioria com visada direta e de longo alcance à rede. Rede *indoor* é uma classificação dada à rede que transmite um sinal de rádio em ambiente fechado e normalmente com obstáculos (POSSEBON, 2014).

A questão do *outdoor* e *indoor* possibilita a conexão em comunidades rurais, pois conforme o ambiente os equipamentos das redes WLAN são configurados para operar de acordo com a necessidade. Nesse contexto, os pequenos provedores de acesso à internet ganharam espaço e se tornaram o principal meio de prover os serviços de telecomunicações via rádio em diferentes localidades rurais do país e “já lideram o mercado em mais de 1.200 municípios e são responsáveis por 12% do total de conexões no país”, segundo a análise da (ANATEL), publicada em 2018.

Em uma pesquisa recente, esses dados foram evidenciados e publicados pelo site Abranet (Associação Brasileira de Internet) em junho de 2022 e podem ser vistos na Figura 1.

Figura 1 - Domicílios com acesso à internet, por área (2008-2021).



Fonte: Abranet (2022).

Conforme apresentado na pesquisa feita pela Abranet, houve um aumento no acesso à internet entre os anos de 2008 a 2021 com ênfase nas áreas rurais, o que

levou os provedores a investirem em uma alternativa para levar conexão aos interiores que a princípio optaram pela internet via rádio.

2.2 Padrão IEEE 802.11

No que se refere aos equipamentos, existe uma classificação de protocolos que são utilizados para padronizar os dispositivos que usam rede *wireless*. Os padrões IEEE 802.11 são bastante utilizados pelos provedores. A IEEE (Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos) é quem estabelece a padronização dos equipamentos.

Essa proliferação de padrões significava que um computador equipado com um rádio da marca X não funcionaria em uma sala equipada com uma estação base da marca Y. Finalmente, a indústria decidiu que um padrão de LAN sem fio poderia ser uma boa idéia, e assim o comitê do IEEE que padronizou as LANs sem fios recebeu a tarefa de elaborar um padrão de LANs sem fios. O padrão recebeu o nome 802.11. Um apelido comum para ele é WiFi. Trata-se de um padrão importante e que merece respeito, e assim vamos chamá-lo por seu nome correto, 802.11 (TANENBAUM *et al.*, 2011).

Devido à crescente demanda por conexões mais rápidas e confiáveis resultou em um avanço do protocolo WiFi. Na medida em que a tecnologia evoluiu novos padrões foram desenvolvidos ao longo do tempo. Entre estas pode-se citar: 802.11a (transmissão até 54 Mbps, operando na faixa 5,1-5,8 GHz); 802.11b (transmissão até 11 Mbps, operando na faixa 2,4-2,485 GHz) e 802.11g (transmissão até 54 Mbps, operando na faixa 2,4-2,485 GHz). (KUROSE; ROSS, 2006).

A mais recente evolução do padrão IEEE é o 802.11n. A largura de banda de até 300 Mbps, o alcance de 70 metros e a atuação nas frequências de 2,4GHz e 5GHz, que usa diversas antenas para transferência de dados de um lugar para outro, tem como benefício principal o aumento da largura da banda e o alcance (RAMOS, 2020).

2.3 Protocolo PPPoE

Este protocolo é usado pelos provedores de serviço de internet com a finalidade de autenticar os clientes e garantir a segurança de uma conexão com o provedor de acesso à internet e o usuário através de uma autenticação definida para cada um, com usuário e senha. O PPPoE estabelece a sessão e realiza a

autenticação com o provedor de acesso à internet. “No final da década de 80, o *Serial Line Internet Protocol* (SLIP) estava limitando o crescimento da internet. O *Point-to-Point Protocol* (PPP) foi criado para resolver problemas de conectividade remota com a Internet” (FERNANDES, 2009).

O PPPoE (*Point-to-Point Protocol over Ethernet*) é um protocolo para conexão de usuários em uma rede Ethernet à internet. O protocolo PPPoE deriva do protocolo PPP, estabelecendo a sessão e realiza a autenticação com o provedor de acesso à Internet (SOARES; MARTINS, 2017).

2.4 Estrutura de um Provedor de Internet Via Rádio

Os equipamentos básicos para montar uma estrutura via rádio são uma RB (*RouterBoard*)³, Painel ou Setorial⁴, antenas para PTP (ponto a ponto) de longo alcance, cabos de rede, conectores RJ45, equipamentos de atendimento na casa dos usuários, roteadores entre outros materiais necessários. Essa estrutura é montada em uma torre para recebimento e distribuição do *link*⁵ de internet.

A Figura 2 ilustra como ocorre a distribuição dos equipamentos de um provedor via rádio.

Figura 2 - Estrutura de Provedor via rádio.



Fonte: i7telecom (2017).

³ "Routerboard: um mundo de possibilidades para gerenciamento de ." 30 nov.. 2020, <https://www.dicomp.com.br/noticia/155/routerboard-um-mundo-de-possibilidades-para-gerenciamento-de-redes>. Acessado em 12 ago.. 2022.

⁴ "Antenas Setoriais - Redes Wireless - ConectWi." <https://www.conectwi.com.br/redes-wireless/encontre-as-melhores-opcoes-de-antenas-setoriais-aqui-na-conectwi.html>. Acessado em 12 ago.. 2022.

⁵ "Significado de Link (O que significa, Conceito e Definição)." <https://www.significados.com.br/link/>. Acessado em 12 ago. 2022.

Toda a estrutura da internet via rádio depende da localização em que será instalada a torre para recebimento e transmissão do *link*, pois essa decisão implicará na distribuição e na qualidade do serviço. “As ondas eletromagnéticas propagam-se em qualquer meio. Efeitos da superfície da terra e atmosféricos afetam sua propagação, o que implica diretamente no desempenho da onda” (POSSEBON, 2014).

2.5 Fibra Óptica

Diante do cenário de alto consumo de pacotes de dados, a internet fibra óptica ganha espaço no mercado da tecnologia pela velocidade e melhor desempenho na entrega deste serviço. Inventada há mais de 50 anos, a fibra óptica é capaz de transportar dados na velocidade da luz.

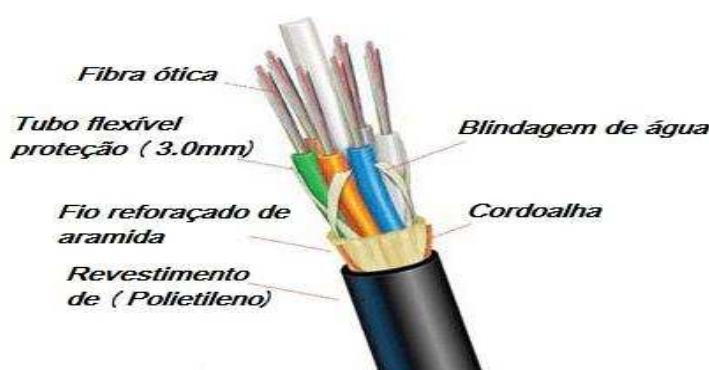
Vieira (2017), diz o seguinte sobre a fibra óptica:

Conceitualmente a Fibra Óptica é caracterizada por ser uma tecnologia avançada que chega através de cabos físicos que circulam pelos postes até a chegada na residência ou ponto comercial dos clientes, conferindo maior estabilidade e confiabilidade de altas taxas de banda de internet. O cabo de Fibra Óptica é consideravelmente mais veloz, mais leve e mais durável que os meios com fios metálicos, sendo mais adequado a sistemas que exigem transferência de grandes volumes de dados.

Os cabos são fabricados em materiais transparentes como fibras de vidro ou plástico e são utilizados como meio de propagação da luz. “Pode transportar a luz a distâncias que vão de alguns centímetros a mais de 160 km. As fibras ópticas operam individualmente ou em feixe. Algumas fibras isoladas têm menos de 0,025 mm de diâmetro” (BERTOZZI, 1994).

Na Figura 3 pode ser visto com detalhe o encapsulamento do cabo de fibra óptica.

Figura 3 - Cabo de Fibra Óptica.



Fonte: Mauricio (2020)

2.6 Redes Ópticas Passivas

Uma rede PON é uma rede óptica ponto-multiponto que viabiliza o compartilhamento de uma única fibra óptica entre diversos pontos finais (usuários) (SILVA, 2018).

A rede óptica passiva ou PON, é projetada para permitir que uma única fibra de um provedor de serviços mantenha uma conexão de banda larga eficiente para vários usuários finais. Esses usuários finais geralmente são clientes individuais que usam PONs em um ambiente comercial. As Redes PONs, são conhecidas como redes de alta velocidade e excelente performance. No Brasil, esse tipo de tecnologia vem ganhando excelente projeção devido a suas características (ARAÚJO, 2019).

Com o passar dos anos, e a chegada de novos serviços e aplicações que necessitam de maiores larguras de banda, houve um amadurecimento no desenvolvimento das arquiteturas de rede PON que chegaram com uma nova proposta de compartilhar a larga banda disponibilizada pela fibra entre os diversos usuários, utilizando um splitter óptico. Serviços e aplicações como: computação em nuvem (cloud computing), vídeo sob demanda (VoD), videoconferência, transferência de imagens de alta resolução, televisão de alta definição (HDTV High Definition Television), entre outras, já são realidade e a demanda por largura de banda continua crescendo de forma ascendente, tanto no downstream quanto no upstream. (RAMOS; NEVES; 2018)

Na rede passiva, a maioria dos equipamentos não necessita está ligado à rede elétrica, existe somente dois pontos ligados à rede elétrica que seria a OLT (terminal de linha óptica), esse equipamento pode ser encontrado na central da empresa contratada e a ONU (*Optical Network Unit*), que é alocado dentro da casa do cliente (FREITAS, 2022).

A arquitetura típica de uma rede PON contendo somente componentes ópticos passivos é apresentada na Figura 4.

