

**FACULDADES INTEGRADAS DE CARATINGA**

**JOAQUIM EUZÉBIO MOREIRA**

**OTIMIZAÇÃO DE UMA REDE DE DADOS URBANA UTILIZANDO FIBRA  
ÓPTICA: UM ESTUDO DE CASO NO PROVEDOR DE INTERNET IGAP  
TELECOMUNICAÇÕES – ME**

**CARATINGA**

**2019**

**JOAQUIM EUZÉBIO MOREIRA**  
**FACULDADES INTEGRADAS DE CARATINGA**

**OTIMIZAÇÃO DE UMA REDE DE DADOS URBANA UTILIZANDO FIBRA  
ÓPTICA: UM ESTUDO DE CASO EM UM PROVEDOR DE INTERNET IGAP  
TELECOMUNICAÇÕES – ME**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Ciência da Computação das Faculdades Integradas de Caratinga, como requisito para aprovação na disciplina TCC II, orientado pelo Prof. Hudson Silva de Souza.

Área de Concentração: Gerenciamento de Redes.

**CARATINGA**

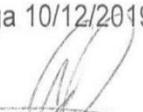
**2019**

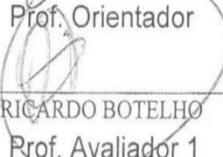
**TERMO DE APROVAÇÃO**

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: OTIMIZAÇÃO DE UMA REDE DE DADOS URBANA UTILIZANDO FIBRA ÓPTICA: UM ESTUDO DE CASO NO PROVEDOR DE INTERNET IGAP TELECOMUNICAÇÕES - ME, elaborado pelo(s) aluno(s) JOAQUIM EUZÉBIO MOREIRA foi aprovado por todos os membros da Banca Examinadora e aceito pelo curso de CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO das FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA, como requisito parcial da obtenção do título de

**BACHAREL EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO.**

Caratinga 10/12/2019

  
\_\_\_\_\_  
HUDSON SILVA  
Prof. Orientador

  
\_\_\_\_\_  
RICARDO BOTELHO  
Prof. Avaliador 1

  
\_\_\_\_\_  
ELIAS GONÇALVES  
Prof. Examinador 2

## RESUMO

Este trabalho visa apresentar um estudo de caso em um provedor de serviços de Telecomunicações, no qual foi analisado a otimização de uma rede de dados através da implementação da tecnologia de fibra óptica GPON (Gigabit Passive Optical Network) no provedor de telecomunicações Igap Telecomunicações – ME, na cidade de Tarumirim - MG em substituição a tecnologia de transmissão sem fio. O trabalho apresenta as tecnologias e equipamentos utilizados, baseado em referencial teórico pesquisado. O estudo de caso foi baseado em informações cedidas pelo provedor de telecomunicações, onde através de números, gráficos e topologias foi possível analisar e evidenciar problemas reais no funcionamento de tecnologias de rede onde a transmissão é feita sem fio, principais causas e a solução aplicada através da implementação de uma rede óptica GPON (Gigabit Passive Optical Network) demonstrando o funcionamento de tecnologias atuais relacionados a transmissões via cabos ópticos e as vantagens da implementação para o cliente e para o provedor.

**Palavras Chaves:** Telecomunicações. Fibra Óptica. Transmissão sem Fio. Provedor. GPON (Gigabit Passive Optical Network).

## **ABSTRACT**

This work aims to present a case study in a telecommunications service provider, in which the optimization of a data network through the implementation of GPON (Gigabit Passive Optical Network) fiber optic technology was analyzed, replacing the wireless transmission technology. The work presents the technologies and equipment used, based on theoretical reference researched. The case study was based on information provided by a telecommunications provider, where through numbers, topologies and operating schemes it was possible to analyze in operation network technologies where transmission is done wirelessly, and evidence real problems, main causes and the solution applied through the implementation of a GPON (Gigabit Passive Optical Network) optical network demonstrating the operation of current technologies related to optical cable transmissions and the benefits of implementation for the customer and the provider.

**Key Words:** Telecommunications. Fiber Optics. Wireless Transmission. Provider. GPON (Gigabit Passive Optical Network).

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ARPA - Advanced Research and Projects Agency  
ARPANET - Advanced Research Projects Agency Network  
AS - Autossustentável  
BNC - Bayone Neil Concelman  
CAT – Categoria  
CEO - Caixa de Emenda Óptica  
CFOA - Cabo Fibra Óptica Aérea  
CTO - Caixa de Terminação Óptica  
CSMA/CD - Carrier Sense Multiple Access With Collison Detection  
DBI - Decibel Isotrópico  
DBM - Decibel Miliwatts  
DIO - Distribuidor Interno Óptico  
EPON - Ethernet Passive Optical Network  
EUA - Estados Unidos da América  
FCS - Frame Check Sequence  
FK - Furukawa  
FDDI - Fiber Distributed Data Innterface  
FTTB - Fiber do the Bulding  
FTTH - Fiber to the Home  
FTTN - Fiber to the Node  
Gbps - Gigabits por segundo  
GPON - Gibabit Passive Optical Network  
HTML - Hypertext Markup Language  
HTTP - Hupertext Transfer Protocol  
IEEE - Institute of Electrical and Electronic Engineers  
ISSO - International Organization for Standardiztion  
LAN - Local Área Netwok

LC - Lucent Connector  
MAC - Media Access Control  
MB - Megabits  
MAN - Metropolitan Area Network  
MILNET - Military Network  
MIT - Massachusetts Institute of Technology  
MMF - Multiple Mode Fiber  
MT-RJ - Mechanical Transfer Registered Jack  
MW - Milliwatts  
NCP - Network Control Protocol  
OLT - Optical Line Terminal  
ONU - Optical Network Unit  
ONT - Optical Network Terminal  
OSI - Open Systems Interconnection  
PAN - Personal Area Network  
PON - Passive Optical Networks  
POP3 - Post Office Protocol  
PTM - Ponto Multiponto  
PTP - Ponto a Ponto  
RB - Routerboard  
RF - Rádio Frequência  
RJ - Registered Jack  
RSL - Received Signal Level  
RSSI - Received Signal Strength Indicator  
SC - Subscriber Connector  
SC-APC - Standard Connector-Angled Physical Contact Polishing  
SFPS - small Form Factor Pluggable  
SM - Single Mode  
SMF - Single Mode Fiber  
SMTP - Simple Mail Transfer Protocol  
ST - Straight Tip  
STP - Shielded Twisted Pair

SXT - sextant

TCP/IP - Transmission Control Protocol / Internet Protocol

TIA - Telecommunications Industry Association

TPT - twisted Pair

WAN - Wide Area Network

WIFI - Wireless Fidelity

WLAN - Wireless Local Area Networks

WMAN - Wireless Metropolitan Area Network

WWAN - Wireless Wide Area Network

WWW - World Wide Web

UTP - Unshielded Twisted Pair

XFP10 - Gigabit Small Form factor Pluggable

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução da ARPANET.....	10
Figura 2 - Classificação das Redes de Computadores.....	12
Figura 3 - Topologia em Barramento.....	13
Figura 4 – Topologia em Malha.....	13
Figura 5 – Topologia em Anel.....	14
Figura 6 – Topologia em Estrela.....	15
Figura 7 – Topologia em Árvore.....	15
Figura 8 – Camadas do Modelo OSI.....	16
Figura 9 – Quadro IEEE 802.3 Ethernet.....	17
Figura 10 – Comparação de Modelo OSI e Protocolo TCP/IP.....	18
Figura 11 – Elementos de um Processo de comunicação.....	19
Figura 12 – Classificação dos Meios de Transmissão.....	20
Figura 13 – Cabo Coaxial.....	21
Figura 14 – Tipos de conectores BNC.....	22
Figura 15 – Cabos Par Trançado UTP e STP.....	23
Figura 16 – Padrões 568A e 568B para conectorização em cabos TP.....	25
Figura 17 – Funcionamento da Fibra Óptica.....	26
Figura 18 – Elementos de um Cabo de Fibra Óptica.....	26
Figura 19 – Tipos de Fibra Óptica.....	27
Figura 20 – Propagação da Luz na Fibra Óptica.....	27
Figura 21 – Tipos de conectores para Fibra Óptica.....	28
Figura 22 – DIO BT48 Furukawa.....	28
Figura 23 – Transceiver para conexão de cordão óptico em Switch.....	29
Figura 24 – GPON Componentes.....	30
Figura 25 – Espectro de Frequências.....	31
Figura 26 – Topologia de uma WLAN.....	32
Figura 27 – Obstrução da Zona Fresnel.....	34
Figura 28 – Metodologia de Desenvolvimento.....	35
Figura 29 – Topologia básica de transmissão sem fio.....	37
Figura 30 – Topologia básica das áreas de cobertura.....	38

Figura 31 – Links PTP Base x Torres (T1, T2, T3 e T4).....	40
Figura 32 - Links PTM x Casa Clientes.....	41
Figura 33 – Divisão dos problemas em setores.....	44
Figura 34 – Gráfico de acumulado de chamados por setor.....	43
Figura 35 – RSSI do Link BASE_B1 X TORRE_2.....	43
Figura 36 – Tráfego e Latência no Link BASE_B1 X TORRE_2.....	44
Figura 37 – Obstrução no Link BASE_B1 X TORRE_T2.....	44
Figura 38 – Evolução do número de chamados mensais.....	45
Figura 39– Topologia da Infraestrutura de Fibra Óptica GPON.....	47
Figura 40 – Capacidade de tráfego Rede de Distribuição.....	51
Figura 41 – Links de acesso GPON Rede de Acesso.....	52
Figura 42 – Status Conexão Usuário Cliente.....	53
Figura 43 – Conexão de Internet e VoIP ONT cliente.....	54
Figura 44 – Latência conexão ONT cliente e teste de banda.....	54

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Número de Chamados últimos 6 meses Condomínio.....	42
Gráfico 2 – Para qual Função utiliza a internet.....	55
Gráfico 3 – Em qual dispositivo utiliza a internet.....	56
Gráfico 4 – Quantos dispositivos possui conectado em casa.....	57
Gráfico 5 – Plano de internet contratado.....	57
Gráfico 6 – O que teve mais peso no momento de escolher o plano de internet.....	58
Gráfico 7 – Como você considerava sua internet antes de melhorar o método de fornecimento do sinal.....	59
Gráfico 8 – Qual tipo de problema você tinha com a internet.....	59
Gráfico 9 – Quais os horários o problema era mais frequente.....	60
Gráfico 10 – No seu uso diário como era a internet na utilização dos seguintes aplicativos antes da atualização do meio de fornecimento.....	61
Gráfico 11 – Como ficou sua internet depois da melhoria no fornecimento.....	62
Gráfico 12 – No seu uso diário como ficou a internet na utilização dos seguintes aplicativos depois do meio de fornecimento.....	63
Gráfico 13 – Números de Chamados após implementação de GPON.....	64

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação de cabos coaxiais.....	21
Tabela 2 – Categorias dos Cabos de Par Trançado.....	24
Tabela 3 – Padrões IEEE 802.11.....	32
Tabela 4 – Levantamento dos Problemas Reportados.....	36
Tabela 5 – Equipamentos Base Principal – B1.....	39
Tabela 6 – Equipamentos Torre de Transmissão (T1, T2, T3 e T4).....	39
Tabela 7 – Equipamentos Casa de Clientes.....	40
Tabela 8 – Equipamentos GPON Base Principal B1 e Rede de Distribuição.....	48
Tabela 9 – Equipamentos GPON Rede de Acesso.....	49

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>7</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>9</b>
<b>2.1. Redes de Computadores .....</b>	<b>9</b>
<b>2.2. Histórico sobre as Redes de Computadores.....</b>	<b>9</b>
<b>2.3. Classificação de Redes de Computadores.....</b>	<b>11</b>
2.3.1. Classificação Geográfica.....	11
2.3.2. Classificação de Topologia.....	12
<b>2.4. Protocolos de rede .....</b>	<b>16</b>
2.4.1. Modelo OSI .....	16
2.4.2. Protocolo TCP/IP.....	18
<b>2.5. Meios de Transmissão .....</b>	<b>19</b>
2.5.1. Cabo Coaxial.....	20
2.5.2. Cabo Par Trançado .....	22
2.5.3. Fibra Óptica.....	25
2.5.4. Transmissão sem Fio .....	30
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>35</b>
<b>3.1. Estudo de caso .....</b>	<b>35</b>
<b>3.2. Infraestrutura “AS IS” (Antes) .....</b>	<b>36</b>
3.2.1. Topologia das Torres de Transmissão .....	37
3.2.5. Análise dos Problemas.....	41
<b>3.3. Infraestrutura “TO BE” (Depois).....</b>	<b>46</b>
3.3.1. Topologia do Projeto de Fibra Óptica GPON.....	46
3.3.2. Equipamentos Rede de Distribuição.....	47
<b>3.4. Aplicação de Questionário .....</b>	<b>49</b>
3.4.1. Público Alvo do Questionário .....	49
3.4.2. Elaboração do Questionário.....	49
3.4.3. Coleta de Dados .....	50
3.4.4. Tratamento de Dados .....	50
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>51</b>
<b>4.1. Capacidade de Tráfego .....</b>	<b>51</b>
<b>4.2. Estatísticas da ONT de usuário .....</b>	<b>53</b>
<b>4.3. Análise das Respostas do Questionário .....</b>	<b>55</b>
<b>4.4. Número de Chamados .....</b>	<b>63</b>
<b>4.5. Análise dos Resultados .....</b>	<b>64</b>
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>65</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>67</b>
<b>ANEXO I - QUESTIONÁRIO.....</b>	<b>70</b>
<b>ANEXO ii – AUTORIZAÇÃO PARA REDAÇÃO DE ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>Erro!</b>

Indicador não definido.

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente o mundo está conectado através das redes de dados, antes denominada simplesmente rede de computadores. Várias tecnologias estão disponíveis para se estabelecer uma rede de dados, como cabeamento metálico, redes sem fio ou mesmo fibras ópticas (TORRES, 2014). Cada tecnologia tem suas características, como acessibilidade, flexibilidade e performance. Para avaliar suas aplicabilidades vários fatores devem ser considerados, como condições geográficas, custos de instalação ou manutenção, requisitos de performance ou aplicabilidade nas soluções que utilizam as mesmas (LUVISOTTO, 2016).

A demanda por banda tem crescido consideravelmente dentro do provedor, os usuários têm procurado planos com uma quantidade maior de banda, para poder entregar mais velocidade com segurança e estabilidade aos usuários as empresas precisam estar sempre se aprimorando e atualizando seus transmissores e receptores de sinal, e o meio por onde esse sinal passa até chega ao cliente. A busca por um meio de transmissão que consiga atender o cliente com uma boa qualidade de sinal e com um custo baixo, tem como opção a implantação de uma rede de fibra óptica conseguindo uma ótima largura de banda com altas disponibilidades de serviço conseguindo entregar na mesma fibra, internet, tv e telefonia.

O objetivo desse trabalho é a realização de um estudo sobre redes de dados, abordando as vantagens da migração de uma rede wireless para uma rede óptica, a motivação para essa troca de topologia surge pelo fato de a fibra oferecer hoje a melhor solução para a entrega de serviços de banda larga, links dedicados e serviços agregados. O trabalho visa detalhar que mesmo com crescimento do consumo de banda a implantação da fibra óptica vai conseguir entregar um sinal com uma ótima qualidade de banda a todos os clientes do servidor e aos novos clientes que vão contratar o serviço posteriormente.

Este trabalho tem como objetivo apresentar um estudo de caso de otimização de uma rede de dados urbana através da utilização de fibra óptica demonstrando a tecnologia GPON (Gigabit Passive Optical Network), explanando seus equipamentos, funcionamento, principais características e as vantagens que a tecnologia possui em relação a outras tecnologias existentes no mercado.

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Pesquisar todos os conceitos necessários para o entendimento das tecnologias utilizadas em uma rede de dados urbana.
- Pesquisar provedores de rede de dados urbana com diferentes tipos de tecnologia de transmissão.
- Pesquisar provedores que utilizam fibra óptica para transmissão de dados.
- Realizar comparativo com provedores de rede de dados
- Realizar uma pesquisa de campo para coletar dados e analisar a satisfação do cliente em relação a implantação do novo sistema de distribuição do sinal de internet.

Após a realização de pesquisas e comparativos, foram detalhados os conceitos de fibra óptica, os tipos de multiplexação e suas tecnologias utilizando GPON, foram abordados também os equipamentos utilizados durante a implantação e seus fabricantes.

No primeiro capítulo pode ser visto uma breve introdução ao trabalho detalhando os objetivos do mesmo, no segundo capítulo o foco será a pesquisa bibliográfica dos tópicos de estudo como redes de computadores, topologia de redes, protocolos de rede e meios de transmissão, no terceiro capítulo serão abordados o desenvolvimento do trabalho, a metodologia utilizada e a aplicação do estudo de caso, no quarto capítulo serão apresentados os resultados obtidos a partir do estudo de caso e no quinto capítulo podem ser vistos as considerações finais e as conclusões obtidas através do estudo realizado, contribuindo para que acadêmicos e profissionais que trabalham com enlace de sinal possam prever a perda de sinal devido a obstrução da zona de fresnel e corrijam o problema do link antes que os clientes sejam afetados.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

Este capítulo visa apresentar os conceitos utilizados no desenvolvimento deste trabalho. Nele serão apresentados e explicados todos os conceitos teóricos e técnicos sobre redes de transmissão abordados e utilizados no trabalho.