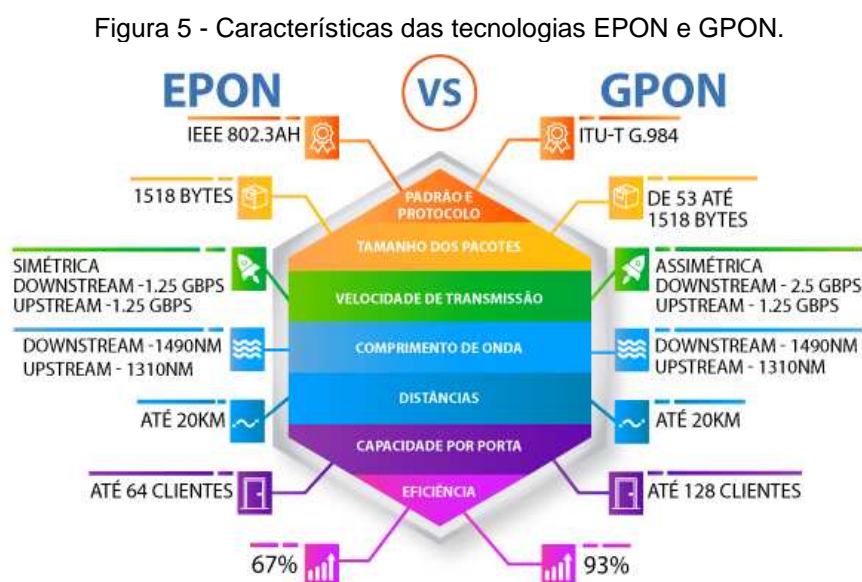


Fonte: Teleco (2023).

A utilização de elementos passivos é a característica mais importante das redes PON. O termo passivo se origina da principal característica dessa rede, uma vez que não existem elementos ativos, ou seja, elementos que necessitem de energia elétrica para seu funcionamento (PICIN; GIMENEZ, 2015). Dependendo da quantidade de clientes que o provedor de serviços irá atender, a rede poderá ser projetada com umas das versões PON, (EPON ou GPON), visto que possuem características diferentes.

O EPON tem taxas de fracionamento de 1:16 e 1:32 e trabalha com largura de banda média por usuário de 60 e 30 Mbit/s respectivamente, a organização responsável pelo EPON é o IEEE e suas especificações estão definidas no IEEE 802.3ah. Provê taxas de 1 Gbit/s tanto para downstream usando comprimento de onda de 1490 nm (voz e dados) e 1550 nm (vídeo), como para Upstream usando comprimento de onda de 1310 nm. As OLT's no EPON podem se conectar a 16 ou 32 ONU's. O GPON é um padrão definido pelo ITU-T, possui uma razão de divisão de 1:64 e uma previsão no avanço das tecnologias usadas para a utilização de uma razão de divisão de 1:128, podendo assim obter maior suporte de acordo com a evolução no número de ONT's e ONU's gerenciados por cada OLT. (SILVA, 2018)

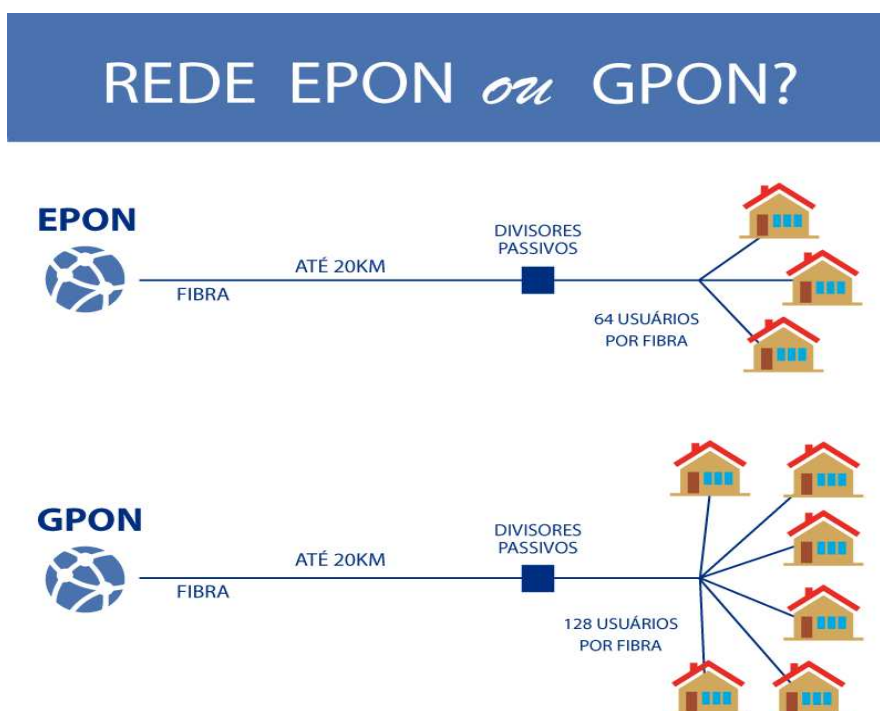
A Figura 5 representa as características da tecnologia EPON e GPON.



Fonte: Fibracem (2019).

A tecnologia EPON atende as necessidades de pequenos e médios provedores, podendo atender até 512 ONU simultaneamente. Ao ultrapassar esse número o ideal é usar a tecnologia GPON. A Figura 6 representa a estrutura de Rede com o equipamento OLT nas versões EPON e GPON.

Figura 6 - Estrutura de Rede com OLT EPON e GPON.



Fonte: Fibracem (2019).

Partindo da estrutura de rede EPON e GPON, o provedor de internet tem duas opções de investimento em tecnologia fibra óptica. A viabilidade de escolha será determinada pelo projeto de Rede FTTH (*Fiber to the home*) “fibra para casa” que contempla a implementação de fibra óptica em toda a rede de acesso, ou seja, desde a central de distribuição, até ao equipamento final, colocado na residência do cliente (MENESES FILHO, 2018).

2.7 Projeto de Rede Fibra Óptica - FTTH

Ao pensar em uma estrutura de rede fibra óptica, antes de tudo deve-se ter em mãos um projeto com o levantamento total da área onde serão instaladas a rede principal e os equipamentos que levam a internet via fibra até os usuários. A Figura 7 representa o projeto FTTH elaborado para a comunidade de Umarizal, indicando a quantidade de materiais necessários para a implantação da tecnologia fibra óptica, como cabo óptico, CTO, CEO e demais equipamentos.

A Figura 7 apresenta um projeto de rede de fibra óptica.

Figura 7 - Projeto para implantação de Rede Fibra Óptica na Comunidade Quilombola de Umarizal.

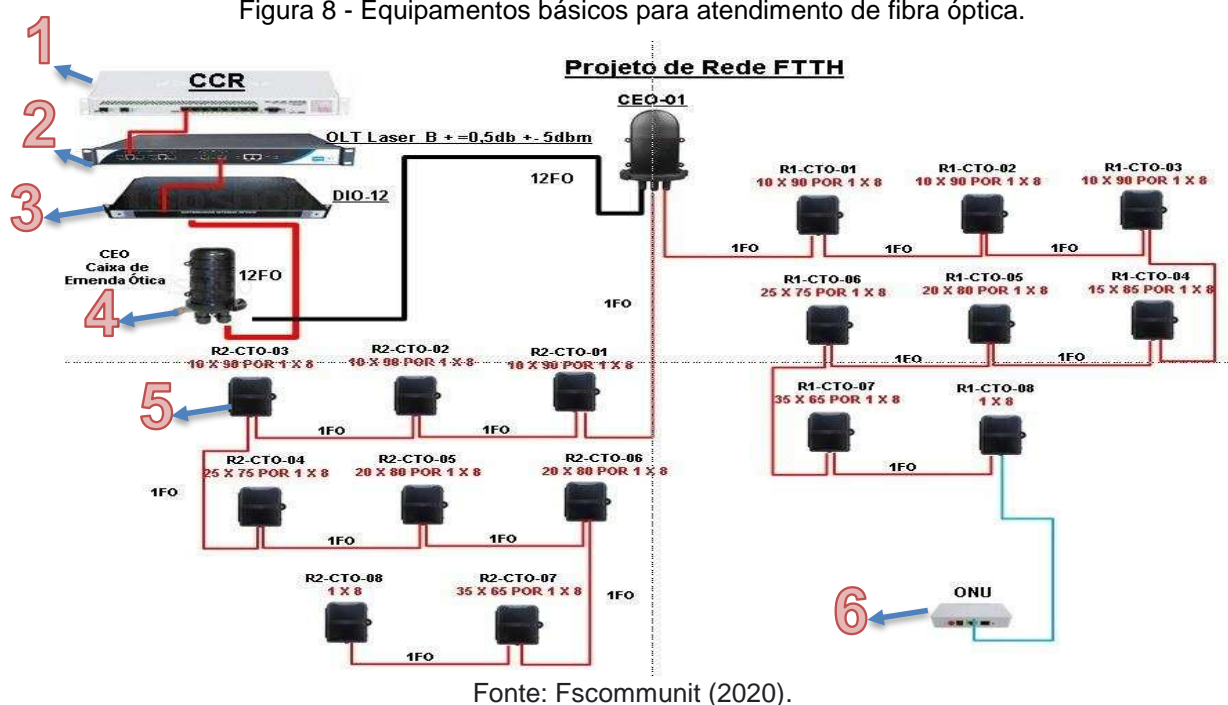


Fonte: Próprio Autor (2020).

Com o projeto finalizado, tem-se a ideia geral dos tipos de fibras utilizadas para a construção do FTTH e todo o caminho que ela percorre da central de equipamentos até a residência do usuário. (MARTINS, 2008). A compra dos materiais torna-se mais eficaz, visto que se tem a visão geral dos tipos de equipamentos necessários e a quantidade. E também é possível saber quais padrões e protocolos usar e qual tecnologia trabalhar, seja ela GPON ou EPON.

A Figura 8 ilustra os principais equipamentos usados em uma rede de fibra óptica.

Figura 8 - Equipamentos básicos para atendimento de fibra óptica.



A Figura 8 ilustra no item 1 um equipamento da mikrotik ccr que realiza o gerenciamento dos clientes como adicionar, excluir, controle de banda, entre outras funções, o 2 é uma OLT (terminal de linha óptica) é o equipamento responsável por gerir e distribuir o acesso aos serviços de dados e *streaming*, o item 3 é uma DIO (Distribuidor interno óptico) que serve para acomodar e proteger as fusões feitas entre os cabos ópticos e as extensões ópticas permitindo organizar e armazenar o cabeamento que faz a estrutura de uma rede fibra óptica. Os 3 primeiros itens são fixados no rack do servidor. No item 4 temos uma CEO (Caixa de emenda óptica) onde são acomodadas as emendas dos cabos ópticos lançados nos postes, o 5 é uma CTO (caixa de terminação óptica) é usado para distribuição de cabeamento de cabo drop até o usuário final que receberá internet no equipamento ilustrado no item 6 da Figura 8. O que determina o tipo de tecnologia EPON ou GPON a ser usados são o número de clientes, a quantidade de *links*, entre outros fatores.