### **2.1. Redes de Computadores**

As redes de computadores podem ser definidas como um conjunto de computadores autônomos interconectados por uma única tecnologia (TANENBAUM, 2003). Apesar de ser uma definição resumida, a mesma utiliza algumas palavras chaves importantes. A primeira delas é “computadores autônomos” que na verdade pode significar qualquer dispositivo eletrônico, desde um computador tradicional (desktop), dispositivos móveis como smartphones, tablets, notebooks e nos dias atuais, smartv’s, sensores, eletroeletrônicos e eletrodomésticos. Toda esta conectividade provida pelas redes de dados dá-se graças a segunda palavra chave da definição citada, única tecnologia, que significa que padrões de comunicação foram criados, como por exemplo, o padrão IEEE 802.3 Ethernet (TORRES, 2014) para que todos os dispositivos pudessem estar conectados entre eles formando uma rede de computadores.

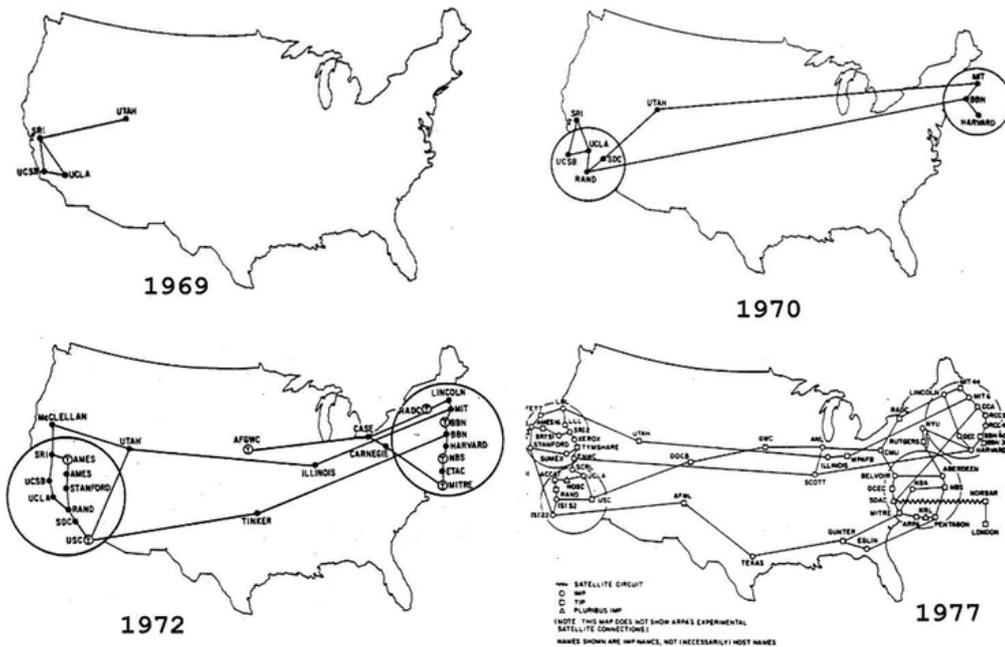
As redes de computadores surgiram da necessidade de troca de informações, nas quais as mesmas geram a possibilidade de acesso a informações necessárias de forma remota, onde as mesmas vêm em uma constante evolução em busca de maiores velocidades e performance (MA e JIA, 2018).

### **2.2. Histórico sobre as Redes de Computadores**

Apesar dos recentes avanços nas tecnologias de comunicação, as redes de computadores já são presentes nos ambientes informatizados a mais de seis décadas. Os primeiros funcionamentos de uma comunicação através de redes de dados foram iniciados no MIT (Massachusetts Institute of Technology) nos Estados Unidos quando em 1961 Leonard Kleinrock publica sua dissertação de doutorado sobre redes usando o conceito de comutação de pacotes. Desde então este conceito foi explorado e as redes de computadores começaram a ser mais utilizadas. O trabalho de Kleinrock deu origem em 1970 a ARPANET, que contou com Lawrence Roberts, colega de Kleinrock do MIT, como seu idealizador. O projeto ARPANET foi desenvolvido pela agência

americana ARPA (Advanced Research and Projects Agency) inicialmente com o intuito de interconectar os departamentos militares e de pesquisa do governo americano (THECONVERSATION.COM, 2018).

Figura 1 – Evolução da ARPANET



Fonte: THECONVERSATION.COM, (2018)

A Figura 1 ilustra a evolução do alcance da ARPANET, onde inicialmente a mesma interligou 4 Universidades da Califórnia nos EUA e em 1972 já contava com 37 nós de interligação. A grande evolução da então ARPANET deu-se em 1983 quando o protocolo TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) começou a ser utilizado no lugar do NCP (Network Control Protocol), o que deu início a Internet. Dada a evolução da ARPANET, a mesma foi dividida entre a MILNET, destinada exclusivamente a fins militares e a INTERNET rede pública e hoje mundialmente utilizada (THECONVERSATION.COM, 2018).

Um outro fato marcou a evolução da INTERNET, quando em 1989 o sistema WWW (World Wide Web) foi desenvolvido por Tim Berners-Lee, marcando o início da utilização dos chamados navegadores de internet. O sistema WWW é o responsável por apresentar de forma visual as informações contidas no código HTML (Hypertext

Markup Language) e traduzidas pelo protocolo HTTP (Hypertext Transfer Protocol), todos desenvolvidos por Berners-Lee (CERN, 2018).

De acordo com (TANEMBAUM, 2003) Toda esta evolução que teve início com a ARPANET que posteriormente veio a se transformar na INTERNET, está diretamente ligada ao processo de globalização mundial, onde as distâncias geográficas são encurtadas graças a esta evolução, onde comunicar-se, independente da distância, tornou-se algo trivial nos dias atuais, não se limitando apenas aos órgãos do governo e centros universitários.

### **2.3. Classificação de Redes de Computadores**

Conforme citado anteriormente, as redes de computadores vieram com o objetivo principal de proporcionar uma forma mais ágil e rápida de comunicação, bem como encurtar distâncias geográficas. Naturalmente os desafios para se estabelecer estas redes e a comunicação aumentam proporcionalmente às distâncias entre os pontos que desejam se comunicar.

#### **2.3.1. Classificação Geográfica**

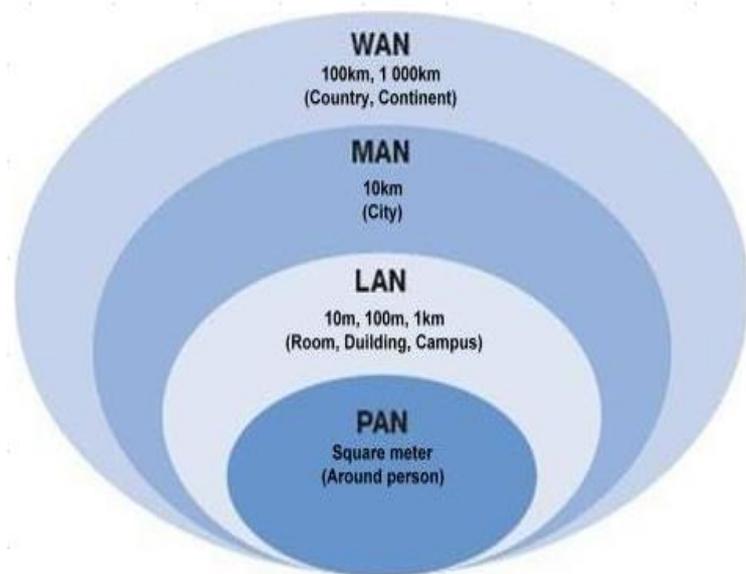
Para melhor estruturar as redes de computadores nas diferentes distâncias de comunicação, estabeleceu-se alguns tipos de rede, onde as mesmas são classificadas de acordo com sua abrangência geográfica. As classificações são:

- PAN – Personal Área Network ou redes pessoais tem como principal característica o curto alcance, com o objetivo de compartilhamento de recursos de forma simples e ágil. Um exemplo de PAN seria a tecnologia IEEE 802.15.1 Bluetooth.
- LAN – Local Área Network ou redes locais é o tipo de rede que está no objetivo deste trabalho, onde a mesma é responsável por interligar os dispositivos dentro de uma organização.
- MAN – Metropolitan Área Network, ou redes metropolitanas, cujas mesmas são maiores em extensão que as redes LAN e são utilizadas para interligar diferentes LAN.

- WAN – Wide Área Network, consideradas redes de longa distância, muitas vezes são utilizadas para ligar localidades que estão fisicamente distantes. A Internet é um exemplo de WAN (TORRES, 2014).

A Figura 2 demonstra de forma ilustrativa e em ordem hierárquica estas classificações, onde nota-se que a classificação das mesmas se dá principalmente pela abrangência, no caso sendo desde uma rede pessoal (PAN - *Around Person*) ou até mesmo uma rede intercontinental (WAN – *Country, Continent*).

Figura 2 – Classificação das Redes de Computadores



Fonte: NETWORKING.LAYER, (2018)

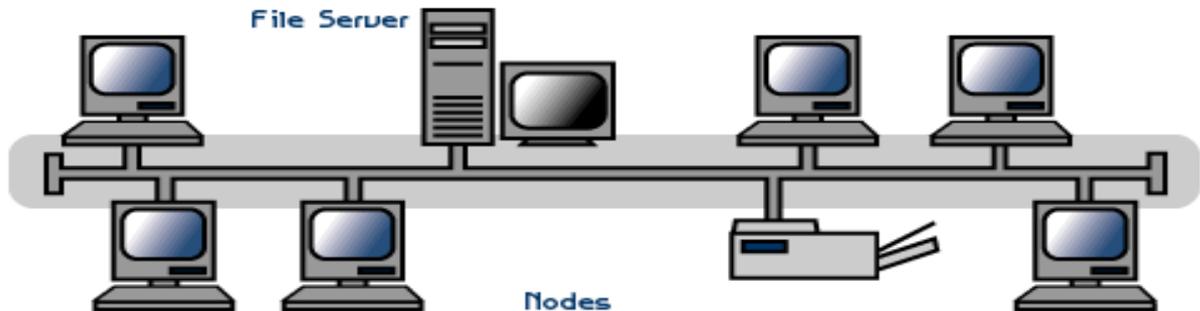
### 2.3.2. Classificação de Topologia

Além da classificação pelas distâncias geográficas ou abrangência, as redes de computadores podem ser classificadas de acordo com a sua topologia, ou seja, de acordo de como as mesmas estão dispostas no ambiente onde estão instaladas. O posicionamento dos equipamentos de rede irá definir a sua topologia. As principais topologias de rede são: Topologia em barramento, Topologia em malha, Topologia em anel, Topologia em estrela, Topologia em árvore.

Topologia em barramento – Neste modelo os dispositivos (computadores, etc...) Estão dispostos de forma linear interligados através de um barramento único, ou seja, um mesmo cabo. Este tipo de cabo pode ser coaxial ou par trançado. Este

tipo de topologia não é mais utilizado atualmente, pois possui várias desvantagens, como por exemplo o fato de um problema no barramento interromper toda a comunicação da rede (TORRES, 2014). A Figura 3 demonstra esta topologia

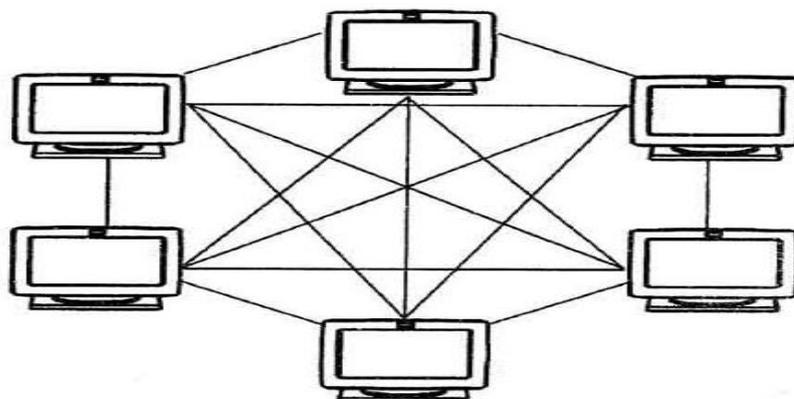
Figura 3 – Topologia em Barramento



Fonte: FCTI, (2018)

Topologia em malha – Este modelo sugere que todos os dispositivos na rede se comuniquem com todos os outros diretamente, ou seja, todos computadores estão ligados a todos os outros. Este tipo de topologia traz como principal vantagem a disponibilidade, onde um problema em um link de comunicação não comprometerá os demais, porém não é um tipo de topologia muito utilizado pois há um excesso de cabeamento necessário (TORRES, 2014) além de uma certa “desordem” na comunicação. A Figura 4 ilustra este modelo:

Figura 4 – Topologia em Malha

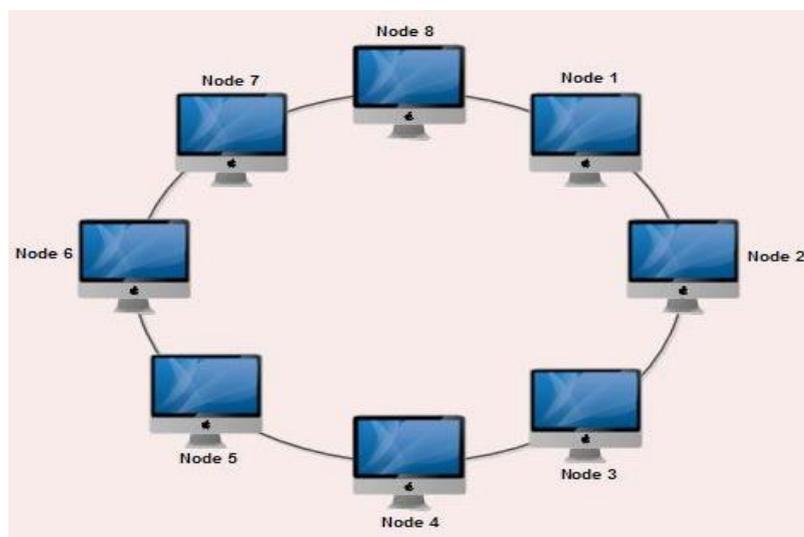


Fonte: ECOMPUTERNOTES, (2018)

Topologia em anel: Como o nome já sugere, este tipo de topologia faz a interligação entre os dispositivos em formato de anel, onde cada computador está

ligado a outros dois computadores, um anterior e outro posterior, no anel formado entre eles. Este tipo de topologia traz a desvantagem de que em caso de falha do cabeamento ou de um dos computadores, que acabam transformando-se em nós, a rede para. Problema este resolvido com a utilização de concentradores para fazer as ligações e não diretamente o próprio computador. Este tipo de topologia é utilizado em arquiteturas de rede como Token Ring e FDDI (Fiber Distributed Data Interface) (TORRES, 2014). Este modelo é demonstrado na Figura 5.

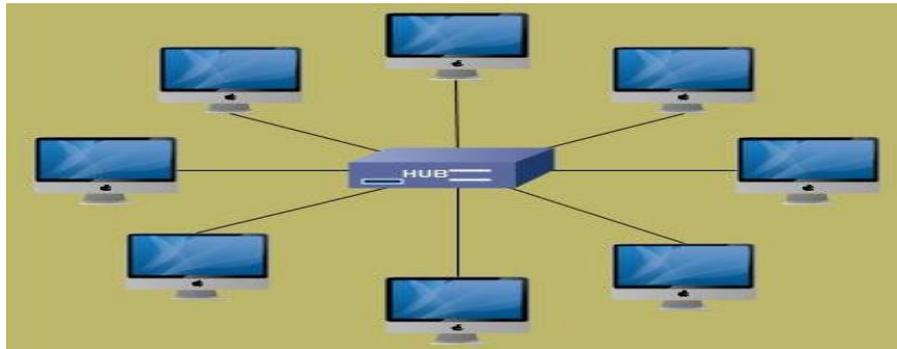
Figura 5 – Topologia em Anel



Fonte: ECOMPUTERNOTES, (2018)

Topologia em estrela: Este tipo de topologia necessariamente possuirá um elemento concentrador, que normalmente é o Switch, onde os dispositivos estarão todos ligados a este concentrador, que faz o papel de interligar todos os mesmos em rede. Desta forma, os computadores estão ligados à rede de forma isolada, ou seja, comunicam-se individualmente com o concentrador, no caso um Switch, e o mesmo se encarregará de transmitir a informação para o seu destino. Este tipo de topologia torna a rede mais flexível e com menor possibilidade de parada, uma vez que se um dos cabos que ligam um dos computadores apresenta problema os demais continuarão se comunicando normalmente (TORRES, 2014). Este tipo de topologia está ilustrado na Figura 6.

Figura 6 – Topologia em Estrela

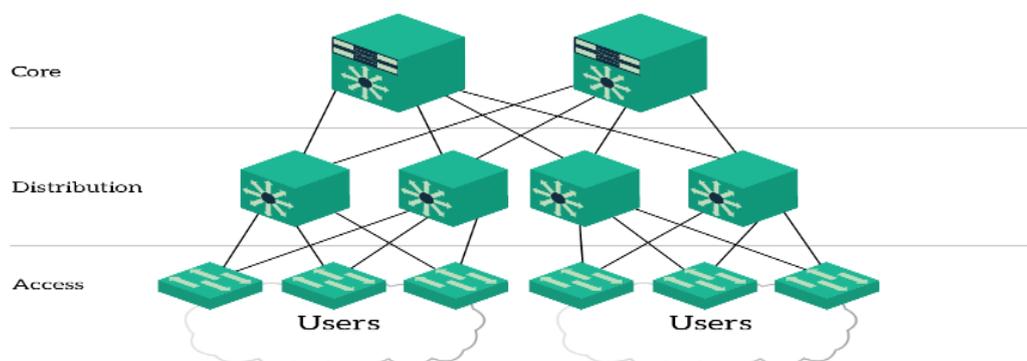


Fonte: ECOMPUTERNOTES, (2018)

Importante ressaltar que na Figura 6, a imagem mostra um HUB como concentrador, o que faz com que na prática, esta rede seja no funcionamento como a topologia Barramento, pois o HUB é um dispositivo que interliga os computadores apenas fisicamente, ou seja, sem nenhuma inteligência, diferente do Switch que tem inteligência para segmentar a rede, ou seja, criar diferentes seguimentos para cada uma das conexões da topologia Estrela (TORRES, 2014). Estas diferenças entre os dispositivos estão citadas em tópico posterior.

Topologia em árvore: Esta topologia é na verdade um conjunto da Topologia Estrela, ou seja, são redes em formato estrela interligadas por vários concentradores. Este tipo de topologia também é chamado de hierárquica, pois os conjuntos de estrelas são interligadas de forma hierárquica (TORRES, 2014), onde o concentrador ou Switch de maior desempenho é chamado de *Core* (Núcleo) da rede, passando pelos Switches de distribuição e por fim, terminando nos Switches de Acesso. A Figura 7 ilustra este tipo de topologia.

Figura 7 – Topologia em Árvore



Fonte: ICTSHORE, (2018)

O conhecimento sobre o funcionamento das topologias de rede é importante para um adequado projeto de implementação nos ambientes, pois influenciará diretamente em vários fatores, como custo de implementação ou manutenção, flexibilidade, escalabilidade, disponibilidade e aplicabilidade (LUVISOTTO, 2016).

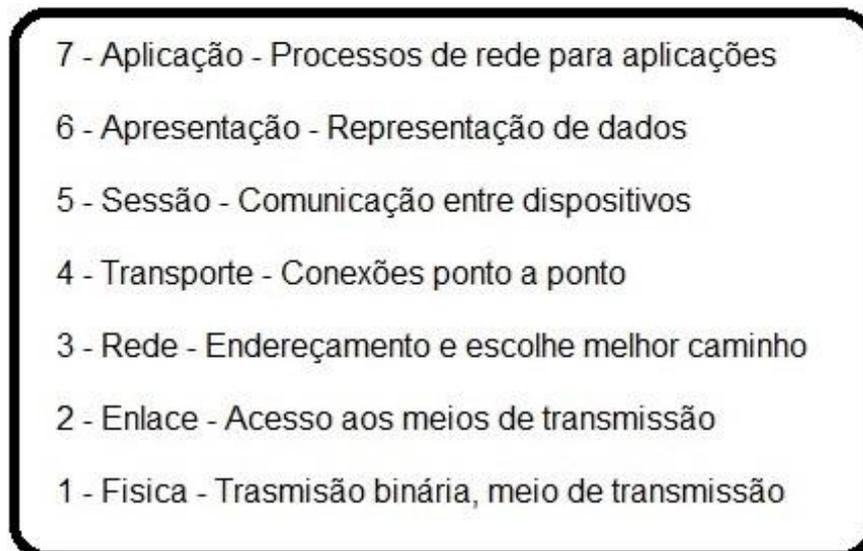
## 2.4. Protocolos de rede

Conforme as redes de computadores foram evoluindo em tamanho e quantidade de dispositivos interligados, foi necessário padronizar o funcionamento das mesmas, ou seja, criar protocolos de funcionamentos.

### 2.4.1. Modelo OSI

Para que os protocolos fossem mundialmente seguidos a ISO (*International Organization for Standardization*) criou o modelo OSI (Open Systems Interconnection), que foi idealizado para servir de modelo aos fabricantes de equipamentos de redes. Desta forma os protocolos criados para a interconexão em uma rede de dados seguem este modelo. Em resumo, este modelo propõe a comunicação feita em 7 camadas, onde cada camada é responsável por protocolos específicos (TORRES, 2014), ilustradas na Figura 8:

Figura 8 – 7 Camadas do Modelo OSI



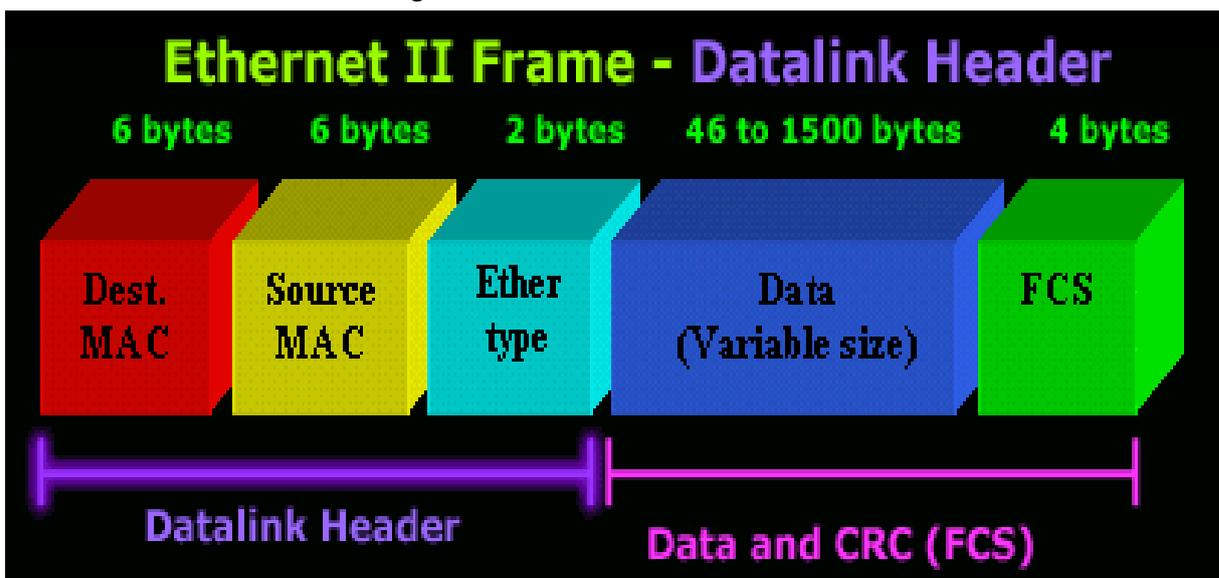
Fonte: Elaborado pelo autor

Definido um modelo a ser seguido, as redes de computadores possuem diferentes arquiteturas para seu funcionamento. A arquitetura Ethernet, definida no

padrão IEEE 802.3 é a mais utilizada para redes locais (LAN), operando nas duas primeiras camadas do modelo OSI (Physical e Datalink). As redes Ethernet surgiram com o intuito de resolver vários problemas e falhas de outras arquiteturas, como as redes que utilizavam cabos coaxiais (10Base 2 ou 10Base5) que tinham problemas de lentidão e colisão de dados (TORRES, 2014). A principal evolução trazida pelas redes Ethernet foi o controle de acesso ao meio, onde o mecanismo CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) é responsável por verificar se o meio físico a ser utilizado na transmissão está livre, evitando assim colisão de dados (TORRES, 2014).

As redes Ethernet utilizam endereçamento MAC (Media Access Control) para a comunicação. Todo e qualquer dispositivo com padrão Ethernet para comunicação em rede possui um endereço físico único, onde o mesmo será utilizado como o identificador daquele dispositivo na rede física. A transmissão de dados em uma rede Ethernet é feita através de quadros, cujo os mesmos conterão as informações necessárias para a transmissão incluindo os endereços MAC de origem e destino, a origem do processo de envio (ether type), o tamanho do quadro (data) e o teste de erro de transmissão (FCS-Frame Check Sequence) (TORRES, 2014). A Figura 9 ilustra um quadro padrão Ethernet.

Figura 9 – Quadro IEEE 802.3 Ethernet



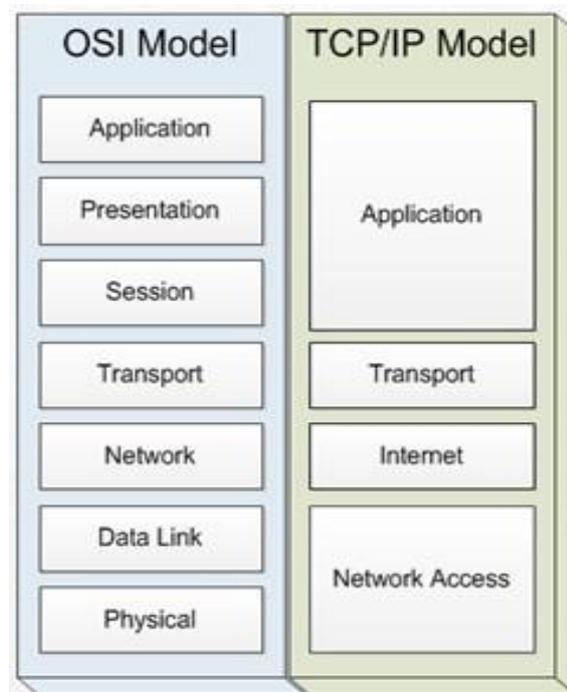
Fonte: FIREWALL.CX, (2018)

#### 2.4.2. Protocolo TCP/IP

Conforme citado anteriormente, os protocolos de rede desenvolvidos pelos fabricantes de equipamentos têm o modelo OSI como modelo de referência a ser seguido. Desta forma vários protocolos foram desenvolvidos utilizando como base o modelo OSI, como por exemplo o protocolo TCP/IP (Transport Control Protocol/Internet Protocol). Atualmente este é o protocolo mais utilizado nas redes de computadores, por vários motivos, como por exemplo por ser um protocolo “roteável”, ou seja, permite que sejam criadas rotas de origem e destino através da utilização do endereçamento lógico IP (Internet Protocol) o que o tornou base para a desenvolvimento da internet. Outro fator é que o mesmo é de arquitetura aberta, ou seja, o mesmo pode ser utilizado pelos fabricantes de forma universal como base para seus sistemas operacionais (TORRES,2014).

Uma vez que o TCP/IP tem como base o modelo OSI, há uma comparação de seu funcionamento, ilustrado na Figura 10.

Figura 10 – Comparação de Modelo OSI e Protocolo TCP/IP



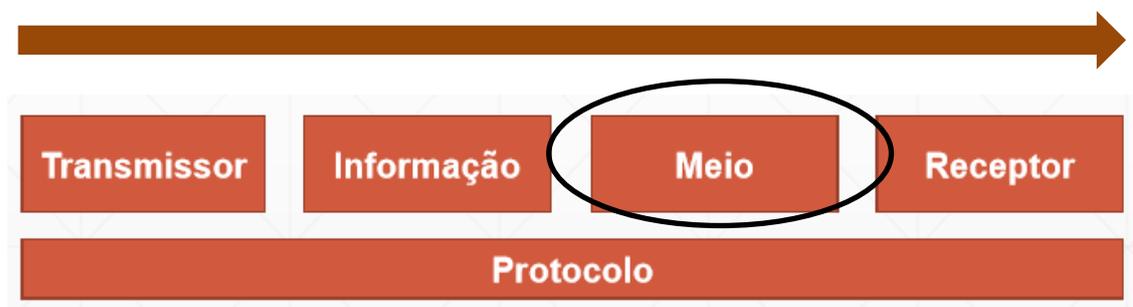
Fonte: INETDAEMON, (2018)

Nota-se na Figura 10 uma divisão em 4 camadas principais no protocolo TCP/IP em relação ao modelo OSI, onde tem-se a camada de rede (Network Access) relacionada as duas primeiras camadas do OSI, a camada Internet que também pode ser chamada de camada de rede (Network) assim como no OSI e também possui as mesmas funções de endereçamento IP e encaminhamento dos pacotes IP, depois vemos a camada de transporte, que também possui a mesma função. Já na camada de aplicação no protocolo TCP/IP têm-se a comparação com as 3 camadas mais altas no modelo OSI, onde estão vários denominados protocolos de alto nível, ou seja, eles trabalham e têm como funções serviços no nível das aplicações, como por exemplo HTTP, que foi citado anteriormente como o protocolo que deu origem à utilização da internet de forma gráfica nos navegadores ou também protocolos de transmissão e recepção de e-mails, como POP3 (Post Office Protocol) e SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) (TORRES, 2014).

## 2.5. Meios de Transmissão

Dado os conceitos de como as redes de computadores funcionam através de diferentes topologias e protocolos, naturalmente existem diferentes meios de transmissão para que a comunicação ocorra e estes vêm evoluindo, principalmente em aspectos de velocidade, performance, eficiência e eficácia. Em todo e qualquer processo de comunicação, tem-se necessariamente a presença de cinco elementos principais: Transmissor, Receptor, Informação a ser transmitida, Protocolo e o Meio de Transmissão (FOROUZAN, 2007). Estes elementos estão ilustrados na Figura 11 como exemplo.

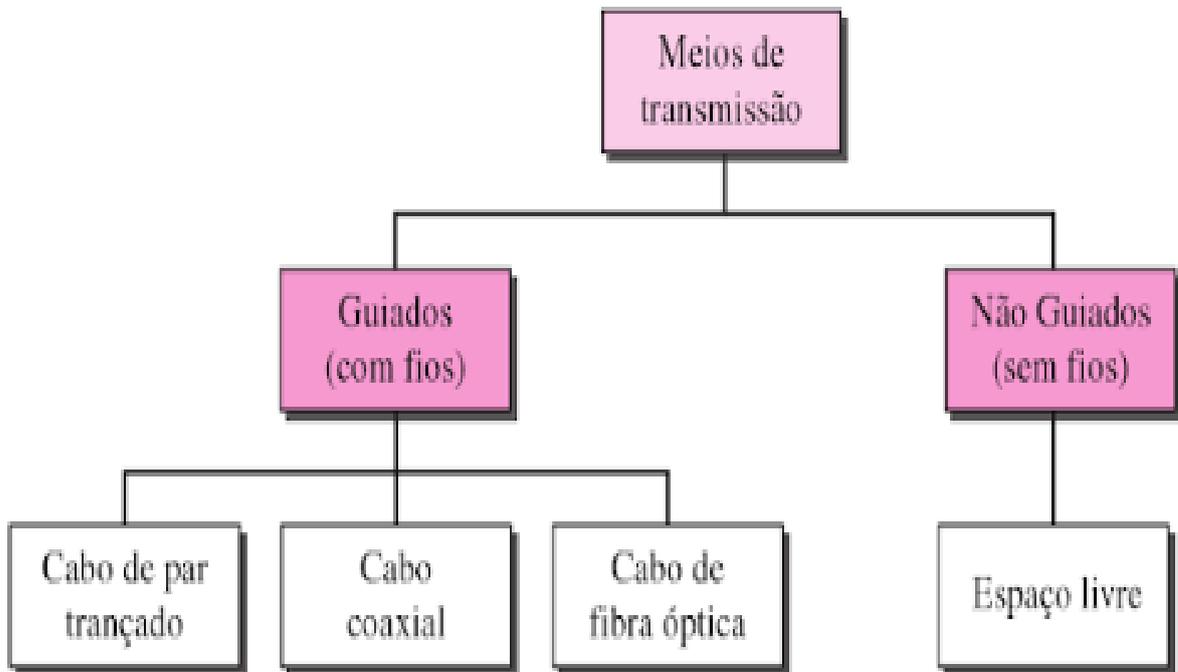
Figura 11 – Elementos de um Processo de comunicação



Fonte: Adaptado de forouzan, (2007)

Assim como existem diferentes protocolos de transmissões e recepções nas redes de computadores, existem diferentes meios de transmissão, onde cada um possui diferentes características, aplicabilidades, vantagens e desvantagens. Meios de Transmissão, de uma forma geral, podem ser definidos como qualquer coisa capaz de transportar informações de uma origem a um destino (FOROUZAN, 2007). Os meios de transmissão podem ser guiados, como cabos metálicos (Coaxial ou Par Trançado) ou cabos ópticos e também podem ser meios não guiados, que são os meios sem fio (KUROSE e ROSS, 2013). A Figura 12 ilustra a classificação dos meios de transmissão.