2.8 Topologias de Rede

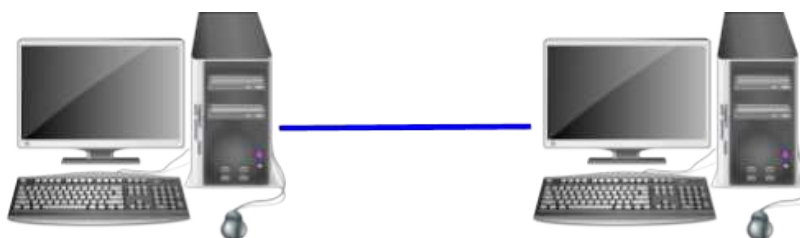
A topologia de uma rede de computadores pode ser definida como o modo pelo qual as estações (sistemas terminais) ligadas a uma rede estão interconectadas (STALLINGS, 1997).

2.8.1 Ponto a Ponto

Este tipo de topologia é usado para interconectar dois dispositivos de uma ponta a outra. São interligados diretamente através de um meio de transmissão. É uma estrutura de baixo custo e fácil implementação. O problema deste tipo de topologia é a baixa segurança e problemas para aumentar de tamanho.

A topologia ponto a ponto pode ser empregada apenas para prover a conectividade entre dois dispositivos ou em redes de comunicação par a par. Em algumas situações, pode ser interessante interligar dois dispositivos diretamente para trocar dados. (MACEDO, 2018). A Figura 9 ilustra a topologia ponto a ponto.

Figura 9 - Exemplo de topologia ponto a ponto.

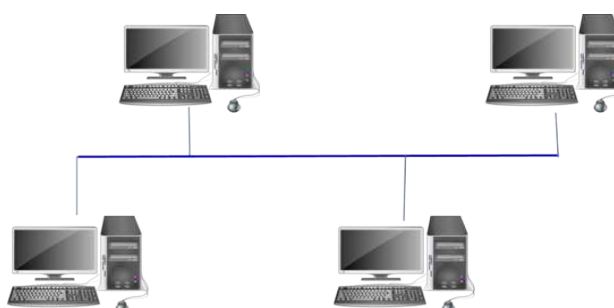


Fonte: Yuri Matheus (2018).

2.8.2 Barramento

Na topologia em barramento, todos os dispositivos são conectados a um único cabo, chamado de barramento, sendo uma desvantagem, pois se o cabo principal apresentar um problema, toda a rede fica comprometida. A vantagem é a simplicidade na instalação, conectando ou desconectando o cabo no barramento. As principais aplicações da topologia física de barramento consistem nas redes com cabos coaxiais, redes sem fio e redes de fibra óptica. Na Figura 10 pode ser vista um exemplo de barramento.

Figura 10 - Exemplo de topologia em barramento.

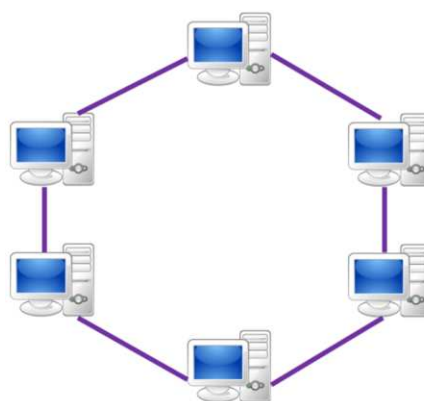


Fonte: Yuri Matheus (2018).

2.8.3 Anel

A topologia em anel, os computadores estão organizados em série, formando um circuito fechado. É um tipo de rede de computadores em que os dispositivos estão conectados em uma forma circular fechada, onde cada dispositivo está conectado ao dispositivo vizinho. Uma vantagem da topologia anel consiste na facilidade de uma mensagem ser entregue a todos os demais computadores de uma rede, porém, a topologia em anel também apresenta desvantagens em relação às falhas e ao atraso no processamento de dados. Os enlaces que interligam os dispositivos e os próprios dispositivos da rede não são imunes a falhas. A Figura 11 ilustra a topologia em anel.

Figura 11 - Exemplo de topologia anel.



Fonte: Fábio dos Reis (2016).

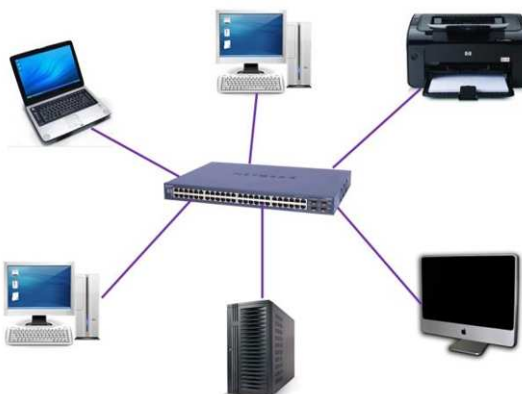
2.8.4 Estrela

Neste tipo, todos os dispositivos da rede estão conectados a um único ponto central, como um *switch* ou um *hub*. Sempre que um computador deseja enviar pacotes para um determinado destino, esses dados deverão obrigatoriamente passar pelo nó central (MACEDO, 2018).

Na sequência, o nó central possui informações como repassar as informações para os demais computadores da rede, essa configuração oferece várias vantagens. Primeiro, a topologia em estrela facilita o gerenciamento da rede, pois cada dispositivo se comunica diretamente com o ponto central. Isso torna mais fácil a identificação e resolução de problemas. Se um dispositivo apresentar algum problema, os outros dispositivos continuarão funcionando normalmente, já que não

dependem uns dos outros para transmitir dados. A Figura 12 ilustra a topologia estrela.

Figura 12 - Exemplo de topologia estrela.



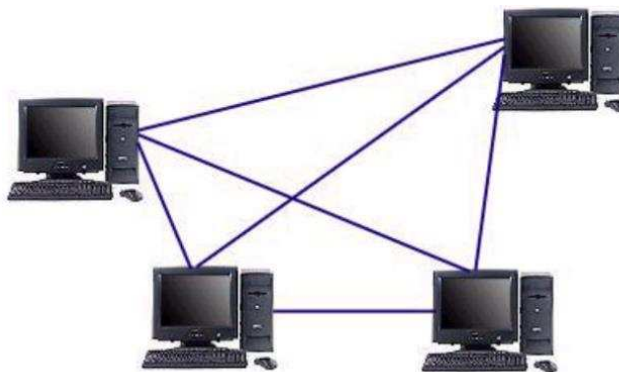
Fonte: Fábio dos Reis (2016).

Essa topologia de rede é usada na maioria das redes locais (LAN), seja de um escritório, uma casa ou uma universidade, possuem um conjunto de computadores que estão diretamente conectados a um roteador, *switch* ou *hub* para trocar dados. (MACEDO, 2018).

2.8.5 Malha

Uma rede de computadores organizada em topologia em malha possui duas propriedades principais, os dispositivos podem se comunicar entre si, desde que ambos estejam ao alcance um do outro. (MACEDO, 2018). Devido os dispositivos comunicar-se um com os outros, a chance de falhas é menor, se um falhar não prejudicará os demais. A Figura 13 ilustra a topologia de rede em malha.

Figura 13 - Exemplo de topologia malha.



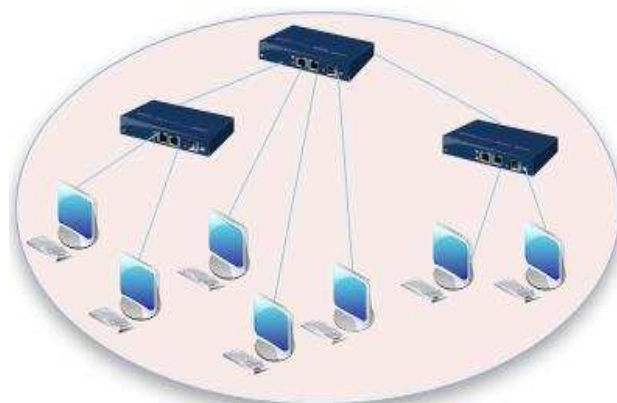
Fonte: Fábio dos Reis (2016).

2.8.6 Árvore

A topologia de rede árvore consiste na união de outras topologias em um mesmo barramento. Esta topologia em árvore nada mais é do que a visualização da interligação de várias redes e sub-redes (FRANCISCATTO *et al.*, 2014).

Possui uma estação central onde as outras se comunicam, o formato em árvore possui essa característica por conter o elemento central referenciado como raiz e as ramificações das extremidades são denominadas de folhas. A Figura 14 ilustra a topologia em árvore.

Figura 14 - Exemplo de topologia árvore.



Fonte: Fábio dos Reis (2016).

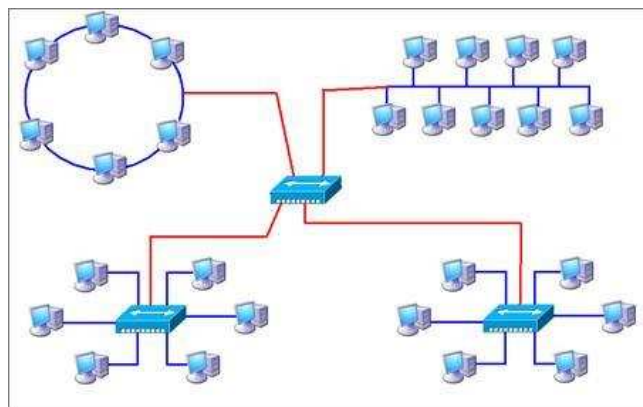
2.8.7 Híbrida

A topologia híbrida é composta de duas ou mais tipologias, é aplicada em redes maiores que uma LAN. É chamada de topologia híbrida, pois pode ser formada por diferentes tipos de topologia, ou seja, é formada pela união, por exemplo, de uma rede em barramento e uma rede em estrela, entre outras. (FRANCISCATTO *et al.*, 2014).

Uma das vantagens para empresas e demais organizações é o aproveitamento da estrutura existente no processo de ampliação usando outras topologias. É confiável, suporta grande quantidade de tráfego e pode ser modificado de acordo com a necessidade. As desvantagens são a complexidade da implantação do projeto, equipamentos caros e infraestrutura.

Na Figura 15 pode ser vista a topologia de rede híbrida composta por várias topologias.