Figura 12 – Classificação dos Meios de Transmissão

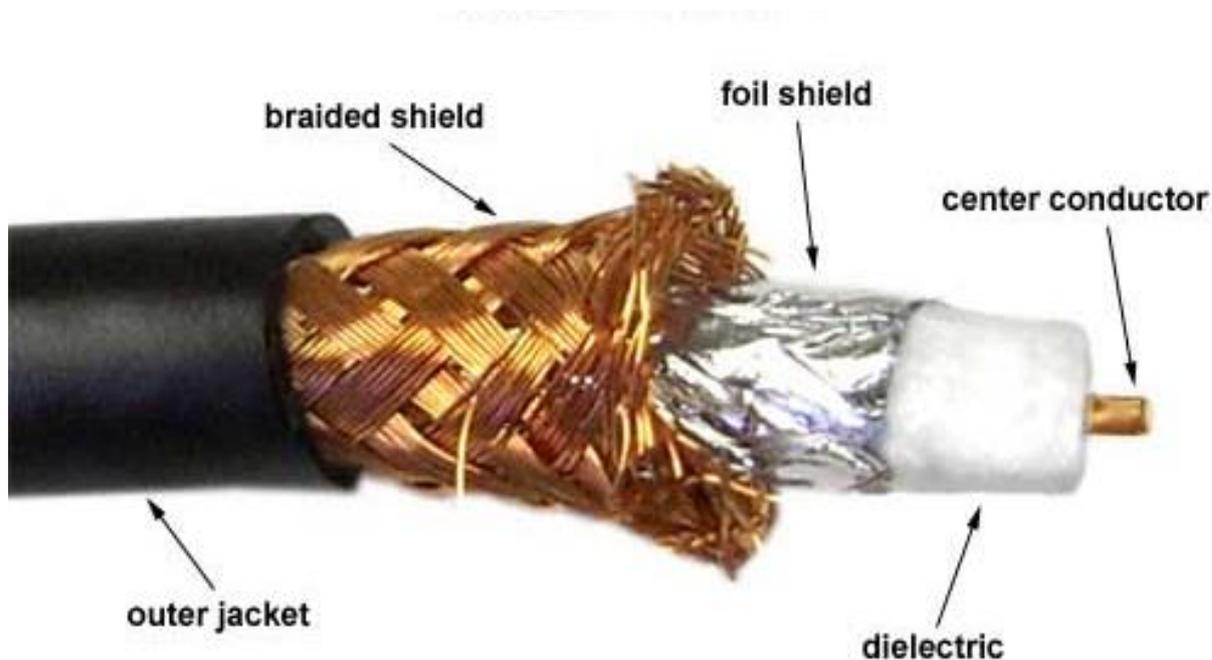


Fonte: Adaptado de forouzan (2007)

### 2.5.1. Cabo Coaxial

Um dos primeiros a serem utilizados em redes de computadores foi o Cabo Coaxial, que apresenta um condutor central (núcleo), normalmente cobre, envolvido por uma malha, que funciona como uma blindagem contra interferências eletromagnéticas. Entre o núcleo e a malha, existe um material isolante, assim como nas extremidades, além da capa plástica, formando o cabo (FOROUZAN, 2007), conforme ilustra a Figura 13.

Figura 13 – Cabo Coaxial



Fonte: CABLEWHOLESALE, (2018)

Os cabos coaxiais possuem impedância, medida em ohms ( $\Omega$ ), onde os mesmos são classificados de acordo com a sua impedância, conforme ilustra a Tabela 1.

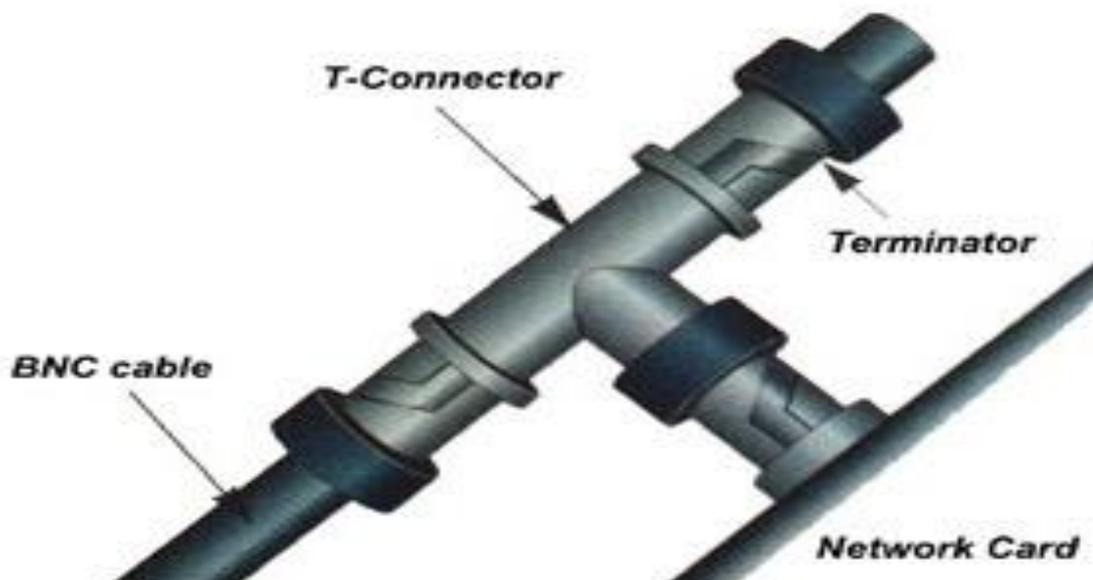
Tabela 1 – Classificação de cabos coaxiais

<b>Categoria</b>	<b>Impedância (<math>\Omega</math>)</b>	<b>Aplicação</b>
RG-59	75 $\Omega$	Tv a Cabo
RG-58	50 $\Omega$	Ethernet fina
RG-11	50 $\Omega$	Ethernet grossa

Fonte: FOROUZAN, (2007)

Para executar as conexões entre os cabos e os dispositivos, existem os conectores coaxiais, que em sua maioria são do tipo BNC (Bayone-Neil-Concelman). Existem três tipos destes conectores, conforme ilustra a Figura 14.

**Figura 14 – Tipos de conectores BNC**



Fonte: INTERFACEBUS, (2018)

Apesar do cabo coaxial ter sido amplamente utilizado no início da utilização das redes de computadores, hoje é considerado ultrapassado para esta finalidade, apesar de ser utilizados para outras aplicações, como TV a cabo. O mesmo apresenta algumas vantagens e desvantagens, conforme itens a seguir de acordo com (TORRES, 2014):

Vantagens:

- Devido a sua blindagem, os cabos coaxiais alcançam maiores distâncias que os cabos de par trançado (~185m).
- Melhor imunidade contra interferências eletromagnéticas e atenuações.

Desvantagens:

- Inflexível, o que pode acarretar quebra ou mau contato.
- Utilizado em topologias lineares, como barramento ou anel, o que gera dificuldade na adição e ou remoção de computadores na rede (TORRES, 2014).

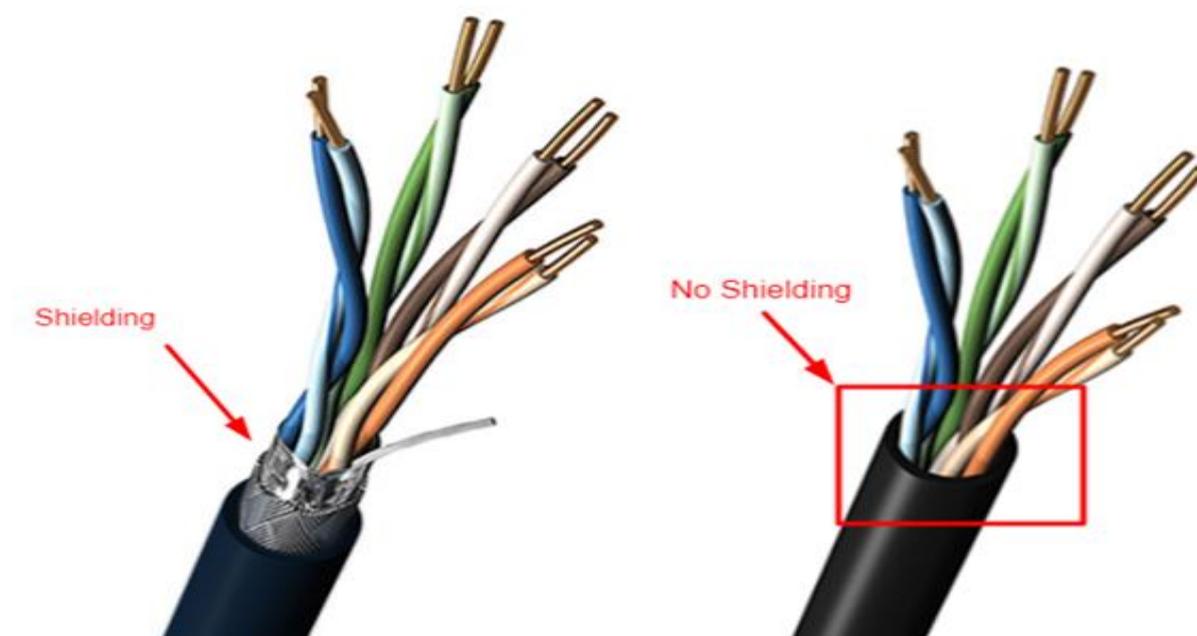
### 2.5.2. Cabo Par Trançado

O cabo de Par Trançado é o mais utilizado nas redes Ethernet, onde, como o nome já sugere, é composto de cabos metálicos trançados entre si. Estas tranças são justamente para que se crie um campo eletromagnético em volta dos pares do cabo

que estão trançados, onde cria-se desta forma uma blindagem contra interferências eletromagnéticas, permitindo assim maior desempenho na comunicação (KUROSE e ROSS, 2013).

Os cabos Par Trançado possuem inicialmente dois tipos, os cabos UTP (Unshielded Twisted Pair) ou STP (Shielded Twisted Pair), onde a diferença básica entre os mesmos é a presença ou não de uma blindagem física que envolve os pares metálicos. A Figura 15 demonstra a diferença entre os cabos UTP e STP.

Figura 15 – Cabos Par Trançado UTP e STP



Fonte: WESTCOASTCOMM, (2018)

Nota-se na Figura 15 que o cabo TP (Twisted Pair) é formado por 4 pares de cabos metálicos entrelaçados e com cores diferentes de forma proposital, pois as cores representarão a ordem de pinagem nos conectores seguindo a norma TIA/EIA 568.

A principal vantagem dos cabos TP é a sua flexibilidade de instalação, onde há uma facilidade na passagem dos mesmos em tubulações como conduítes embutidos e eletrocalhas. Uma desvantagem dos cabos TP é que seu alcance máximo é de 100 metros, onde em ambientes com cabeamento estruturado, o comprimento máximo é

de 90 metros, pois tem-se os *patch cords*, que são os cabos TP ligados nos switches, *patch panels* ou tomadas (TORRES, 2014).

Além dos tipos de cabos TP, têm-se as categorias dos mesmos, que possuem diferentes características elétricas para atender diferentes aplicações, além da evolução da performance. As categorias dos cabos TP são normatizadas pelo órgão americano TIA (Telecommunications Industry Association) na norma 568 (TORRES, 2014). A Tabela 2 demonstra as diferentes categorias bem como as aplicações (Application) e velocidades máximas (Data Rate) (FIREWALL.CX, 2018).

Tabela 2 – Categorias dos Cabos de Par Trançado

<b>UTP Categories - Copper Cable</b>				
<b>UTP Category</b>	<b>Data Rate</b>	<b>Max. Length</b>	<b>Cable Type</b>	<b>Application</b>
<b>CAT1</b>	Up to 1Mbps	-	Twisted Pair	Old Telephone Cable
<b>CAT2</b>	Up to 4Mbps	-	Twisted Pair	Token Ring Networks
<b>CAT3</b>	Up to 10Mbps	100m	Twisted Pair	Token Rink & 10BASE-T Ethernet
<b>CAT4</b>	Up to 16Mbps	100m	Twisted Pair	Token Ring Networks
<b>CAT5</b>	Up to 100Mbps	100m	Twisted Pair	Ethernet, FastEthernet, Token Ring
<b>CAT5e</b>	Up to 1 Gbps	100m	Twisted Pair	Ethernet, FastEthernet, Gigabit Ethernet
<b>CAT6</b>	Up to 10Gbps	100m	Twisted Pair	GigabitEthernet, 10G Ethernet (55 meters)
<b>CAT6a</b>	Up to 10Gbps	100m	Twisted Pair	GigabitEthernet, 10G Ethernet (55 meters)
<b>CAT7</b>	Up to 10Gbps	100m	Twisted Pair	GigabitEthernet, 10G Ethernet (100 meters)

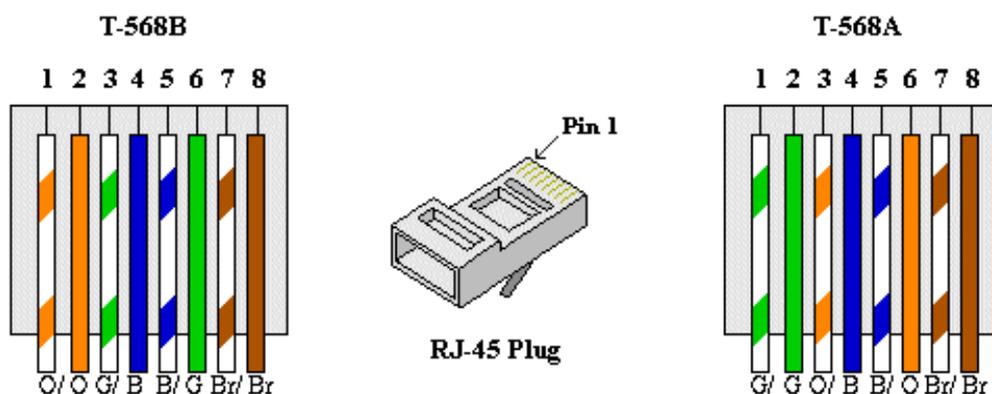
Fonte: FIREWALL.CX, (2018)

Nota-se na Tabela 2, que a partir do CAT5, os cabos TP são utilizados para as redes do padrão Ethernet, onde os mesmos vêm evoluindo principalmente na velocidade de comunicação, onde na categoria 7 (CAT7) estes cabos já podem atingir mais de 10Gbps. Recentemente já apresentam o cabo categoria 8 (CAT8), que chega a atingir 40Gbps, sendo indicado para aplicações de alta performance em data centers (FURUKAWALATAM, 2018).

Assim como nos cabos coaxiais, os cabos TP têm vários elementos e acessórios para estabelecer uma estrutura de rede de computadores, como

conectores, tomadas e *patch panels*. Os conectores dos cabos TP seguem a normatização TIA 568 e são do tipo 8P8C (RJ45). Conforme citado anteriormente, para a conectorização de um cabo TP há uma normalização de pinagem, que podem seguir dois padrões: 568A e 568B, demonstradas na Figura 16:

Figura 16 – Padrões 568A e 568B para conectorização em cabos TP



Fonte: BYTEPILE, (2018)

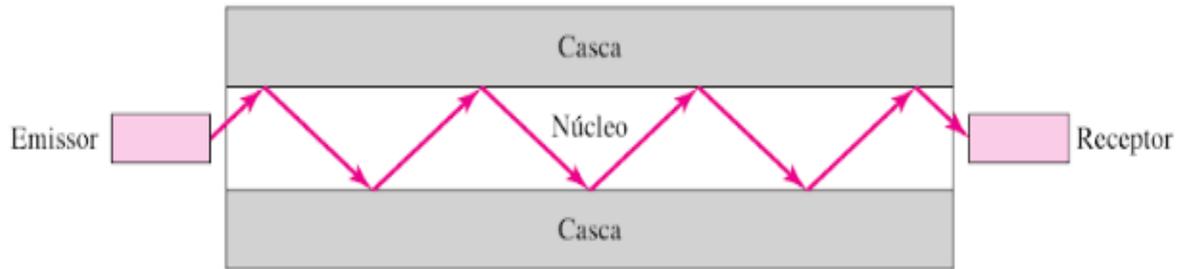
### 2.5.3. Fibra Óptica

A fibra óptica transmite as informações através de sinais luminosos, diferente dos cabos anteriores que utilizavam sinais elétricos. Esta característica de transmissão traz uma série de vantagens em relação aos cabos metálicos (TANENBAUM, 2003), como por exemplo:

- A fibra óptica é imune a ruídos, uma vez que a mesma não sofre interferências eletromagnéticas.
- O sinal na fibra óptica sofre menor atenuação por características da propagação da luz, o que proporciona alcances de longa distância nos cabos de fibra óptica.
- Como a fibra óptica não conduz eletricidade, a mesma não terá problemas com descargas elétricas ou qualquer outro fenômeno elétrico danoso.

O princípio de funcionamento da fibra óptica está baseado em um fenômeno luminoso, a reflexão. Os sinais luminosos são guiados por um canal através da reflexão dentro dos cabos de fibra óptica, onde tem-se uma diferença de densidade nos materiais que compõe a fibra óptica, como demonstra a Figura 17.

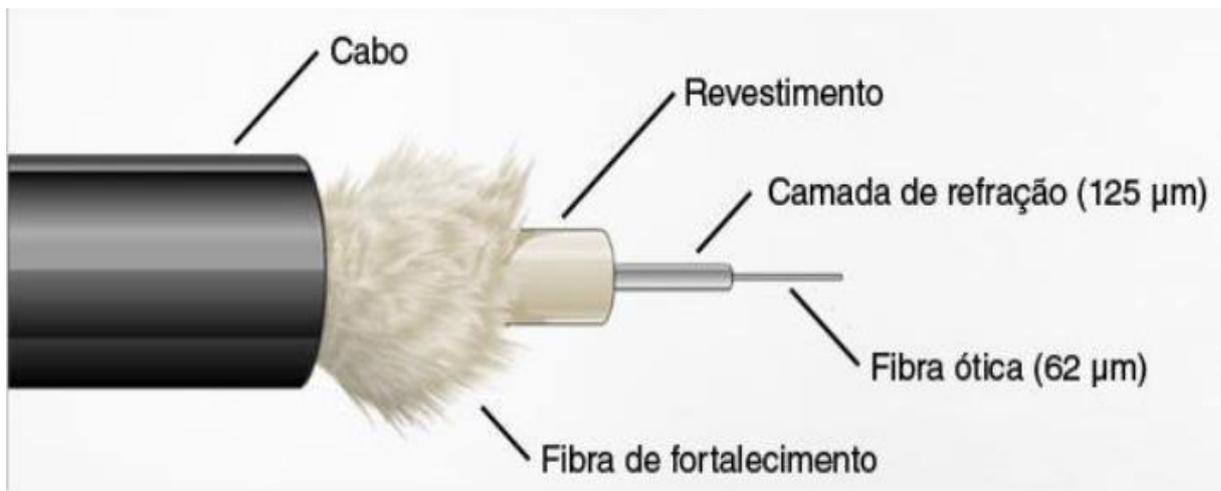
Figura 17 – Funcionamento da Fibra Óptica



Fonte: FOROUZAN, (2007)

Nota-se na Figura 17 alguns dos elementos básicos que compõe a fibra óptica, sendo o núcleo, casca ou revestimento. Além destes, tem-se outros elementos de proteção à fibra óptica formando o cabo de fibra óptica, como demonstra a Figura 18.

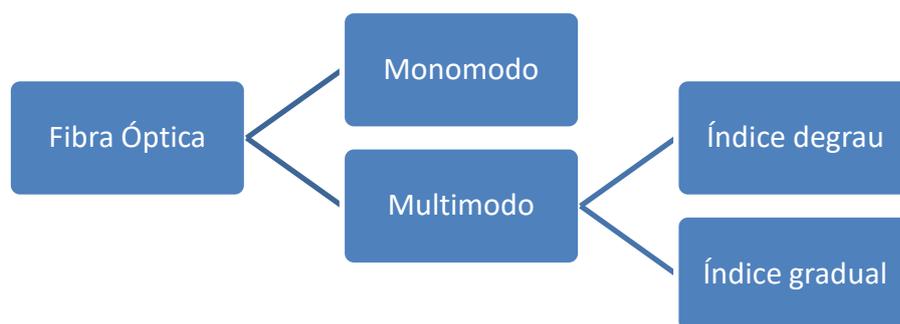
Figura 18 – Elementos de um Cabo de Fibra Óptica



Fonte: PROJETO DEREDES, (2018)

Assim como outros tipos de cabos, as fibras ópticas possuem diferentes tipos, sendo as fibras multimodo (MMF – Multiple Mode Fiber) e fibras monomodo (SMF – Single Mode Fiber), onde as diferenças entre estes tipos são referentes a como a luz é transmitida através da fibra (TORRES, 2014). As fibras multimodo também se dividem em 2 tipos, as de índice degrau e de índice gradual, como mostra a Figura 19.

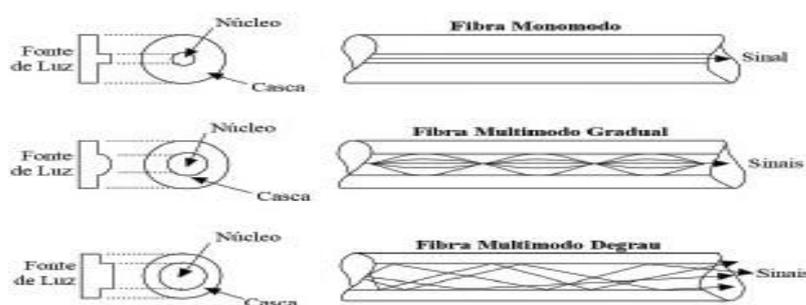
Figura 19 – Tipos de Fibra Ópticas



Fonte: FOROUZAN, (2007)

Como o nome sugere, as fibras multimodo são de múltiplos fluxos de transmissão de luz onde os feixes de luz deslocam-se ao longo do núcleo por caminhos diferentes. Estas também se dividem em dois tipos, as de índice degrau que tem a densidade do núcleo constante e as de índice gradual, onde a densidade do núcleo varia ao longo do cabo, diferenças estas que geram diferentes formas de propagação da luz. As fibras monomodo, também usam índice degrau, porém tem uma fonte de emissão de luz focalizada, reduzindo a quase zero a reflexão dentro do núcleo, onde o feixe irá se propagar praticamente na horizontal (FOROUZAN, 2007). A Figura 20 ilustra as diferenças de propagação da luz nos diferentes tipos de fibra.

Figura 20 – Propagação da Luz na Fibra Óptica



Fonte: scielo.org (2019)

As fibras ópticas também possuem diferentes tipos de conectores para interligar os cabos de fibra óptica aos equipamentos. Existem vários tipos de conectores de fibra óptica, sendo que os mais comuns são: LC (Lucent Connector), SC (Subscriber Connector), ST (Straight Tip) e MT-RJ (Mechanical Transfer

Registered Jack). Todos estes têm suas diferenças e aplicabilidades nos cabos de fibra óptica (FOROUZAN, 2007). A Figura 21 ilustra estes tipos de conectores:

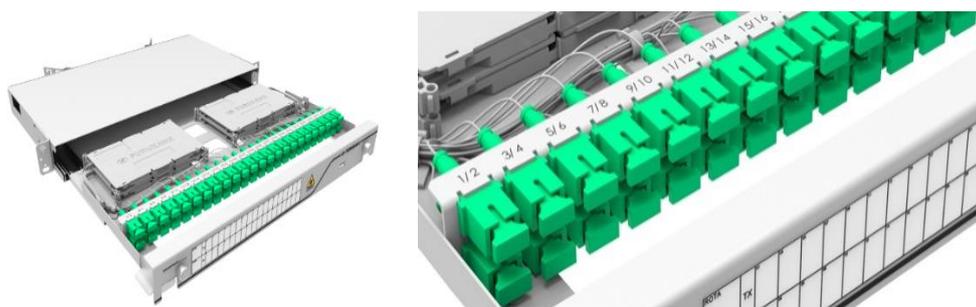
Figura 21 – Tipos de conectores para Fibra Óptica



Fonte: QUANTANETWORKS, (2018)

Vários acessórios são necessários para montagem de uma estrutura de fibra óptica, como cordões ópticos, *transceivers* e DIO (Distribuidor Internet Óptico). Para ligar um cabo de fibra óptica em um rack, existe um esquema de montagem da estrutura, desde o cabo até a ligação na porta do Switch. O cabo de fibra, que pode possuir várias fibras ópticas contidas chega até o rack e devido a sua fragilidade é acomodado em um DIO, que tem vários slots de um determinado tipo de conector (FURUKAWALATAM, 2018), como o exemplo da Figura 22.

Figura 22 – DIO BT48 Furukawa



Fonte: FURUKAWALATAM, (2018)

Uma vez que o cabo esteja acomodado no DIO e com os slots para conexão montados, como ilustrado na Figura 22, são utilizados cordões ópticos (tem a mesma função dos *patch cords* de cabo TP) para interligar o cabo de fibra óptica nos equipamentos de rack, como por exemplo *Switches*. Os *Switches* devem também

possuir slots dos tipos de conectores a serem utilizados onde serão conectados os *transceivers*. A Figura 23 ilustra a conexão de um cordão óptico com cordão óptico do tipo SFP, o *transceiver* e o *Switch* com o módulo SFP para fibra (INTRONICS, 2018).

Figura 23 – Transceiver para conexão de cordão óptico em Switch



Fonte: INTRONICS, (2018)

Para utilização de fibras ópticas em redes urbanas, a tecnologia utilizada é a FTTx, onde o X denomina um termo genérico que pode ser por exemplo FTTN, FTTH, FTTB, onde:

- FTTN (Fiber to the Node) – Ligação da fibra da central até um armário na rua.
- FTTH (Fiber to the Home) – Ligação da fibra até a residência do usuário final.
- FTTB (Fiber to the Bulding) – A fibra vai até o prédio de distribuição onde estarão os clientes finais (EFURUKAWA, 2018).

Para o estudo de caso deste trabalho, foi explorado o conceito de FTTH, onde há uma infraestrutura de fibra óptica para prover serviços de telecomunicações utilizando fibra óptica que vai até a casa do usuário final.

Dentro do conceito de FTTH, existem as redes PON (Passive Optical Networks), que têm como principal característica o uso de componentes ópticos passivos, ou seja, os equipamentos entre clientes e a provedora de telecomunicações não utilizam energia elétrica, onde o divisor óptico para entregar os serviços para o cliente são os *splitters* (PICIN e GIMENEZ, 2015).

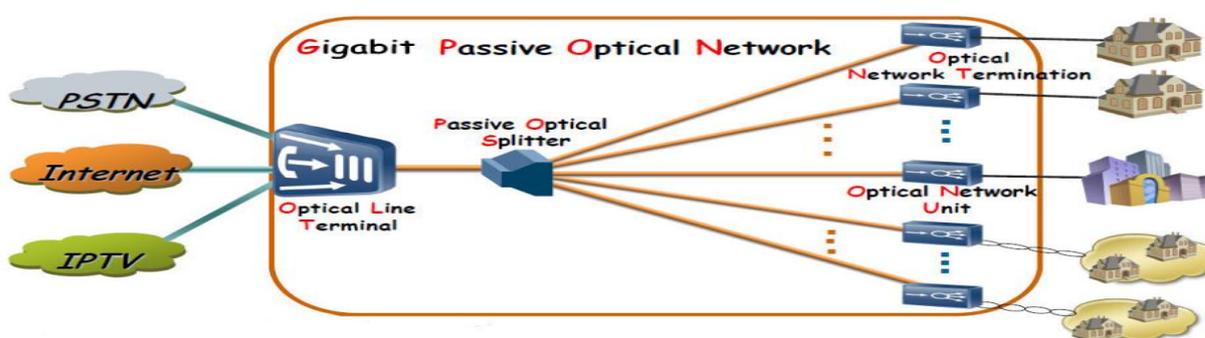
Os principais elementos de uma rede PON são:

- OLT (Optical Line Terminal) – É o equipamento principal na rede PON, responsável por interligar o núcleo da rede com a camada de acesso onde estão os usuários.

- ONU (Optical Network Unit) – Equipamento que recebe o sinal óptico das OLTs para entrega aos usuários, neste caso utilizado em postes ou armários de telecomunicações, muito utilizado em condomínio vertical.
- ONT (Optical Network Terminal) – Equipamento que tem a mesma função das ONU's, porém o mesmo é instalado diretamente na área do usuário (PICIN e GIMENEZ, 2015).

A Figura 24 ilustra uma topologia de rede PON com os elementos citados:

Figura 24 – GPON Componentes



Fonte: FS, (2018)

Dentro das redes PON, existem dois tipos principais, sendo EPON (Ethernet Passive Optical Network) e GPON (Gigabit Passive Optical Network), cujas mesmas se diferenciam nas taxas de downstream e upstream (PICIN e GIMENEZ, 2015).

#### 2.5.4. Transmissão sem Fio

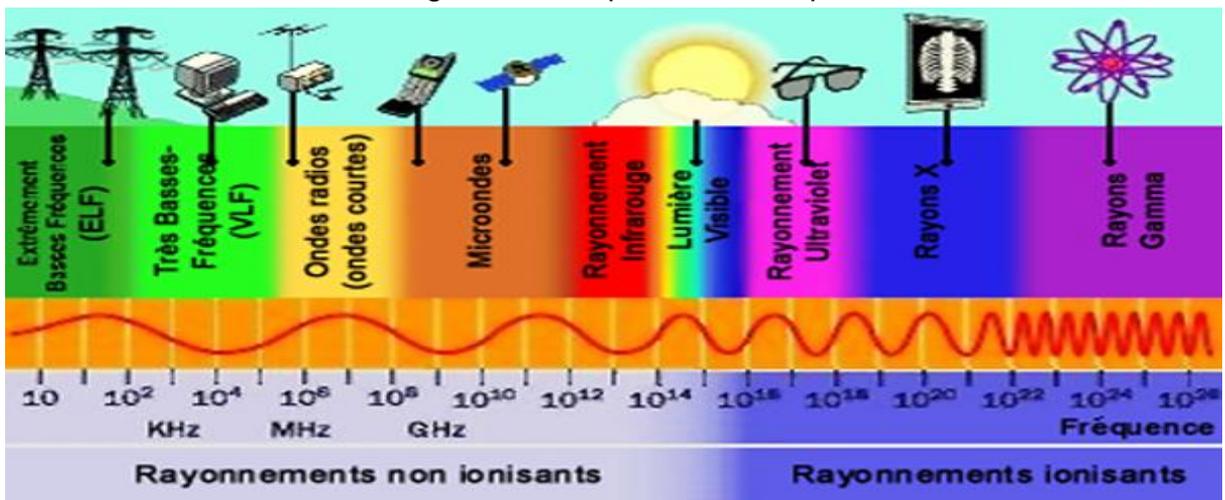
Além dos meios de transmissão guiados, que possuem algum elemento físico para guiar a transmissão, como os vistos anteriormente (cabo coaxial, par trançado e fibra óptica), existem os meios não guiados, ou seja, a transmissão se dá sem um guia. Estas são as denominadas redes sem fio, que em sua maioria utilizam ondas eletromagnéticas para transmissão (FOROUZAN, 2007).

A tecnologia de comunicação sem fio já é utilizada a mais de um século. Em 29 de novembro de 1888 o físico alemão Heinrich Rudolf Hertz conseguiu provar a existência de ondas eletromagnéticas (GERICKE, 2014). Mais tarde o sobrenome Hertz seria utilizado como padrão de unidade de medida para a grandeza física ondulatória frequência, justamente a grandeza física utilizada nas métricas das ondas.

Hertz teve uma vida curta (1857 a 1894), porém colaborou intensamente nas comunicações sem fio através de seus experimentos com ondas eletromagnéticas (SUSSKIND, 1995) e deixou grande legado para as pesquisas, desde o telégrafo até o que se possui hoje em tecnologias de redes sem fio.

As tecnologias de comunicação sem fio são classificadas por tipos, variando o seu meio de transporte e tecnologia de transmissão, porém compartilhando do mesmo meio físico, o ar. Pode-se encontrar tecnologias que utilizem radiação infravermelha, ondas de rádio (incluindo micro-ondas) e ondas de satélite, que normalmente são classificadas pelo espectro de frequência que as mesmas abrangem (RAPPAPORT, 2009). A Figura 25 ilustra a divisão e classificação baseado na faixa de frequência utilizada.

Figura 25 – Espectro de Frequências



Fonte: ASTRONOO, (2013)

A maioria das transmissões de comunicação sem fio utilizam ondas eletromagnéticas ou ondas de rádio para a transmissão. A principal tecnologia de transmissão sem fio é o padrão IEEE 802.11 WiFi. O padrão 802.11 possui variantes, normalmente representadas por letras, como o 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n, 802.11ac, etc.... Estas variações são classificadas por questões de velocidades, faixas de frequência, largura de banda e técnicas de modulação (TORRES, 2014). Portanto, o padrão IEEE 802.11 sofreu várias revisões com correções técnicas e novas implantações como demonstra a Tabela 3:

Tabela 3 – Padrões IEEE 802.11

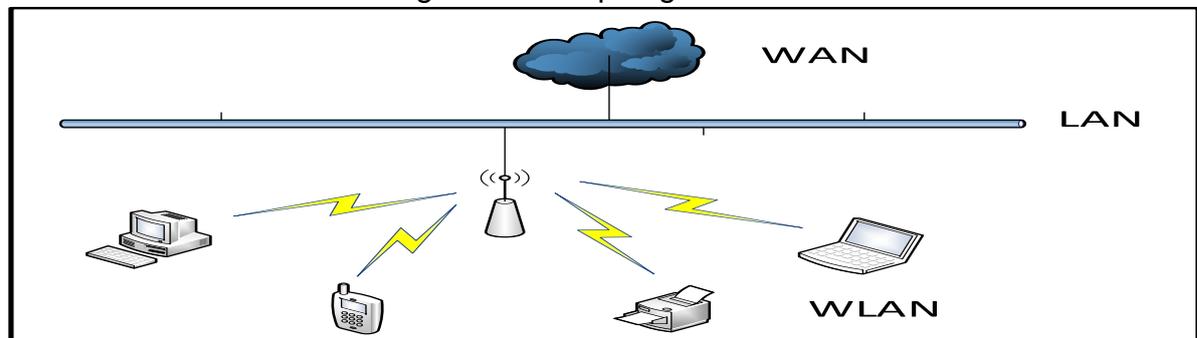
Revisão	Padrão	Banda - GHz	Modo	Velocidade
1997	802.11	2.4	DSSS, FHSS	2 Mbps
1999	802.11b	2.4	DSSS	11 Mbps
1999	802.11 <sup>a</sup>	5	OFDM	54Mbps
2003	802.11g	2.4	OFDM	54Mbps
2009	802.11n	2.4, 5	MIMO-OFDM	600 Mbps <sup>1</sup>
2014	802.11ac	5	MIMO-OFDM	6.76 Gbps <sup>2</sup>
2014	802.11ad	60	MIMO-OFDM	6.93 Gbps

<sup>1</sup> Na prática só foram lançados equipamentos de até 450Mbps  
<sup>2</sup> Na prática só serão lançados equipamentos de até 3,47 Gbps

Fonte: TORRES, (2014)

O padrão WiFi é mais utilizado em redes locais, denominando as WLANs (Wireless Local Area Networks), onde as distâncias de propagação são mais curtas pois normalmente os equipamentos estão dentro de empresas e residências. A Figura 26 ilustra uma topologia básica de uma WLAN.