Figura 15 - Exemplo de topologia híbrida.



Fonte: Paulo Neiva (2023).

Entre os tipos de topologias existentes, no provedor da comunidade de Umarizal a topologia usada é híbrida por se tratar de uma rede via rádio e fibra óptica, ambas com estruturas físicas topológicas diferentes.

3 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho foi um estudo de campo. A pesquisa de campo caracteriza-se pelas investigações em que, além da pesquisa bibliográfica e/ou documental, se realiza coleta de dados junto a pessoas, com o recurso de diferentes tipos de pesquisa (pesquisa ex-post-facto, pesquisa-ação, pesquisa participante, etc.) (FONSECA, 2002). Quanto a abordagem, foi utilizado a pesquisa qualitativa, utilizando os recursos tecnológicos, como ferramentas e aplicativos digitais para medir a qualidade das tecnologias via rádio e fibra óptica.

Na abordagem qualitativa o pesquisador não se preocupa em quantificar os fatos, Gerhardt e Silveira (2009) define o seguinte:

Os pesquisadores que utilizam os métodos qualitativos buscam explicar o porquê das coisas, exprimindo o que convém ser feito, mas não quantificam os valores e as trocas simbólicas nem se submetem à prova de fatos, pois os dados analisados são não-métricos (suscitados e de interação) e se valem de diferentes abordagens.

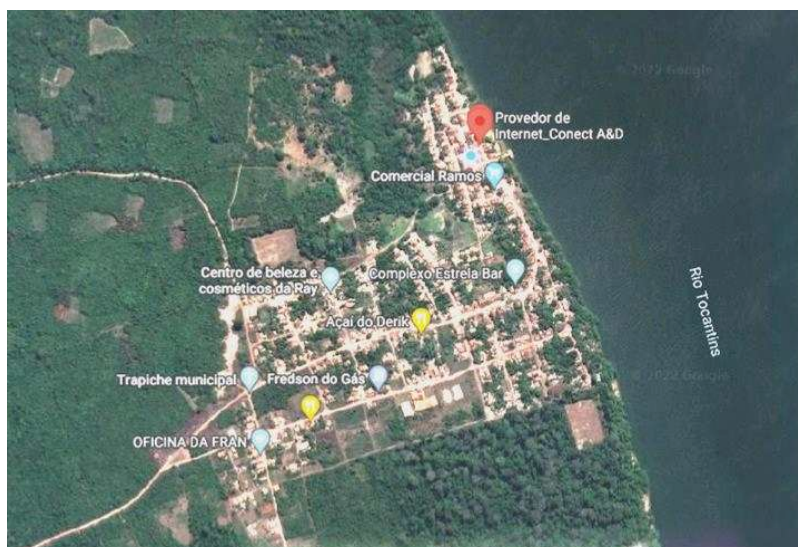
Com esses métodos buscaram-se analisar as duas tecnologias em funcionamento no provedor de internet conect-A&D, da comunidade quilombola de Umarizal-Baião. A pesquisa foi realizada nos anos de 2020 a 2021. Nos próximos tópicos serão detalhadas as informações da estrutura, esquema de rede, distribuição, resultados e discussões, análise de custos, vantagens e desvantagens e conclusão.

3.1. Estrutura do Provedor de Internet em Umarizal

A comunidade Quilombola de Umarizal, zona rural do Município de Baião, está localizada à margem esquerda do rio Tocantins, é uma comunidade remanescente de Quilombos com uma população com mais de 2.500 mil habitantes, segundo relatório realizado pela Escola Polo de Umarizal em 2013.

A Figura 16 ilustra a localização de Umarizal-Baião onde está implantado o provedor de internet.

Figura 16 - Localização de Umarizal-Baião.



Fonte: Google Maps (2022).

A localidade possui uma área extensa de árvores de grande porte e matas de preservação. Por terra, está distante 120 km da cidade de Tucuruí - PA e 100 km da cidade de Cametá - PA. A Figura 17 ilustra com mais detalhes o cenário de Umarizal.

Figura 17 - Umarizal atualmente.



Fonte: Huroshi Bogéa (2022).

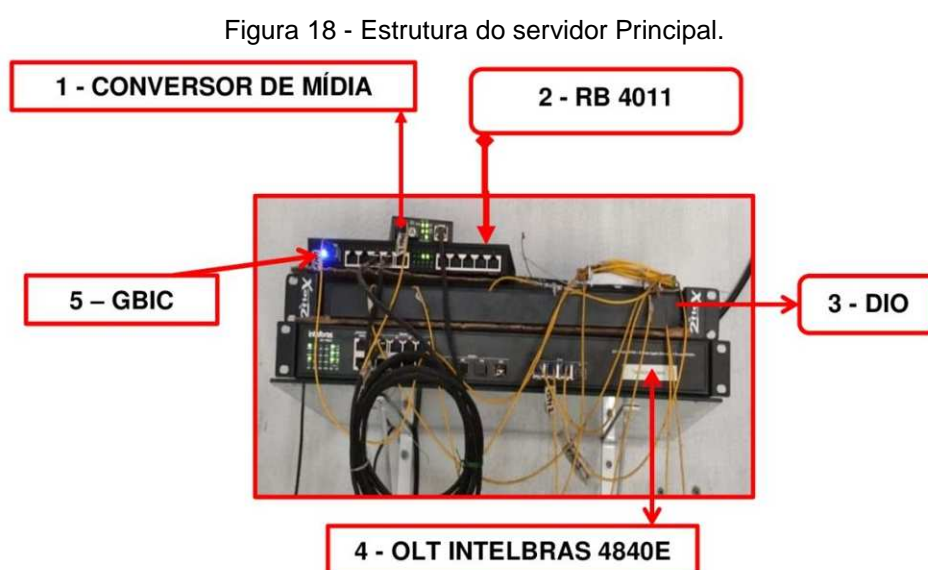
A distância da comunidade em relação aos centros urbanos foi um dos fatores determinantes para a empresa optar em fornecer internet via rádio, o outro é que na época da implantação do provedor de internet na comunidade, a tecnologia fibra óptica ainda não havia chegado à zona urbana de Baião e nas cidades circunvizinhas.

Então, inicialmente toda estrutura foi pensada para um provedor via rádio que atendesse clientes no rádio, com o passar do tempo, a fibra óptica tornou-se realidade no município sendo possível a distribuição de internet via fibra.

Apesar da internet via fibra óptica está disponível aos usuários, muitos continuam sendo atendidos via rádio, por dois motivos, uma por opção e outra pela falta de posteamento da concessionária de energia elétrica em determinados bairros, visto que para lançar cabos ópticos utiliza-se os postes de energia.

3.2 Esquema da Rede de Internet em Umarizal

O *link* de internet chega até o PoP do provedor de internet de Umarizal por duas rotas, via cabo óptico e via rádio, onde o *link* 1 principal utilizado é da fibra óptica e o *link* 2 (via rádio) é usado em caso de *FailOver*. A Figura 18 ilustra como está estruturado o servidor principal com a chegada de *link* na fibra óptica, via rádio e a redistribuição pelas duas tecnologias.



Fonte: Próprio autor. (2022)

É observado na Figura 18 os equipamentos da estrutura do servidor principal, sendo eles: (1) conversor de mídia que serve para converter o sinal de luz óptica para rádio frequência; (2) RB (Routerboard) 4011 que faz o gerenciamento do provedor; (3) DIO (Distribuidor Interno Óptico) é um equipamento responsável por dar flexibilidade e organização aos cabos de fibra óptica, ele protege e acomoda as fusões entre extensões e cabos; (4) OLT (terminal de linha óptica) é o equipamento

responsável em fazer a comunicação entre servidor e cliente e (5) Gbic que converte o sinal elétrico em sinal óptico e proporciona maior flexibilidade e melhor desempenho nas redes.

3.2.1 Distribuição

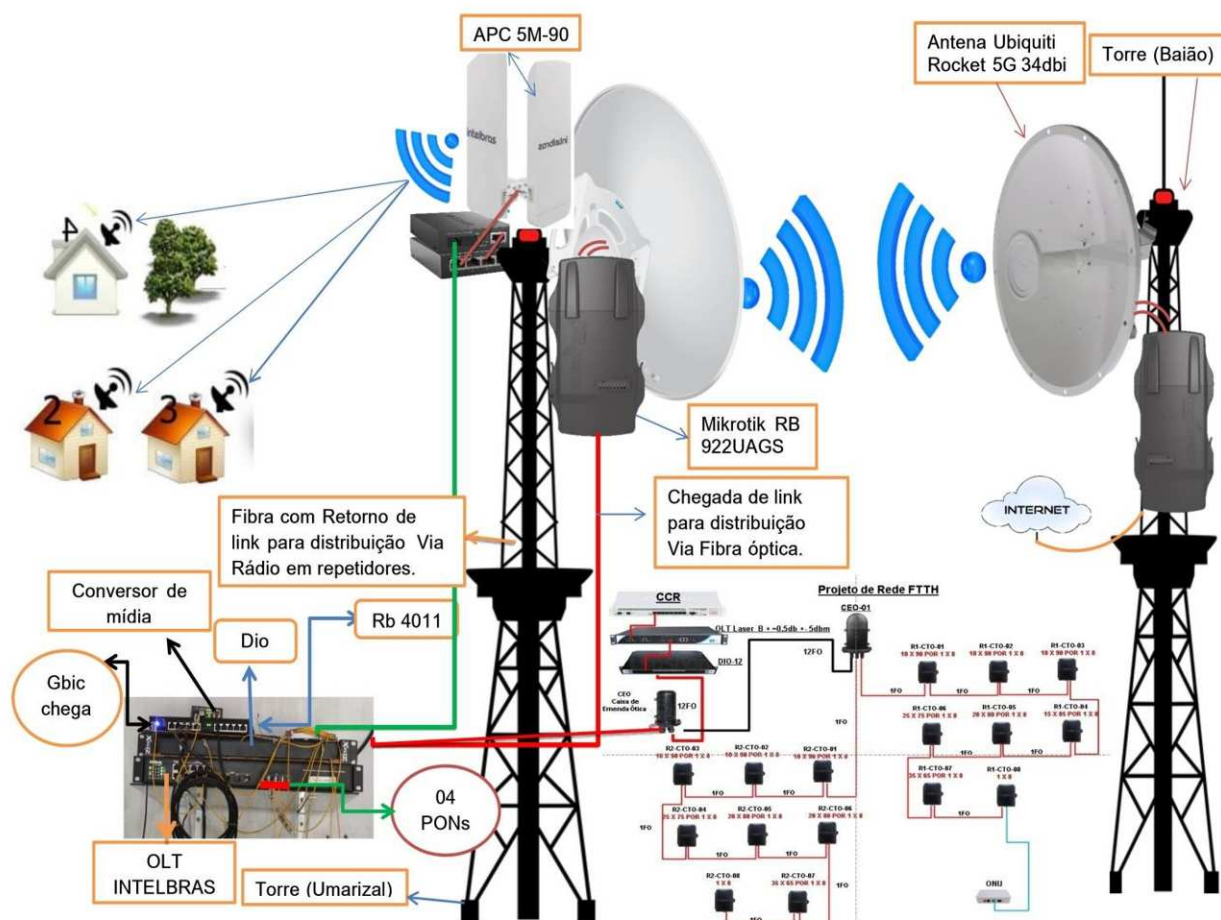
Desde a implantação da internet na comunidade de Umarizal, em 2011, o provedor de internet oferecia aos usuários apenas internet via rádio. A partir de 2020 passou a ofertar internet via fibra óptica e está em processo de migração de seus clientes para esta nova tecnologia.