Figura 26 – Topologia de uma WLAN



Fonte: TANEMBAUM, (2003)

Nota-se na Figura 26 a presença de um equipamento, denominado *Access Point* que transmite a rede através de ondas eletromagnéticas, no caso no padrão 802.11 WiFi. Apesar do padrão WiFi ser mais utilizado em redes locais o mesmo pode ser usado para transmissões de longas distâncias, normalmente por provedores de telecomunicações, denominando assim as WMAN's (Wireless Metropolitan Area Network) ou mesmo WWAN (Wireless Wide Area Network). Para tanto são utilizados equipamentos mais robustos, com maior potência, projetados para serem utilizados em áreas externas em links de longa distância.

Alguns conceitos e parâmetros precisam ser conhecidos para projetos com links de longa distância, como:

- TX Power – Potência de Transmissão ou Ganho do Equipamento. Este parâmetro expressa a potência do equipamento em miliwatts (mW) ou dBm (decibel miliwatts - ganho).
- Ganho de Antenas – As antenas são dispositivos mecânicos com a função de transmitir o sinal eletromagnético e também amplificar o sinal com determinado ganho, que é medido em dBi (decibel isotrópico).
- Minimum Received Signal Level (Minimum RSL) – Nível mínimo de sinal recebido, que especifica qual o valor mínimo que o equipamento cliente precisa receber de sinal para que a transmissão ocorra.
- Receive Signal Strength Indicator (RSSI) – Nível de sinal recebido, ou seja, valor do nível de sinal que o dispositivo cliente de fato está recebendo.
- Perdas – Nas transmissões sem fio existem perdas nos cabos de ligação dos equipamentos e no próprio ar, que devem ser consideradas para cálculos nos links de transmissão (WNDW, 2018).

Uma vez conhecido os parâmetros, pode se realizar os cálculos para projetar um link de longa distância, onde soma-se todos os ganhos, subtrai-se as perdas nos cabos e no caminho e o valor resultante será a RSSI no equipamento receptor. Para saber se este link irá funcionar, compara-se com o RSL. Caso o RSSI seja maior que o RSL, o link será viável (WNDW, 2018).

O cálculo descrito acima é baseado em valores concretos sem variabilidade, o que na prática não demonstra a realidade. Inicialmente utiliza-se os cálculos citados para uma avaliação de viabilidade, porém vários outros fatores devem ser considerados. Vários fenômenos podem impactar as transmissões sem fio em links de longa distância, como:

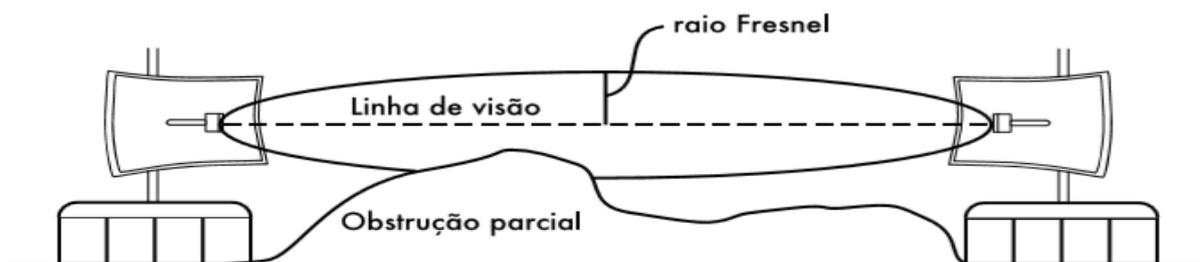
- Absorção – Quando as ondas eletromagnéticas colidem com alguns obstáculos, dependendo do material, as mesmas sofrem uma absorção, onde podem enfraquecer ou se anularem.
- Reflexão – Em uma transmissão, as ondas eletromagnéticas podem refletir em alguns tipos de materiais, como metais ou líquidos por exemplo, onde a onda será refletida.

- Refração – Similar a absorção, onde a onda eletromagnética colide com algum obstáculo, porém consegue atravessar e continuar sua propagação, na maioria das vezes mudando sua direção de propagação.
- Interferência – Quando uma transmissão “encontra” outra transmissão de ondas eletromagnéticas, pode ocorrer uma interferência, degradando a qualidade do sinal transmitido (WNDW, 2018).

As transmissões sem fio em links com longa distância, precisam trabalhar com linha livre de visão, ou seja, não pode haver obstáculos que causem os fenômenos acima citados para que haja a comunicação entre os pontos de transmissão. A linha de visão, não é uma simples linha reta, pois a propagação de uma onda eletromagnética forma uma elipse. Para que o link funcione adequadamente, parte desta elipse formada precisa estar desobstruída, parte está denominada zona Fresnel (WNDW, 2018). Existem cálculos para saber qual o tamanho da área que necessita estar desobstruída, no caso, a zona Fresnel, porém não é objetivo deste trabalho detalhar os cálculos, mas sim os conceitos.

A Figura 27 ilustra o conceito da zona Fresnel, bem como a obstrução em um link de longa distância, no caso, causado por uma montanha no caminho do link.

Figura 27 – Obstrução da Zona Fresnel



Fonte: WNDW, 2018

Nota-se que existe a linha de visão entre as duas antenas de transmissão, porém o obstáculo (montanha) no caminho está obstruindo parte da elipse formada na transmissão, o que pode causar problemas de qualidade do link ou até mesmo inviabilizar a comunicação.

### 3. METODOLOGIA

O presente trabalho apresentará um estudo de caso, utilizando os conceitos abordados no capítulo 2, em uma empresa provedora de serviços de telecomunicações. Para ilustrar a metodologia de trabalho, foi elaborado o fluxograma na Figura 28.

Figura 28 – Metodologia de Desenvolvimento



Fonte: Elaborado pelo autor

#### 3.1. Estudo de caso

Para atender os requisitos propostos nos objetivos deste trabalho foi realizado um estudo de caso em um provedor de telecomunicações, a Igap Telecomunicações - ME tem sua base situada na cidade de Tarumirim no interior do Estado de Minas Gerais, que segundo o diretor executivo, está atuando no mercado há 13 anos, começou oferecendo internet por rádio frequência utilizando a frequência 2.4Ghz, com uma banda de 64kbps, com o passar do tempo e a demanda por banda aumentando foi feita a implantação para utilizar a frequência de 5Ghz, assim a quantidade de banda entregue ao usuário aumentou. Atualmente para poder conseguir atender a demanda de banda exigida pelos usuários a Igap Telecomunicações – ME está implantando em toda a cidade o atendimento cabeado utilizando como meio de transporte a fibra óptica, que é mais seguro e livre de interferências externas, com esse novo investimento pode ser entregue ao usuário até 100Mbps de banda.

Este provedor fornece soluções de Telecomunicações, como:

- Links de Internet Dedicados, Comerciais e Residenciais.
- Links de Dado (Lan to Lan).

A Igap Telecomunicações - ME utiliza como tecnologia de transmissão, RF (Rádio Frequência), o que o torna diferenciado em relação a outros provedores da região, pois tem maior flexibilidade e viabilidade técnica para atendimento em locais mais afastados de regiões metropolitanas e de difícil acesso, como por exemplo zonas rurais.

Apesar das vantagens citadas na utilização da tecnologia de transmissão com RF, o mesmo tem tido vários problemas no fornecimento das soluções citadas anteriormente em um condomínio com características físicas não propícias para transmissão de dados via ondas eletromagnéticas, como morros e árvores. Conforme citado no Capítulo 2, as transmissões com ondas de rádio tornam-se inviáveis em regiões sem visada direta, ou seja, com bloqueios na linha de comunicação entre os pontos de transmissão e recepção, o que traz problemas na utilização das soluções fornecidas pela Igap Telecomunicações - ME.

Para mitigar ou minimizar os principais problemas relatados pelos clientes da Igap Telecomunicações - ME, o gerente técnico do mesmo iniciou um trabalho de identificação dos principais problemas encontrados, seus efeitos e causas, para então definir a tecnologia mais adequada para atender o condomínio citado em específico, relatados na Tabela 4:

Tabela 4 – Levantamento dos Problemas Reportados

PRINCIPAIS PROBLEMAS	CAUSAS PRIMÁRIAS
Lentidão na Internet	Baixo throughput e nível de Sinal (RSSI)
Falha de Conexão de Internet	Interferências de Conexão

Fonte: Elaborado pelo autor (Igap Telecomunicações - ME)

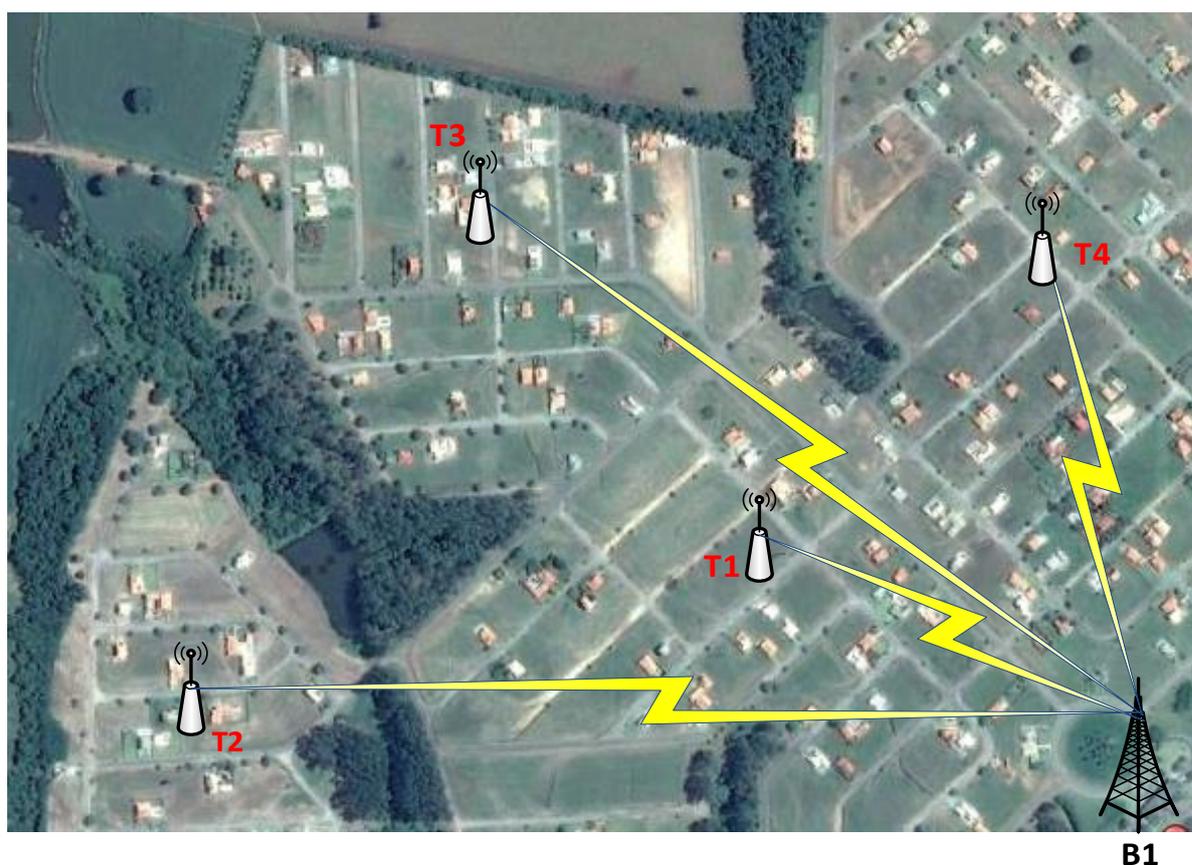
### 3.2. Infraestrutura “AS IS” (Antes)

Para prover os serviços citados no tópico anterior, a Igap Telecomunicações - ME implementou uma estrutura de rede sem fio, a fim de atender todas as casas do condomínio. As figuras com as topologias do condomínio foram fornecidas pela ferramenta Google Maps público e adaptadas para este trabalho.

### 3.2.1. Topologia das Torres de Transmissão

Conforme citado anteriormente a Igap Telecomunicações - ME utiliza transmissão sem fio para prover as soluções de telecomunicações. Para tanto há uma infraestrutura com uma base principal (B1) e mais 4 torres de retransmissão (T1, T2, T3, T4). A topologia desta infraestrutura está ilustrada na Figura 29.

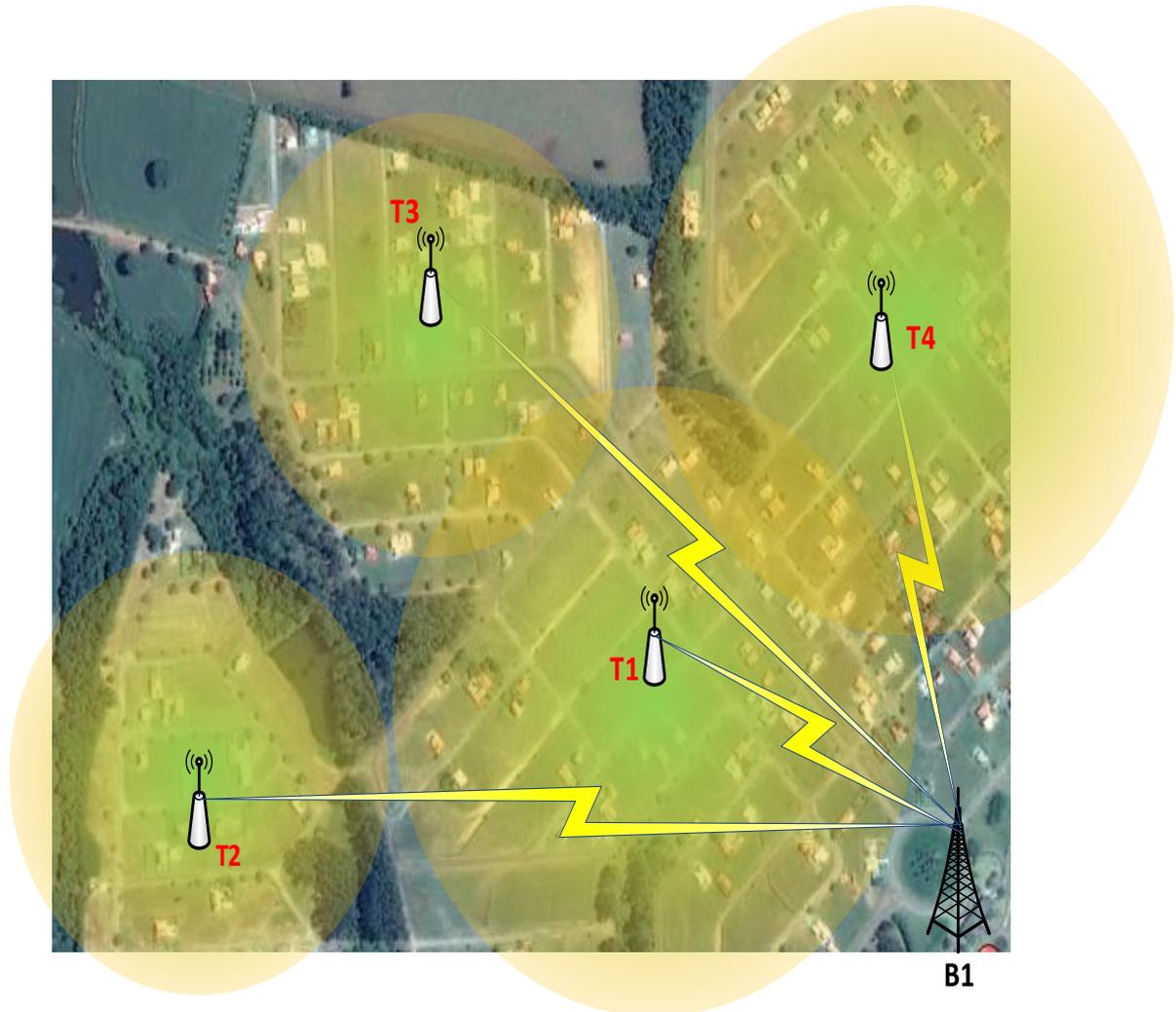
Figura 29 – Topologia básica de transmissão sem fio.



Fonte: Elaborado pelo autor (Igap Telecomunicações - ME)

Com esta infraestrutura de torres transmissoras posicionadas como ilustra a topologia da Figura 29, cria-se uma área de cobertura de rede sem fio WiFi em todas as casas presentes no condomínio, conforme ilustra a Figura 30.

Figura 30 – Topologia básica das áreas de cobertura



Fonte: Elaborado pelo autor (Igap Telecomunicações - ME)

As áreas de cobertura ilustradas na Figura 30 são aproximadas, porém cobrem todas as casas do condomínio.

### 3.2.2. Equipamentos utilizados

Para estabelecer a rede no condomínio são utilizados os seguintes equipamentos, conforme as Tabelas 5, 6 e 7.

Tabela 5 – Equipamentos Base Principal – B1

EQUIPAMENTOS BASE PRINCIPAL			
EQUIPAMENTO	MODELO	UTILIDADE	QUANTIDADE
ROTEADOR	MIKROTIK RB1100	Links de Internet, Switch e Roteamento	1
RÁDIOS PTP	MIKROTIK NetMetal 5 - RB922UAGS-5HPacD-NM	Links Ponto a Ponto com Torres	4
ANTENAS PTP	Antenas Externas Azlink de 28dbi	Antenas Externas Rádios Links Ponto a Ponto	4
FONTE NOBREAK	Fonte Nobreak 12V 20A	Alimentação e Nobreak Rádios	1
BATERIA	Bateria 110A 12V	Bateria Fonte PoE	1
PATCH PANEL PoE	Regua PoE de 10 posições	PoE para Rádios	1
SERVIDOR	Servidor Dell Power Edge	Servidor VoIP FreeBSD Asterisk	1
RACK	RACK VERTICAL 20U	Rack para acomodar os equipamentos	1

Fonte: Elaborado pelo autor (Igap Telecomunicações - ME)

Na Tabela 5 temos um rack onde está armazenado um servidor dell para gerenciamento dos clientes, um roteador RB1100 para autenticação e controle de banda, uma régua PoE para alimentação de energia dos rádios e para alimentar todos os equipamentos temos uma fonte nobreak de 12V 20A (amperes) e uma bateria de 12V e 110<sup>a</sup> (amperes). No topo da torre temos 4 microtick NetMetal5 e 4 antenas externa Azlink de 28dbi para alimentar cada uma das torres de retransmissão.

Tabela 6 – Equipamentos Torres de Transmissão (T1, T2, T3 e T4)

EQUIPAMENTOS TORRES DE RETRANSMISSÃO			
EQUIPAMENTO	MODELO	UTILIDADE	QUANTIDADE
ROTEADOR	RB750Gr3	Link Ponto a Ponto com Base	1
RADIO PTP	MIKROTIK NetMetal 5 - RB922UAGS-5HPacD-NM	Link Ponto a Ponto com Base	1
ANTENA PTP	Antena Externa Azlink de 28dbi	Link Ponto a Ponto com Base	1
RÁDIOS PMP	MIKROTIK NetMetal 5 - RB922UAGS-5HPacD-NM	Links Ponto Multi Ponto para Retransmissão	4
ANTENAS PMP	Antenas Externas Setoriais Blindadas Algcom	Links Ponto Multi Ponto para Retransmissão	4
FONTE NOBREAK	Fonte Nobreak 12V 20A	Alimentação e Nobreak Rádios	1
PATCH PANEL PoE	Regua PoE de 10 posições	PoE para Rádios	1
BATERIA	Bateria 110A 12V	Bateria Fonte PoE	1
RACK	RACK EXTERNO 12U	Rack para acomodar os equipamentos	1

Fonte: Elaborado pelo autor (Igap Telecomunicações - ME)

Na Tabela 6 temos os equipamentos de retransmissão do sinal para o cliente final, um rack externo onde estão armazenados uma régua PoE para alimentação dos rádios, fonte Nobreak 12V 20A, uma bateria 12V e 110A e um roteador RB750Gr3 que irá controlar o rádio mikrotik NetMetal 5 que em conjunto com a antena externa Azlink

de 28dbi irá receber o sinal da torre de transmissão B1, o mesmo roteador RB750Gr3 irá gerenciar os 4 rádios mikrotik NetMetal 5 em conjunto com as 4 antenas setoriais blindadas irão atender os clientes.

Tabela 7 – Equipamentos Casa de Clientes

EQUIPAMENTOS CASA CLIENTES			
EQUIPAMENTO	MODELO	UTILIDADE	QUANTIDADE
RÁDIO RECEPTOR	SXTsq 5ac	Recepção de Conexão das Torres	1
ROTEADOR WIFI	RB951-2n	Roteador WIFI interno para Cliente	1

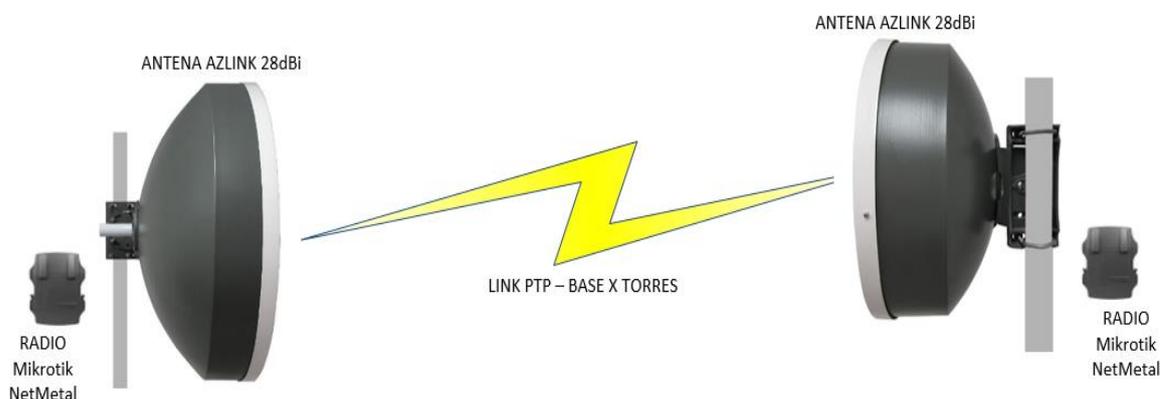
Fonte: Elaborado pelo autor (Igap Telecomunicações - ME)

Na Tabela 7 temos os equipamentos que ficam na casa do cliente final, um rádio receptor modelo SXTsq da mikrotik que fica do lado de fora da casa do cliente e irá receber o sinal da torre de retransmissão e enviar via cabo para um roteador mikrotik RB951 que fica dentro da casa do cliente e distribui o sinal via WIFI.

### 3.2.3. Funcionamento Links Base x Torres de Retransmissão

Para prover cobertura de conexão sem fio em todas as 130 casas do condomínio, a Igap Telecomunicações - ME instalou torres de retransmissão conforme ilustrado nas topologias anteriores. Para estabelecer comunicação entre a Base (B1) e cada uma das Torres (T1, T2, T3, T4) foram implementados links Ponto a Ponto (PTP) utilizando os equipamentos descritos nas Tabelas 5 e 6. Para cada link PTP utiliza-se um par de rádios Mikrotik NetMetal com antenas externas Azlink de 28dBi. A Figura 31 demonstra de forma ilustrativa um link PTP entre a Base e as Torres:

Figura 31 – Links PTP Base x Torres (T1, T2, T3 e T4)

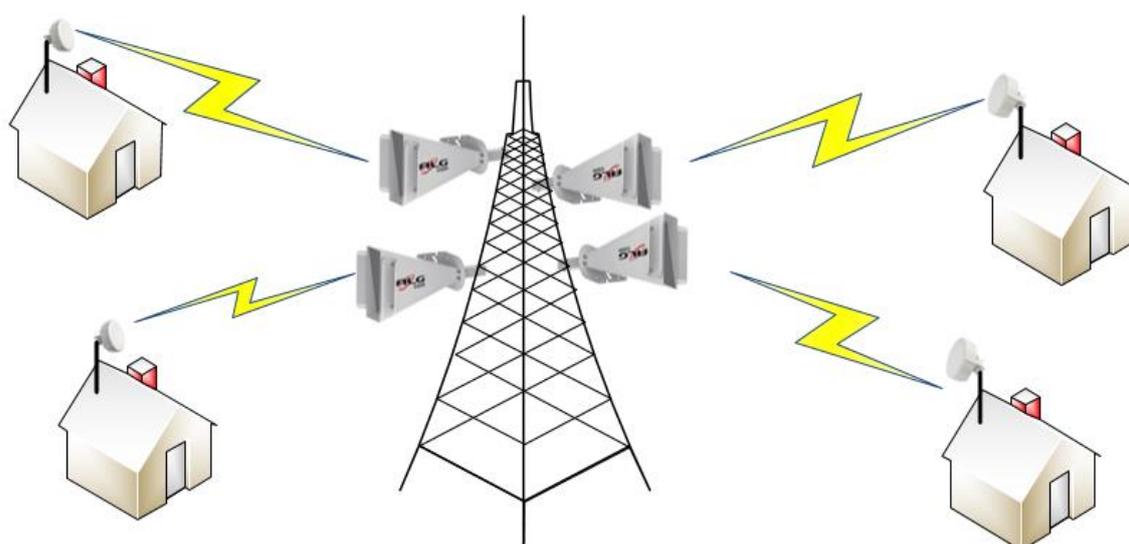


Fonte: Elaborado pelo autor (Igap Telecomunicações - ME)

### 3.2.4. Funcionamento Torres de Retransmissão x Casa Clientes

Uma vez estabelecido o link PTP entre a Base e as Torres de Retransmissão, a rede é transmitida para a casa dos clientes através de links PTM (Ponto Multiponto) com 04 (quatro) rádios Mikrotik NetMetal + 04 (quatro) antenas setoriais blindadas. Na casa dos clientes utiliza-se o rádio mikrotik SXT para receber a conexão PTM. A Figura 32 demonstra de forma ilustrativa as conexões estabelecidas entre as torres de retransmissão e as casas dos clientes.

Figura 32 – Links PTM x Casa Clientes

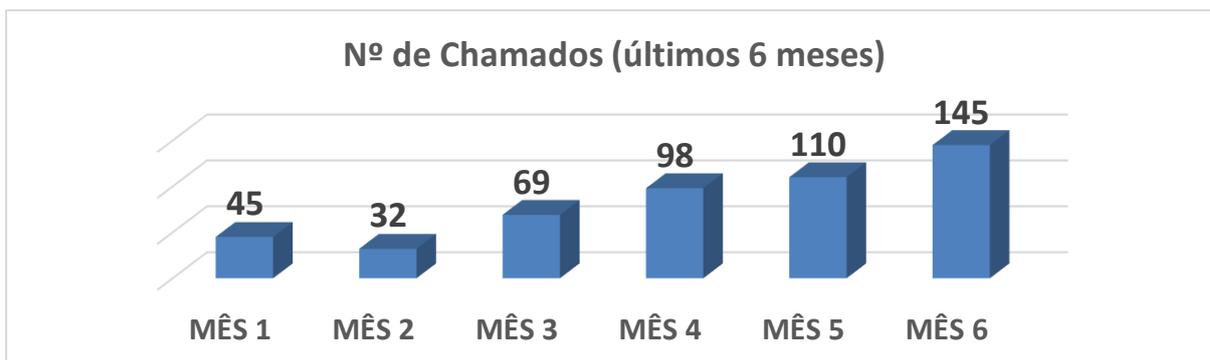


Fonte: Elaborado pelo autor (Igap Telecomunicações - ME)

### 3.2.5. Análise dos Problemas

Conforme citado anteriormente e relatado na Tabela 4, a Igap Telecomunicações - ME tem recebido vários chamados com os problemas reportados que são a falta de internet e oscilação do sinal, para cada chamada recebida é gerado uma ordem de serviço identificando quem ligou, qual funcionário atendeu a ligação, qual o problema reportado e qual funcionário executou o reparo e todas essas informações ficam armazenadas no servidor permanentemente. O número de chamados com problemas reportados aumentou consideravelmente nos últimos meses, conforme demonstra o gráfico ilustrado no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Número de Chamados últimos 6 meses Condomínio

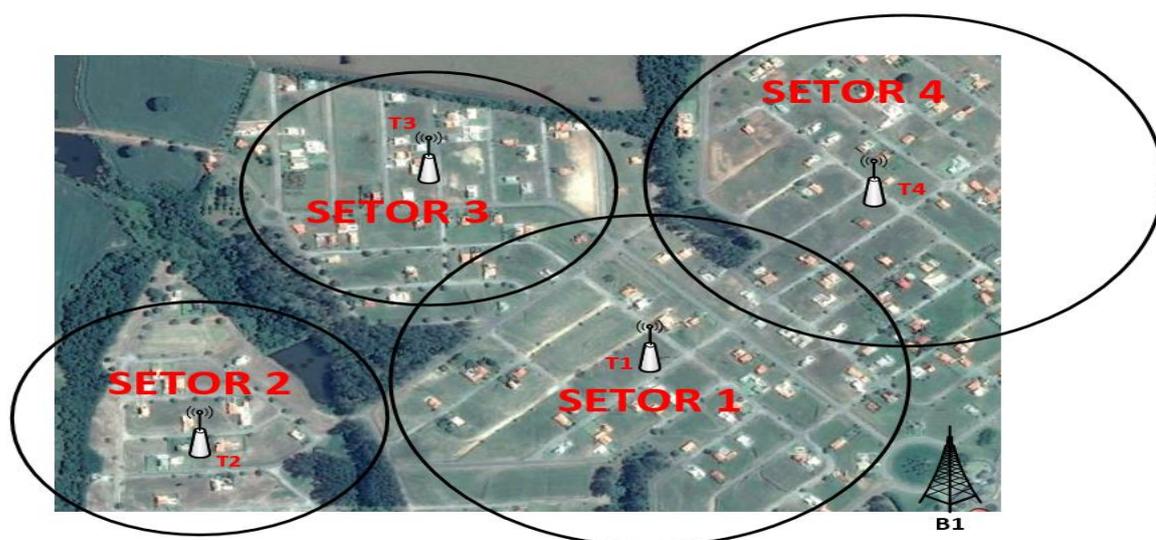


Fonte: Elaborado pelo autor (Igap Telecomunicações - ME)

Os números apresentados no gráfico 1 foram fornecidos pela Igap Telecomunicações - ME, relativos à chamados de problemas reportados pelos clientes durante os meses de janeiro a julho de 2018. Nota-se que no mês 6, o número de chamados ultrapassou consideravelmente o número de chamados dos primeiros meses, sendo considerado assim um indicador muito ruim tendo como principal motivo da ligação a lentidão no sinal de internet.

Uma vez avaliado os problemas de uma forma geral, foi iniciado um levantamento mais detalhado de quais os problemas, localização e principais causas dos mesmos. Inicialmente, o condomínio foi dividido em quatro setores, para uma análise da maior concentração dos problemas, conforme ilustra a Figura 34.

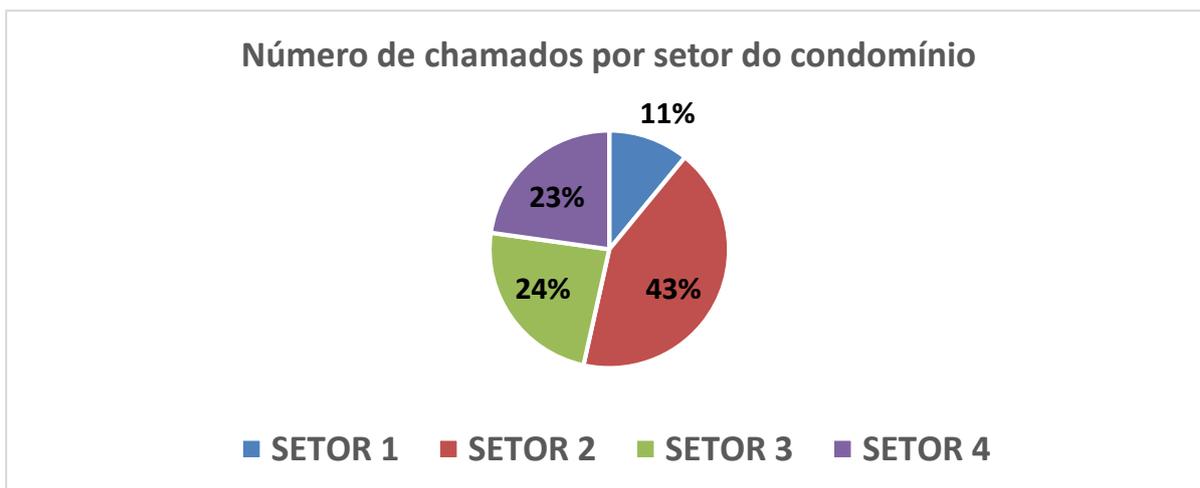
Figura 33 – Divisão dos problemas em setores



Fonte: Elaborado pelo autor (Igap Telecomunicações - ME)

Uma vez definidos os quatro setores de atendimento do condomínio, foi realizada uma análise da maior concentração dos chamados de problemas reportados, (queda de sinal da internet e oscilação no sinal), relativos aos números apresentados na Figura 32, resultando em um novo gráfico ilustrado na Figura 35.