Para conciliar os dois tipos de tecnologias, o *link* 1 chega até o servidor de Umarizal através do cabo óptico pela BR 422 (Transcarnetá), já o segundo *link* chega no primeiro AP (Baião) 100% fibra e é convertido em radiofrequência através do rádio da *Mikrotik* para ser enviado via *wireless* pela antena da Ubiquiti. Quando o *link* chega no segundo AP (Umarizal) é recebido pelos mesmos equipamentos mencionados no AP (Baião).

Com o *link* disponível no AP (Umarizal), um cabo de fibra óptica é conectado na porta SFP do rádio *Mikrotik* onde converte as ondas de rádio para feixe de luz até o servidor principal de gerenciamento através do cabo de fibra de 12FO. Durante a execução do projeto de fibra óptica, duas fibras foram previamente separadas, uma para chegada de *link* 1 (link via rádio), e outra para redistribuição e atendimento de clientes via rádio de volta para torre.

A Figura 19 apresenta a distribuição do provedor de internet em funcionamento na comunidade quilombola de Umarizal. Com as duas tecnologias via rádio e fibra óptica.

Figura 19 - Distribuição do Provedor de Internet em Umarizal.



Fonte: Próprio autor (2022).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados e discussões da análise prática do *ping*, velocidade, canais, os custos e as vantagens e desvantagens das tecnologias via rádio e fibra óptica.

4.1 Análise do Ping Entre as Duas Tecnologias

O *Packet Internet Network Groper* (PING) que traduzido em português, significa localizador de pacotes na rede de internet, está disponível em todos os sistemas operacionais. O PING é uma ferramenta que analisa o tempo de envio dos pacotes de dados e de respostas entre as máquinas que estão conectadas na mesma rede, fornecendo informações importantes, tais como: primeiro informa se o host está disponível (resposta PING) e quanto tempo a mensagem leva para voltar, a resposta é apresentada em milissegundo (ms), quanto menor for esse tempo melhor a velocidade da internet, por outro lado, quanto maior for o valor do PING, mais lenta será a transmissão de dados e mais difícil será a sincronização de informações em tempo real. O PING alto demonstra um dos motivos pela qual a conexão com a internet está mais lenta.

Para analisar o PING entre os usuários de internet via rádio e fibra óptica, foram realizados testes remotamente do PoP à casa do cliente. O PoP, *Point of Presence* (ponto de presença) é o local onde o provedor mantém os equipamentos de telecomunicações necessários para permitir o acesso à internet dos seus clientes.

Para acessar remotamente os usuários de internet, foi utilizado o aplicativo Winbox que é um programa gratuito e utilitário, criado pela companhia Mikrotik. Trata-se de um gerenciador de rede para emprego com o firmware RouterOS. Sua utilização implica maior controle sobre a estabilidade de interfaces de roteamento. Disponível para PC, o software possui interface intuitiva, conferindo versatilidade ao uso. (Winbox, 2023)

Ele comunicar-se com o equipamento da Mikrotik RouterOS, que possibilita o gerenciamento do equipamento denominado RB 4011iGs+. Nesse equipamento os clientes são cadastrados e é feita a autenticação via PPPOE com *login* e senha, após a integração dos equipamentos entre provedor/cliente, é atribuído um endereço de IP a cada um que permite acessá-los do PoP.

A Figura 20 exibe os equipamentos para gerenciamento de clientes.

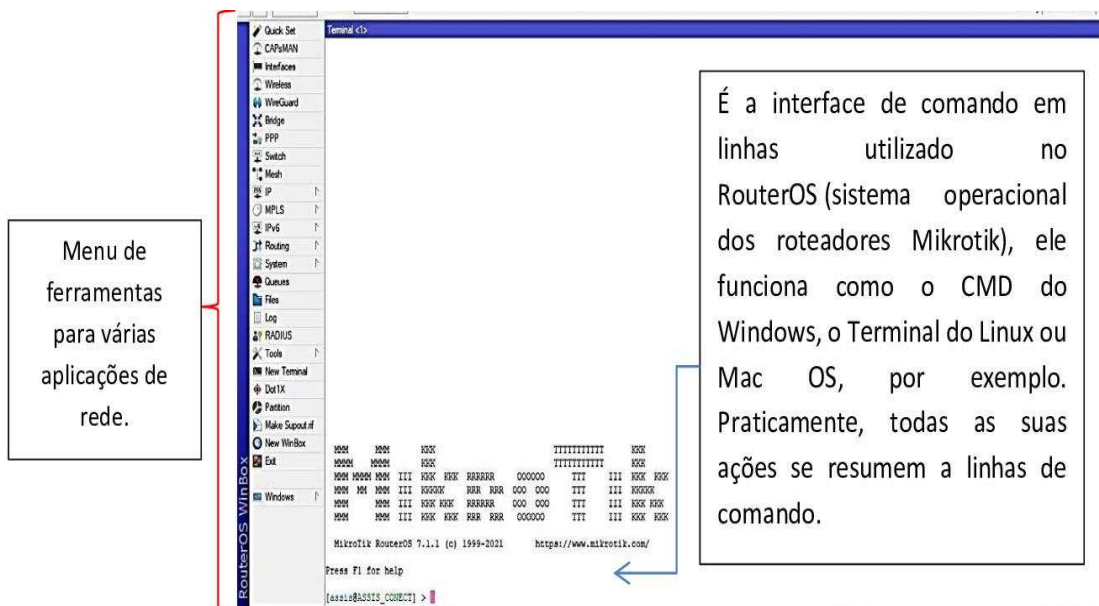
Figura 20 - Gerenciamento de clientes.



Fonte: Próprio autor (2023).

Para identificar os clientes via rádio e fibra óptica, foram denominados como: cliente A (via rádio) e cliente B (fibra óptica), o teste de PING foi realizado através do terminal da Mikrotik RouterOS. A Figura 21 ilustra a interface do terminal da Mikrotik.

Figura 21 - Interface do Terminal da mikrotik.



Fonte: Próprio autor (2023).

O Mikrotik é um sistema operacional desenvolvido em 1997, para roteadores. Fornece uma grande estabilidade, controles e flexibilidade para todos os tipos de interfaces de dados e de roteamento (ROUTERBOARD, 2012). Nesta condição, ele possui diversas funções, como Proxy, VPN, VLAN, Firewall, Hotspots, QoS, Controle de Banda. (MESQUITA; CABRAL, 2022).

4.1.1 Cliente A (Via Rádio)

Os primeiros testes de PING realizados foram em dias de sol, sem alterações climáticas como chuva e neblina. Os clientes (A) são atendidos com a tecnologia via rádio e planos fixo de internet e estão localizados nas mesmas distâncias, um tem vista ampla para a torre de distribuição e o outro não. As Figuras 22 e 23 ilustram os resultados dos testes.

Figura 22 - Teste de PING cliente sem vista ampla da torre de distribuição.

```

Terminal <1>

MMM   MMM   KKK                               TTTTTTTTTT   KKK
MMMM  MMMM  KKK                               TTTTTTTTTT   KKK
MMM MMMM MMM III KKK KKK RRRRRR   000000   TTT   III KKK KKK
MMM MM  MMM III KKKKK  RRR RRR 000 000   TTT   III KKKKK
MMM   MMM III KKK KKK RRRRRR 000 000   TTT   III KKK KKK
MMM   MMM III KKK KKK RRR RRR 000000   TTT   III KKK KKK

MikroTik RouterOS 7.1.1 (c) 1999-2021      https://www.mikrotik.com/

Press F1 for help

[assis@ASSIS_CONNECT] > ping 172.35.2.248
SEQ HOST                                SIZE TTL TIME                                STATUS
 0 172.35.2.248                          56 64 11ms723us
 1 172.35.2.248                          56 64 14ms770us
 2 172.35.2.248                          56 64 17ms139us
 3 172.35.2.248                          56 64 3ms495us
 4 172.35.2.248                          56 64 1ms732us
 5 172.35.2.248                          56 64 3ms42us
 6 172.35.2.248                          56 64 4ms792us
 7 172.35.2.248                          56 64 4ms724us
 8 172.35.2.248
 9 172.35.2.248                                timeout
10 172.35.2.248                                timeout
11 172.35.2.248                          56 64 5ms390us
12 172.35.2.248                          56 64 2ms44us
13 172.35.2.248                          56 64 17ms256us
14 172.35.2.248                          56 64 159ms810us
15 172.35.2.248                          56 64 179ms725us
16 172.35.2.248                          56 64 26ms194us
17 172.35.2.248                                timeout
18 172.35.2.248                          56 64 4ms252us
19 172.35.2.248                          56 64 147ms304us
sent=20 received=16 packet-loss=20% min-rtt=1ms732us avg-rtt=37ms712us max-rtt=179ms725us

[assis@ASSIS_CONNECT] >

```

Fonte: Próprio autor (2023).

A Figura 22 representa o teste de PING realizado do servidor para o usuário final identificado pelo sistema com endereço de IP 172.35.2.248 (HOST) e está sendo atendido com internet via rádio, sem visada ampla para torre de distribuição.

As linhas de comando do terminal da Mikrotik (SEQ) de 0 a 19 respondem as informações de ida e volta dos pacotes de dados enviados ao host em (ms) milissegundos. Nas linhas 0, 8, 9 e 17 a resposta expressa é *timeout*, que representa a demora na comunicação entre o usuário e o terminal, ocorrendo falhas entre eles. Podemos dizer que a conexão com a internet será instável, a transmissão de dados de áudio ou vídeo em tempo real (*streaming*) serão afetados.

Figura 23 - Teste de PING - com visada ampla para a torre.

```

Terminal <1>

MMM   MMM   KKK                               TTTTTTTTTT   KKK
MMMM  MMMM  KKK                               TTTTTTTTTT   KKK
MMM MMMM MMM III KKK KKK RRRRRR   000000   TTT   III KKK KKK
MMM MM  MMM III KKKKK   RRR RRR  000 000   TTT   III KKKKK
MMM   MMM III KKK KKK RRRRRR   000 000   TTT   III KKK KKK
MMM   MMM III KKK KKK RRR RRR  000000   TTT   III KKK KKK

MikroTik RouterOS 7.1.1 (c) 1999-2021      https://www.mikrotik.com/

Press F1 for help

[assis@ASSIS_CONNECT] > ping 172.35.2.163
SEQ HOST                                SIZE TTL TIME                                STATUS
0 172.35.2.163                          56 64 4ms364us
1 172.35.2.163                          56 64 20ms738us
2 172.35.2.163                          56 64 61ms162us
3 172.35.2.163                          56 64 58ms272us
4 172.35.2.163                          56 64 42ms743us
5 172.35.2.163                          56 64 59ms187us
6 172.35.2.163                          56 64 13ms986us
7 172.35.2.163                          56 64 11ms222us
8 172.35.2.163                          56 64 5ms841us
9 172.35.2.163                          56 64 64ms690us
10 172.35.2.163                         56 64 25ms470us
11 172.35.2.163                         56 64 29ms625us
12 172.35.2.163                         56 64 5ms793us
13 172.35.2.163                         56 64 4ms750us
14 172.35.2.163                         56 64 70ms595us
15 172.35.2.163                         56 64 38ms472us
16 172.35.2.163                         56 64 12ms615us
17 172.35.2.163                         56 64 62ms273us
18 172.35.2.163                         56 64 36ms745us
19 172.35.2.163                         56 64 23ms751us
sent=20 received=20 packet-loss=0% min-rtt=4ms364us avg-rtt=32ms614us max-rtt=70ms595us

[assis@ASSIS_CONNECT] >

```

Fonte: Próprio autor (2023).

A Figura 23 representa o teste de PING realizado do servidor para o usuário final identificado pelo sistema com endereço de IP 172.35.2.163 (HOST) e está sendo atendido com internet via rádio, com visada ampla para torre de distribuição.

Neste teste de PING, os dados enviados do servidor para o host não sofreram alterações, ou seja, as linhas de comando do terminal da Mikrotik não responderam a expressão *timeout*, todas as respostas foram em (ms). Não está ocorrendo falhas na comunicação entre eles, contribuindo para uma internet mais estável.

4.1.2 Cliente B (Fibra Óptica)

Os clientes atendidos por fibra óptica não sofrem interferências externas e não têm problemas com obstruções ou variações climáticas. Os casos a seguir estão a distâncias diferentes do servidor de distribuição. As Figuras 24 e 25 ilustram o teste do PING realizado em usuários de via fibra.

Figura 24 - Teste de PING usuário fibra óptica próxima ao servidor

```

Terminal <1>

MMM      MMM      KKK      TTTTTTTTTT      KKK
MMMM     MMMM     KKK      TTTTTTTTTT      KKK
MMM MMMM MMM III  KKK KKK  RRRRRR   OOOOOO   TTT   III  KKK  KKK
MMM MM  MMM III  KKKKKK  RRR  RRR  OOO  OOO   TTT   III  KKKKK
MMM     MMM III  KKK KKK  RRRRRR   OOO  OOO   TTT   III  KKK KKK
MMM     MMM III  KKK KKK  RRR  RRR  OOOOOO   TTT   III  KKK  KKK

MikroTik RouterOS 7.1.1 (c) 1999-2021      https://www.mikrotik.com/

Press F1 for help

[assis@ASSIS_CONECT] > ping 172.35.2.251
SEQ HOST      SIZE TTL TIME      STATUS
0 172.35.2.251 56 64 912us
1 172.35.2.251 56 64 697us
2 172.35.2.251 56 64 1ms68us
3 172.35.2.251 56 64 920us
4 172.35.2.251 56 64 965us
5 172.35.2.251 56 64 1ms229us
6 172.35.2.251 56 64 1ms407us
7 172.35.2.251 56 64 761us
8 172.35.2.251 56 64 1ms399us
9 172.35.2.251 56 64 1ms436us
10 172.35.2.251 56 64 673us
11 172.35.2.251 56 64 1ms135us
12 172.35.2.251 56 64 871us
13 172.35.2.251 56 64 716us
14 172.35.2.251 56 64 1ms553us
15 172.35.2.251 56 64 1ms235us
16 172.35.2.251 56 64 673us
17 172.35.2.251 56 64 1ms
18 172.35.2.251 56 64 1ms264us
19 172.35.2.251 56 64 1ms186us
sent=20 received=20 packet-loss=0% min-rtt=673us avg-rtt=1ms553us max-rtt=1ms553us

[assis@ASSIS_CONECT] >

```

Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 25 - Teste de PING usuário fibra óptica distante do servidor

```

Terminal <1>

MMM      MMM      KKK      TTTTTTTTTTT      KKK
MMMM     MMMM     KKK      TTTTTTTTTTT      KKK
MMM MMMM MMM III  KKK KKK  RRRRRR   OOOOOO   TTT      III  KKK KKK
MMM MM  MMM III  KKKKKK  RRR RRR  OOO OOO   TTT      III  KKKKK
MMM      MMM III  KKK KKK  RRRRRR   OOO OOO   TTT      III  KKK KKK
MMM      MMM III  KKK KKK  RRR RRR   OOOOOO   TTT      III  KKK KKK

MikroTik RouterOS 7.1.1 (c) 1999-2021      https://www.mikrotik.com/

Press F1 for help

[assis@ASSIS_CONECT] > ping 172.35.2.155
SEQ HOST      SIZE TTL TIME      STATUS
0 172.35.2.155 56 64 967us
1 172.35.2.155 56 64 1ms100us
2 172.35.2.155 56 64 1ms446us
3 172.35.2.155 56 64 764us
4 172.35.2.155 56 64 887us
5 172.35.2.155 56 64 1ms52us
6 172.35.2.155 56 64 1ms182us
7 172.35.2.155 56 64 707us
8 172.35.2.155 56 64 970us
9 172.35.2.155 56 64 739us
10 172.35.2.155 56 64 1ms206us
11 172.35.2.155 56 64 1ms290us
12 172.35.2.155 56 64 1ms12us
13 172.35.2.155 56 64 906us
14 172.35.2.155 56 64 727us
15 172.35.2.155 56 64 1ms303us
16 172.35.2.155 56 64 1ms233us
17 172.35.2.155 56 64 1ms551us
18 172.35.2.155 56 64 841us
19 172.35.2.155 56 64 1ms327us
sent=20 received=20 packet-loss=0% min-rtt=707us avg-rtt=1ms60us max-rtt=1ms551us

[assis@ASSIS_CONECT] >

```

Fonte: Próprio autor (2023).

Nas Figuras 24 e 25 os usuários são identificados com IPs 172.35.2.251 e 172.35.2.155. Ambas as imagens retratam um cenário de estabilidade visto que não ocorrem falhas na comunicação e a resposta em (ms) fica bem abaixo comparado aos testes de usuários via rádio. Os menores tempos de resposta alcançados foram nos testes de fibra óptica, significando uma vantagem em relação ao rádio, pois quanto menor o (ms), melhor a internet.

Para uma melhor visualização dos resultados de PING dos clientes A e B, estão resumidos no Quadro 1.

Quadro 1 - Resumo dos resultados de PING Clientes A (Rádio) e B (Fibra).

CLIENTES Rádio(A)/ Fibra(B)	sent (enviado)	received (recebido)	packet- loss (perda de pacote)	min-rtt (tempo mínimo de ida e volta)	max-rtt (tempo máximo de ida e volta)	avg-rtt (média de ida e volta)
Cliente A (com visada)	20	16	20%	1ms73us	179ms725us	37ms712us
Cliente A (sem visada)	20	20	0%	4ms36us	70ms595us	32ms614us
Cliente B (próximo ao servidor)	20	20	0%	673us	1ms553us	1ms55us
Cliente B (distante do servidor)	20	20	0%	707us	1ms551us	1ms60us

Fonte: Próprio autor (2023).

No Quadro 1, o comparativo do PING entre as duas tecnologias apresenta o resumo da análise do PING realizado no terminal da mikrotik que resultou no seguinte:

- ✓ O cliente A, via rádio apresentou 20% de perda de pacote, o tempo máximo de ida e volta (latência) no teste responde em 179 ms, com isso, ao navegar na internet, e realizar chamadas de vídeos, jogos online e download/upload de arquivos de mídia levará mais tempo do que o esperado. Quando o pacote não é entregue, a resposta do PING é *timeout*, que representa tempo esgotado (perda de pacote), afetando a navegação na internet.

4.1.3 Velocidade

A velocidade da internet é a largura de banda, sendo a quantidade de dados que pode ser enviada para um determinado usuário. Se um cliente contratar um plano de 10 Mbps, significa que o mesmo receberá até 10 megas bits de dados por segundo.

Na via rádio, a velocidade da internet pode ser prejudicada nas seguintes situações em que obstruções e alinhamento causam o aumento da latência interferindo diretamente na velocidade. Já na fibra óptica existem alguns casos particulares que podem influenciar no aumento da latência, que são: atenuação do cabo óptico, fibra trincada e sujeira no conector, por exemplo.

Em meio a um cenário na zona rural existem fatores que prejudicam a velocidade da internet dos usuários via rádio, como:

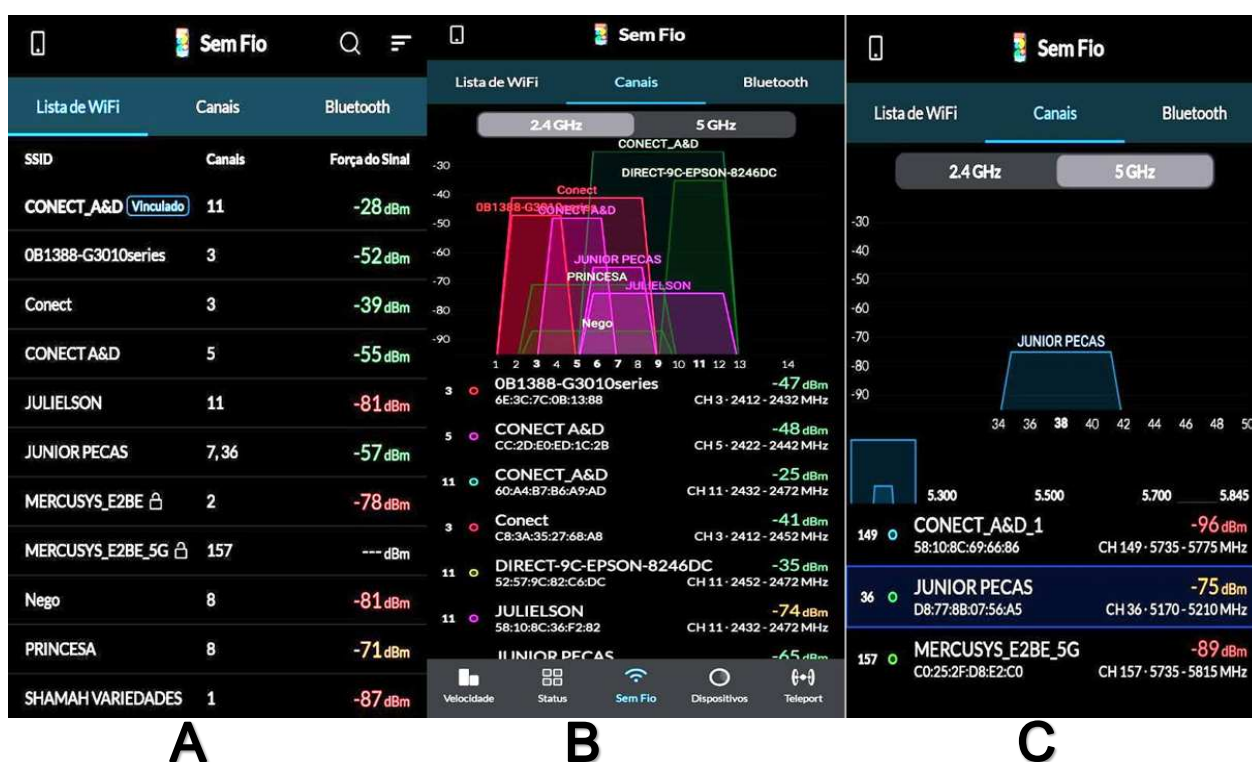
- Obstruções de árvores;
- Longas distâncias;
- Antenas de internet mal instalada;
- Equipamentos que operam na mesma frequência;
- Largura de canal.

Devido a esses fatores a transmissão via rádio perde qualidade. Em contrapartida, na fibra óptica não ocorre esse tipo de problema por não sofrer interferências externas.

Apesar de a internet ser entregue nas residências via fibra óptica, deve-se levar em consideração que o roteador é o equipamento responsável em distribuir a conexão ao usuário final, pois mesmo sendo entregue via fibra, a distribuição nas residências é feita via rádio, então, este equipamento precisa ser instalado em uma localização estratégica na casa e analisar o melhor canal para que não haja uma disputa com outros roteadores ou dispositivos próximos.

A Figura 26 ilustra a análise de canais para roteadores através da ferramenta WiFiman da Ubiquiti.

Figura 26 - Análise de canais em roteadores.



Fonte: Próprio autor (2022).

Na Figura 18 existem 3 itens analisados que estão identificadas abaixo por A, B e C. No item A, refere-se a lista de *WiFi*, observa-se que alguns equipamentos conectados à internet estão no mesmo canal, como pode ser visto o roteador conect_A&D e Julielson estão no canal 11; Nego e Princesa estão no canal 8, isso ocasionará uma disputa entre esses dispositivos que levará a uma instabilidade na rede, conectando e desconectando os usuários finais.

Já no item B pode-se identificar de forma fácil vários canais na mesma frequência 2.4GHz, o que ocasionará um mau funcionamento da internet.

O item C enfatiza a frequência 5Ghz que é uma inovação para redes de internet trazendo melhorias, observou-se que nessa frequência não ocorre esse problema por ter menos dispositivos nesta rede. É uma frequência que suporta uma banda maior de internet, porém, a desvantagem é que qualquer obstáculos, como paredes das residências e distancias, por exemplo, os usuários podem ser desconectados da rede

Então, a velocidade da internet entre as duas tecnologias via rádio e fibra óptica depende também da boa configuração e instalação do roteador.

4.2 Análise de Custos

O investimento nos equipamentos de rádio é mais barato e de fácil implantação para atender determinada quantidade de clientes, aliado ao menor custo-benefício a um retorno a curto prazo. Ao contrário, a fibra óptica requer maior custo-benefício e um retorno em longo prazo. Os Quadros 2 e 3 apresentam o custo dos equipamentos de cada tecnologia.

Quadro 2 - Materiais e Custos de investimento em fibra óptica.

CUSTO DE UMA REDE FIBRA ÓPTICA PARA ATÉ 256 USUÁRIOS			
PRODUTO	QUANT.	V.UNIT	V. TOTAL
FIBRA AS80-6FO	4000	R\$ 1,60	R\$ 6.400,00
SPLITERS(1X2)	6	R\$ 30,00	R\$ 180,00
FIBRA AS80-12FO	2000	R\$ 2,90	R\$ 5.800,00
CTOS 1X8	26	R\$ 98,00	R\$ 2.548,00
CEO	8	R\$ 133,80	R\$ 1.070,40
SPLITERS(1X4)	8	R\$ 38,00	R\$ 304,00
DIO 12 FO	1	R\$ 350,00	R\$ 350,00
DIELETRO	200	R\$ 5,88	R\$ 1.176,00
CONECTO7 DE CAMPO ÓPTICO	512	R\$ 7,00	R\$ 3.584,00
FECHOS	100	R\$ 0,50	R\$ 50,00
ALÇAS PREFORMADA	130	R\$ 2,14	R\$ 278,20
DROP	20	R\$ 490,00	R\$ 9.800,00
ONU	256	R\$ 130,00	R\$ 33.280,00
ROTEADOR WIFI 6	256	R\$ 300,00	R\$ 76.800,00
FUSIMEC	4	R\$ 37,50	R\$ 150,00
OLT EPON 256 CLIENTES	1	R\$ 5.500,00	R\$ 5.500,00
GBIC 20 KM EPON	4	R\$ 309,36	R\$ 1.237,44
BAP	200	R\$ 5,02	R\$ 1.004,00
OLHAL	120	R\$ 3,25	R\$ 390,00
CHAPA M	200	R\$ 2,01	R\$ 402,00
RB 4011	1	R\$ 1.500,00	R\$ 1.500,00
GBIC 20 KM EPON	4	R\$ 322,39	R\$ 1.289,56
MÁQUINA DE FUSÃO	1	R\$ 8.000,00	R\$ 8.000,00
KIT DE MANUTENÇÃO	1	R\$ 650,00	R\$ 650,00
OTDR	1	R\$ 4.000,00	R\$ 4.000,00
MAÇARICO E GÁS	1	R\$ 120,00	R\$ 120,00
RACK PARA EQUIPAMENTOS	1	R\$ 350,00	R\$ 350,00
TOTAL			R\$ 166.213,60

Fonte: Próprio autor (2023)

No Quadro 2 são destacados os materiais e custos em investimento em fibra óptica os equipamentos listados são para um projeto de rede para até 256 usuários. Sendo caracterizada uma rede EPON.

Quadro 3 - Materiais e Custos de investimento em via rádio.

CUSTO DE UMA REDE VIA RÁDIO PARA 256 USUÁRIOS			
PRODUTO	QUANT.	V.UNIT	V. TOTAL
TORRE DE TRANSMISSÃO	1	R\$ 10.000,00	R\$ 10.000,00
PAINEIS SETORIAIS	4	R\$.143,19	R\$ 4.572,76
CONECTOR RJ 45	512	R\$ 1,00	R\$ 512,00
CABO DE REDE	12	R\$ 399,00	R\$ 4.788,00
ROTEADORES	256	R\$ 80,00	R\$ 20.480,00
ANTENAS PARA RESIDENCIAS	256	R\$ 285,00	R\$ 72.960,00
ANTENAS PARA PTP 27dbi	1	R\$ 1.500,00	R\$ 1.500,00
SWITCH	1	R\$ 150,00	R\$ 150,00
KIT DE MANUTENÇÃO	1	R\$ 500,00	R\$ 500,00
TOTAL			R\$ 115.462,76

Fonte: Próprio autor (2023).

No Quadro 3 de materiais e custos em investimento em via rádio os equipamentos listados são para um projeto de rede para até 256 usuários. Foi estipulado para a mesma quantidade de usuários do Quadro 2 para comparar os custos entre os mesmos.

Nesse caso, a diferença de custos estimulada é de R\$ 50.750,00 reais. É perceptível a diferença da quantidade de materiais necessários para implantar cada uma das tecnologias apresentadas nos Quadros 2, o que torna a via rádio mais acessível para pequenos provedores. Porém, em se tratando de desempenho, estabilidade e maior tráfego de banda, o ideal é investir em fibra óptica, pois é a tendência em tecnologia de transmissão de dados.

4.3 Vantagens e Desvantagens

A internet está presente no dia-a-dia das pessoas, 90% das casas estão conectadas, seja através do computador, do celular ou até mesmo pelas *smart tvs*. (IBGE, 2022).

Como explanado nessa pesquisa, o provedor de internet da comunidade quilombola de Umarizal oferta este tipo de serviço através da tecnologia via rádio e

fibra óptica. No entanto, conhecer as vantagens e desvantagens entre elas é fundamental. No Quadro 4, estão listadas as características de cada tecnologia.

Quadro 4 - Comparativa das características entre as duas tecnologias.

CARACTERÍSTICAS	INTERNET FIBRA ÓPTICA	INTERNET VIA RÁDIO
Velocidade de conexão	Alta velocidade de download e upload	Velocidade pode ser limitada por condições climáticas e interferências
Estabilidade de conexão	Conexão estável e sem interrupções.	Conexão pode ser afetada por interferências eletromagnéticas ou objetos no caminho.
Latência	Baixa latência, permitindo uma resposta rápida em jogos online e videoconferências.	Alta latência, o que pode resultar em atrasos e interrupções durante jogos online e videoconferências
Disponibilidade	Pode ser limitada em algumas regiões, devido à infraestrutura necessária para oferecer esse tipo de serviço.	Pode estar disponível em áreas rurais ou remotas onde a internet com fio não é viável.
Preço	Pode ser mais caro em comparação com outros tipos de conexão à internet.	Pode ser mais acessível em comparação com outros tipos de conexão à internet.
Tecnologia	Usa a tecnologia de fibra óptica, que permite alta velocidade de conexão e maior estabilidade.	Usa a tecnologia de radiofrequência, que pode ser afetada por interferências eletromagnéticas e condições climáticas.

Fonte: Kassel (2023).

5 CONCLUSÃO

O provedor da comunidade de Umarizal iniciou seus serviços com a tecnologia via rádio, vivenciou a capacidade de funcionamento durante anos, que a princípio supriu as necessidades dos usuários. Porém, quando a demanda aumentou essa tecnologia começou a apresentar falha em vários aspectos que fizeram com que fosse implantada a nova tecnologia fibra óptica para continuarem suprindo a necessidade dos usuários.

Ao analisar as duas tecnologias em funcionamento no provedor de internet Conect-A&D da comunidade Quilombola de Umarizal, principalmente traçando as características de cada uma, percebeu-se claramente uma diferença significativa de qualidade e também do modo como operam.

Enquanto, a via rádio possui pontos fracos e algumas limitações de banda, a fibra óptica transmite uma banda maior com uma baixa latência, passando mais confiança para quem contrata o serviço.

Apesar do custo elevado da implantação do cabo de fibra óptica o investimento na nova tecnologia trouxe resultados animadores, mostrando que como se tratava de um serviço de melhor qualidade, estava tendo uma aceitação maior do público.

Pode-se afirmar que, após a análise entre as duas tecnologias, observa-se que a fibra óptica oferece um serviço de melhor qualidade além de oferecer bandas maiores, porém somente onde ainda não tem cabo de fibra óptica implantada, a empresa oferece a tecnologia via rádio.

Neste sentido, este estudo ainda aponta para um novo paradigma a ser implantado pela empresa num futuro próximo: a implantação de um sistema utilizando fibra óptica com a versão GPON para posteriormente conseguir atender aos usuários que ainda estão no rádio.

Observou-se na pesquisa de campo que ambas são viáveis, mas, a via rádio se destaca pela sua característica de poder atender usuários onde não há condições de implantar cabos ópticos.

Visando alcançar usuários em lugares mais remotos com a tecnologia fibra óptica, como trabalhos futuros a empresa visa ainda à implantação de cabo óptico subaquático interligando o *link* diretamente da cidade de Baião, assim como a implantação de um servidor DNS – Sistema de nomes de domínio em nuvem.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Rosciano Sousa de. **Impacto da regulação sobre a expansão da banda larga fixa no Brasil**: uma análise de diferença em diferenças de 2007 a 2021. 2023. 55 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestre em Ciências Econômicas, Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal – RN, 2023.

Balanco dos serviços de telecom mostra crescimento expressivo da banda larga. Gov.br. 2022. Disponível em: < <https://www.gov.br/anatel/pt-br> > . Acesso em: 23 jul. 2022.

BOGÉA, Hiroshi. **Entre ilhas, braços de rio e o Tocantins soberbo, reina a vila do Umarizal – “terra dos pretos”**. 1 fotografia. Disponível em: <<https://www.hiroshibogea.com.br>>. Acesso em: 20 ago. 2022.

BRASIL. **Lei nº 12.965, de 23 de abril de 2014**. Estabelece princípios, garantias, direitos e deveres para o uso da Internet no Brasil. Brasília: Diário Oficial da União, 24 abr. 2014. Disponível em: < <https://www.planalto.gov.br/>>. Acesso em: 23 jul. 2022.

CORDEIRO, Maurício. **Cabo de fibra ótica**. 21 dez. 2020. 1 fotografia. Disponível em:< <https://www.dicasdeinstrumentacao.com>>. Acesso em: 3 ago. 2022.

E.M.E.F DE UMARIZAL (Baião-Pa) (org.). **Relatório da vila de Umarizal**. Baião: Escola de Umarizal, 2013. 20 p.

FERNANDES, Adriana Orthmann. **IEEE 802.11n**: um estudo sobre o novo padrão de redes sem fio para alto desempenho em transferência de dados. 2009. 152 f. TCC (Graduação) - Curso de Curso de Sistemas de Informação, Departamento de Informática e Estatística, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 2009.

FRANCISCATTO, Roberto et al. **Redes de Computadores**. Frederico Westphalen - RS: Colégio Agrícola de Frederico Westphalen, 2014. 116 p.

FREITAS, Edmar Francisco. **Estudo de viabilidade de implantação de fibra óptica**: Capivari de baixo. 2022. 85 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharel em Engenharia Elétrica, Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2022.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo (org.). **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2009. 120 p.

IBGE: internet está presente em 90% das casas do país. **TV Brasil**, [S. /], p. 1-1, 23 set. 2022. Disponível em: <<https://tvbrasil.ebc.com.br>>. Acesso em: 20 ago. 2023.

INFOGRÁFICO: **Principais diferenças entre rede EPON e GPON**. 20 ago. 2019. 1 fotografia. 596x1026. Disponível em:< <https://www.fibracem.com>>. Acesso em: 23 ago. 2022.

INTERNET WORLD STATS - **Usage and population statistics**. Disponível em: <<https://www.internetworldstats.com/>>. Acesso em: 21 jul. 2022.

KASSEL, Gabriele Assif. **Qual a diferença Entre a internet fibra e internet via rádio?** Disponível em: <<https://ad-freaks.com/qual-a-diferenca-entre-a-internet-fibra-e-internet-via-radio/>>. Acesso em: 25 set. 2023.

KUROSE, Jim et al. **Redes de computadores e a internet: uma abordagem top-down**. 6. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013. 658 p. Tradução: Daniel Vieira; revisão técnica Wagner Luiz Zucchi.

LUYS, Emerson. **Estrutura provedor wifi para quem quer monta um provedor**. 19 abr. 2017. 1 fotografia. 1280x720. Disponível em: <www.i7telecom.com.br>. Acesso em: 3 ago. 2022.

MACEDO, Ricardo Tombesi et al. **Redes de computadores**. Santa Maria-RS: Universidade Federal de Santa Maria, 2018. 196 p.

MATHEUS, Yuri. **Conhecendo algumas topologias de rede**. 27 set. 2018. 2 fotografias. Disponível em: <https://www.alura.com.br>. Acesso em: 6 ago. 2023.

MENESES FILHO, Esdras Antonio de. **Dimensionamento de uma rede de fibra óptica PON FTTH**. 2018. 93 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Centro Multidisciplinar de Caraúbas, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Caraúbas-RN, 2018.

MESQUITA, Rafael Antônio de; CABRAL, Rafael Hungaro. **SGP - Sistema de Gerenciamento de Clientes para provedores de internet**. 2022. 23 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Fepesmig, Minas Gerais, 2022.

NEIVA, Paulo Matheus de Souza. **Redes de Computadores**. 18 jul. 2013. 1 fotografia. 452x295. Disponível em: <http://fabrica.ms.senac.br>. Acesso em: 6 ago. 2023.

NIC.BR (Brasil) (org.). **Influência da covid-19 na qualidade da internet no Brasil**. Brasil: Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto Br (Nic.Br), 2020. 40 p.

NIC.BR. Na Mídia - **O impacto da pandemia no uso da Internet**. 7 abr. 2022. Disponível em: <<https://www.nic.br/noticia/na-midia/cyber-cultura-o-impacto-da-pandemia-no-uso-da-internet/>>. Acesso em: 26 jul. 2022.

POSSEBON, Tainã Vieira. **Provedor de internet via radiofrequência**. 2014. 40 f. TCC (Graduação) - Curso de Curso Superior de Tecnologia em Redes de Computadores, Colégio Técnico Industrial, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil, 2014.

PRESCOTT, Roberta . **Conexão à internet avança (muito) nas áreas rurais entre 2019 e 2021**. 21 jun. 2022. Disponível em: < <https://www.abranet.org.br/>>. Acesso em: 25 jul. 2022.

RAMOS, Adriano Pereira; NEVES, Ebert Melo das. **Estudo das tecnologias de rede PON de nova geração no cenário FTTX**. 2018. 85 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenheiro de Telecomunicações, Escola de Engenharia, Universidade Federal Fluminense, Niterói – RJ, 2018.

RAMOS, Diego Mendes. **A importância da segurança da informação em redes WIFI**. 2020. 34 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências da Computação, Escola de Ciências Exatas e da Computação, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2020.

Rede GPON: Redes Ópticas Passivas – PON. 3 ago. 2023. 1 fotografia. 510x242. Disponível em: <<https://www.teleco.com.br/>>. Acesso em: 8 ago. 2023.

REIS, Fábio dos. **Topologias de Redes**. 22 jun. 2016. 4 fotografias. Disponível em: <http://www.bosontreinamentos.com.br>. Acesso em: 6 ago. 2023.

SILVA, Marco Aurélio da. **Redes ópticas passivas e as redes LAN**. 2018. 49 f. Monografia (Especialização) - Curso de Curso de Especialização em Redes de Computadores e Teleinformática, Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

SOARES, Rafael Marques de Salles; MARTINS, Savio Candido. **Protocolo RTMP: um projeto prático**. 2017. 54 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Ciência da Computação, Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Fluminense, Rio das Ostras, 2017.

Software de configuração para utilização em RouterOS. Disponível em: <<https://winbox.softonic.com.br/>>. Acesso em: 25 set. 2023.

TANENBAUM, Andrew S. et al. **Rede de computadores**. 5. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011. 600 p. Tradução Daniel Vieira.

VIEIRA, Vinicius de Oliveira. **Mapeamento da Rede de internet via fibra óptica do provedor ISP wrlink telecom no município de Sousa-PB**. 2017. 105 f. TCC (Graduação) - Curso de Curso de Administração, Centro de Ciências Jurídicas e Sociais, Universidade Federal de Campina Grande, Sousa - PB 2017.

WINBOX. Disponível em: <https://winbox.softonic.com.br/>. Acesso em: 25 set. 2023.