Figura 34 – Gráfico de acumulado de chamados por setor



Fonte: Elaborado pelo autor (Igap Telecomunicações - ME)

Nota-se no gráfico da Figura 34 que o setor 2 foi o que mais teve problemas, representando quase metade no número de chamados acumulados nos 6 meses avaliados (43% dos chamados totais acumulados).

Uma vez observado a maior área de concentração de problemas, foi realizada uma análise das causas principais dos problemas neste setor. O primeiro aspecto analisado foi o link de comunicação entre a Base Principal (B1) e a Torre T1. Notou-se nos parâmetros do link uma baixa qualidade de nível de sinal (RSSI), conforme demonstra a Figura 35.

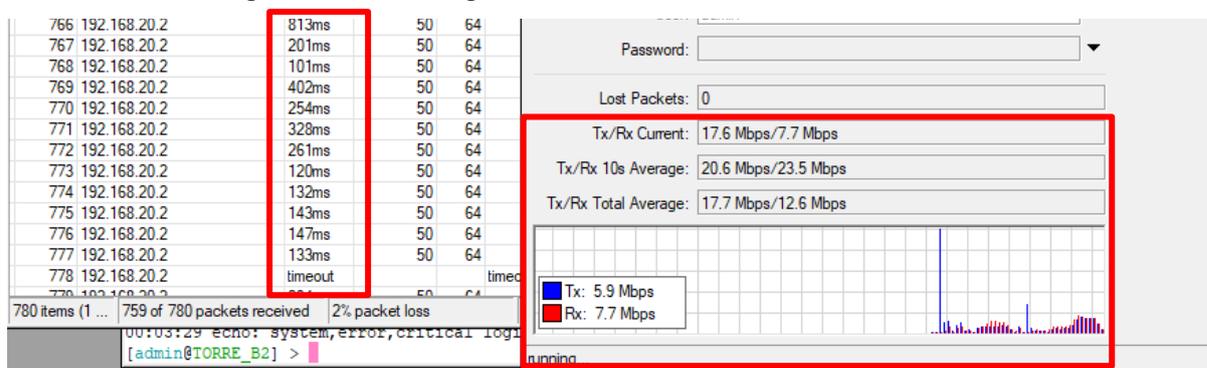
Figura 35 – RSSI do Link BASE\_B1 X TORRE\_2

Radio Name	MAC Address	Interface	Uptime	AP	W	Last Activit...	Tx/Rx Signal ...	Tx Rate	Rx Rate
64D15481...	64:D1:54:81:AE:CB	LINK B1 X T2	00:02:29	no	no	0.06	-74/-70	48Mbps	36Mbps

Fonte: Elaborado pelo autor (Igap Telecomunicações - ME)

Além do baixo nível de sinal (RSSI) que varia entre -70dBm a -74dBm, quando há tráfego de dados no link, a latência aumenta consideravelmente, muitas vezes gerando queda do link, conforme demonstra a Figura 36.

Figura 36 – Tráfego e Latência no Link BASE\_B1 X TORRE\_2



Fonte: Análise de link cliente utilizando Bandwidth Test (Igap Telecomunicações - ME)

Dada as evidências dos problemas no link de comunicação entre a Base B1 e a Torre T2, foi feita uma análise da causa do problema. Conforme citado anteriormente, um dos problemas observados nas transmissões de redes sem fio é a obstrução no caminho do link, onde ainda que exista a visada direta que nada mais é do que um técnico ir a um dos pontos de transmissão e a olho nu ou com auxílio de um binóculo encontrar onde vai ficar o ponto receptor e ver se não existe obstáculo entre os pontos de transmissão e recepção, caso parte da Zona Fresnel esteja obstruída a qualidade do link poderá ser afetada. Para analisar esta causa, foi avaliado a elevação e obstáculos no caminho entre a Base B1 e Torre T2, conforme demonstra a Figura 37.

Figura 37 – Obstrução no Link BASE\_B1 X TORRE\_T2



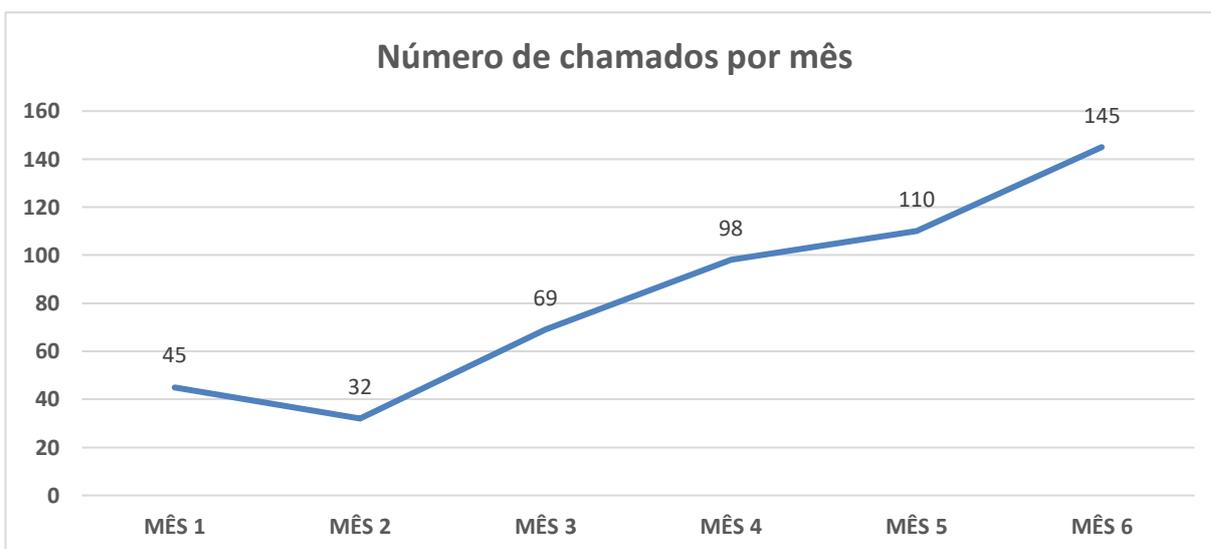
Fonte: Elaborado pelo autor (Igap Telecomunicações - ME)

A Base principal (B1) tem 25 metros de altura, enquanto que a Torre Retransmissora T2 tem 12 metros de altura. A distância entre a B1 e T2 é de um quilômetro e no caminho entre as mesmas existe um morro e árvores que gera um obstáculo no caminho do link, a olho nu não se detecta o problema pois a visão é limpa entre as 2 torres.

Após a avaliação do link entre a B1 e a T2, o gerente técnico da Igap Telecomunicações - ME informou que na implementação do mesmo, os técnicos não consideram a obstrução no caminho, pois em linha reta a visada estava desobstruída, porém depois com o aumento do número de clientes e consequente aumento do tráfego, o problema ficou evidenciado.

Além dos problemas de obstrução de links, outro fator evidenciado nas análises dos problemas, foi um aumento do número de chamados nos últimos três meses, conforme demonstra o gráfico na Figura 38.

Figura 38 – Evolução do número de chamados mensais



Fonte: Elaborado pelo autor (Igap Telecomunicações - ME)

Uma análise sobre o aumento do número de chamados nos últimos três meses trouxe como causa o período de chuvas. Segundo (TANEMBAUM, 2003) citado no Capítulo 2, a chuva é um elemento que gera problemas em transmissões eletromagnéticas, causando fenômenos como reflexão e refração, alterando direções de propagação ou mesmo diminuindo a intensidade do sinal.

### **3.3. Infraestrutura “TO BE” (Depois)**

Após as análises terem sido realizadas nos problemas relatados no condomínio e as causas terem sido identificadas, o gerente de tecnologia da informação da Igap Telecomunicações - ME chegou à conclusão que a tecnologia de redes sem fio não era a mais adequada para prover os serviços de telecomunicações no local, devido as condições geográficas do mesmo. O fato de ser um local com muitas obstruções nos caminhos das visadas necessárias aos links instalados é uma região com grande concentração de períodos chuvosos.

Para solucionar o problema foi realizada uma reunião com o time administrativo da Igap Telecomunicações – ME, composto pelos 2 (dois) sócios proprietários, o diretor executivo, o gerente administrativo e o gerente de tecnologia da informação onde chegou-se à conclusão que seria necessário um projeto de troca de infraestrutura de redes para uma tecnologia mais adequada ao local. A fibra óptica foi a solução sugerida pelo gerente de tecnologia da informação da Igap Telecomunicações - ME que se decidiu pelo investimento no projeto de troca e otimização da rede de dados no local.

#### **3.3.1. Topologia do Projeto de Fibra Óptica GPON**

Conforme citado, a Igap Telecomunicações – ME decidiu investir em uma tecnologia mais adequada para resolver os problemas de falhas e performance na Infraestrutura de Redes sem Fio presente no local. A tecnologia escolhida foi fibra óptica devido sua maior imunidade a fatores externos, como interferências naturais como chuvas, ou mesmo obstruções geográficas que causam problemas em links de comunicação de rádio frequência. Para tanto foi apresentado o projeto com a topologia de fibra óptica, que foi implementada no condomínio, conforme demonstra a Figura 39.

Figura 39 – Topologia da Infraestrutura de Fibra Óptica GPON



Fonte: Elaborado pelo autor (Igap Telecomunicações - ME)

A Figura 39 ilustra a topologia de distribuição dos cabos de fibra óptica que foram instalados de forma aérea nos postes do condomínio. Nota-se na topologia da Figura 39, duas formas da rede implementada, a rede de distribuição e rede de acesso. Assim como no modelo da rede anterior, existem os links principais, que neste caso serão as fibras ópticas de distribuição, e os links que serão entregues nas casas dos clientes, que no caso são as fibras ópticas de acesso. Para a derivação das fibras ópticas da rede de distribuição para a rede de acesso e para a casa dos clientes, são utilizados *splitters* ópticos. Ao todo foram utilizadas 32KM de cabos de fibra óptica para prover acesso.

### 3.3.2. Equipamentos Rede de Distribuição

Na rede de fibra óptica GPON implementada no condomínio, a central de distribuição manteve-se no mesmo local da rede anterior, onde os equipamentos foram instalados na portaria do condomínio em uma Sala de Telecomunicações. A Tabela 8 demonstra a lista de equipamentos utilizados na Base Principal B1 e Rede de Distribuição.

Uma OLT *Lightdrive* GPON LD2502F da Furukawa com capacidade para até 10Gbps, conta com 8 portas GPON com capacidade para até 64 assinantes em cada

porta, somando um total de 512 assinantes concentrados em uma única OLT, uma placa de fonte *lightdrive* para fazer a conversão da energia de entrada na OLT e proteção contra surtos na rede elétrica.

Um *transceiver* SFP GPON, que também pode ser conhecido como módulo GBIC que será instalada nas portas GPON da OLT, o sinal óptico sairá do *Transceiver* a partir de um cordão óptico que levará o sinal até um DIO BT 48 48F SM SC-APC que irá jogar o sinal óptico dentro da rede até os divisores de sinal óptico 1x4, e por fim ainda dentro do armário uma bandeja para acomodação de sobra de cabos para evitar que o mesmo venha ser quebrado por acidente.

Já na rede de distribuição temos o cabo óptico CFOA-SM-AS120-RA que irá levar o sinal do DIO até os divisores ópticos, conjunto de emenda aérea ou subterrânea FK-CEO-4M-144F(24F) e por último um suporte para instalação no poste FK-CEO, onde será fixado o conjunto de emenda.

Tabela 8 – Equipamentos GPON Base Principal B1 e Rede de Distribuição

EQUIPAMENTOS BASE PRINCIPAL E REDE DE DISTRIBUIÇÃO - GPON			
EQUIPAMENTO	MODELO	UTILIDADE	QUANTIDADE
OLT	OLT LIGHTDRIVE GPON LD2502F	Optical Line Terminal	1
FONTE	PLACA DE FONTE LIGHTDRIVE	Fonte para OLT	1
TRAS	TRANSCEIVER SFP GPON	Recepção Cordão no OLT	4
DIO	DIO BT 48 48F SM SC-APC	Organização Fibra Óptica	1
BANDEJA	BANDEJA PARA ACOMODAÇÃO DE SOBRA DE CORDÃO	Organização Fibra Óptica	1
CABO ÓPTICA	CABO ÓPTICO CFOA-SM-AS120-RA	Fibra Óptica	15000
EMENDA ÓPTICA	FK-CEO-4M-144F (24F) EMENDA AEREA	Emenda para distribuição da Fibra Óptica	4
BANDEJA EMENDA	BANDEJA DE EMENDA 24F PARA FK-CEO	Banda para emenda de distribuição da Fibra	4
SUPORTE	SUPORTE PARA INSTALAÇÃO EM POSTE FK-CEO	Suporte para Instalação em Poste	4
SPLITER ÓPTICO	DIVISOR DE SINAL ÓPTICO PLC 1X4	Divisor para cabo óptico na distribuição	4

Fonte: Elaborado pelo autor (Igap Telecomunicações - ME)

Para interligar a casa dos clientes e prover os serviços oferecidos pela Igap Telecomunicações - ME, existe a Rede de Distribuição e a Rede de Acesso. A Tabela 9 apresenta os equipamentos utilizados na Rede de Acesso.

Uma caixa de terminação óptica FK-CTO-16MC com uma bandeja para 16 adaptadores SC-APC e um divisor óptico 1x16 que irá receber o sinal de uma fibra e que está saindo do divisor 1x4 e dividir para fazer 16 clientes, cabo óptico (*drop*) que

irá levar o sinal até a roseta óptica que ficará na casa do cliente, cordão *monofibra* SM SC-APC para ligar o cabo *drop* dentro da roseta até a ONU *lightdrive do cliente*.

Tabela 9 – Equipamentos GPON Rede de Acesso

EQUIPAMENTOS REDE DE ACESSO - GPON			
EQUIPAMENTO	MODELO	UTILIDADE	QUANTIDADE
CAIXA DE TERM	FK-CTO-16MC - CAIXA DE TERMINAÇÃO ÓPTICA	Acomodação de Fibra Óptica	16
BANDEJA	BANDEJA COM 16 ADAPTADORES SC-APC SEM SHUTTER	Acomodação de Fibra Óptica	16
SUPORTES	KIT DE GROMMETS E SUPORTES PARA CABO DROP	Suporte para Cabo de Fibra Óptica Drop	16
SPLITER ÓPTICO	DIVISOR DE SINAL ÓPTICO PLC 1X16	Divisor para cabo óptico na distribuição	16
CABO ÓPTICO	CABO ÓPTICO CFOAC-BLI-A/B-CM-01-AR-LSZH PR	Fibra Óptica	15000m
TERMINAL	ROSETA ÓPTICA 2P 4X2 SOBREPOR	Terminação óptica	250
CORDÃO	CORDÃO MONOFIBRA CONECTORIZADO SM SC-APC/SC-UPC	Cordão Óptico	250
CONECTORES	KIT DE 50 CONECTORES ÓPTICOS DE CAMPO SM SC-APC	Conectores de Fibra Óptica	10
ONU	ONU LIGHTDRIVE GPON LD1102W (SC-APC, 4PT GB ETH, 2FXS, WIFI)	Optical Network Unit (Casa Clientes)	250

Fonte: Elaborado pelo autor (Igap Telecomunicações - ME)

### 3.4. Aplicação de Questionário

Após a aplicação do projeto e testes de estabilidade, foi realizada uma pesquisa de campo junto aos clientes para coleta de dados para que fosse feita uma análise de como ficou o fornecimento de sinal após a implantação.

#### 3.4.1. Público Alvo do Questionário

Como público respondente do questionário, foram escolhidos os indivíduos que são clientes da empresa desde antes da implantação do sistema de fibra óptica e que mantiveram o mesmo plano de velocidade contratado, para que não houvesse divergência de informação nos dados coletados, os clientes foram convidados a participar do questionário aplicado através de uma pesquisa de campo, nos quais foram passados em cada casa para coletar as informações do cliente.

#### 3.4.2. Elaboração do Questionário

As questões que fazem parte do questionário foram elaboradas tendo como base a ajuda do professor orientador e o conhecimento adquirido durante a implantação do projeto e de conversa com profissionais da área.

Foram feitas apenas 11 perguntas diretas sobre o fornecimento de sinal de internet com o intuito de saber do cliente se ele aprovou ou não a mudança do meio de fornecimento de sinal.

#### 3.4.3. Coleta de Dados

O questionário foi elaborado utilizando da ferramenta web o *Google Docs* que possibilita a criação e compartilhamento para a realização de uma pesquisa *online*, tornando assim possível o acesso ao questionário a qualquer hora e qualquer dispositivo.

O levantamento de dados da pesquisa durou 22 dias, ficando disponível do dia 30 de setembro de 2019 a 21 de outubro de 2019, durante esse período foram coletadas 117 respostas.

#### 3.4.4. Tratamento de Dados

As respostas coletadas pelo questionário foram automaticamente armazenadas em uma planilha dentro do *Google Docs*. A planilha torna possível analisar separadamente cada resposta de cada cliente. O *Google Docs* disponibiliza também gráficos para cada pergunta dentro do formulário, os gráficos com as porcentagens das respostas facilitam a compreensão dos resultados obtidos.

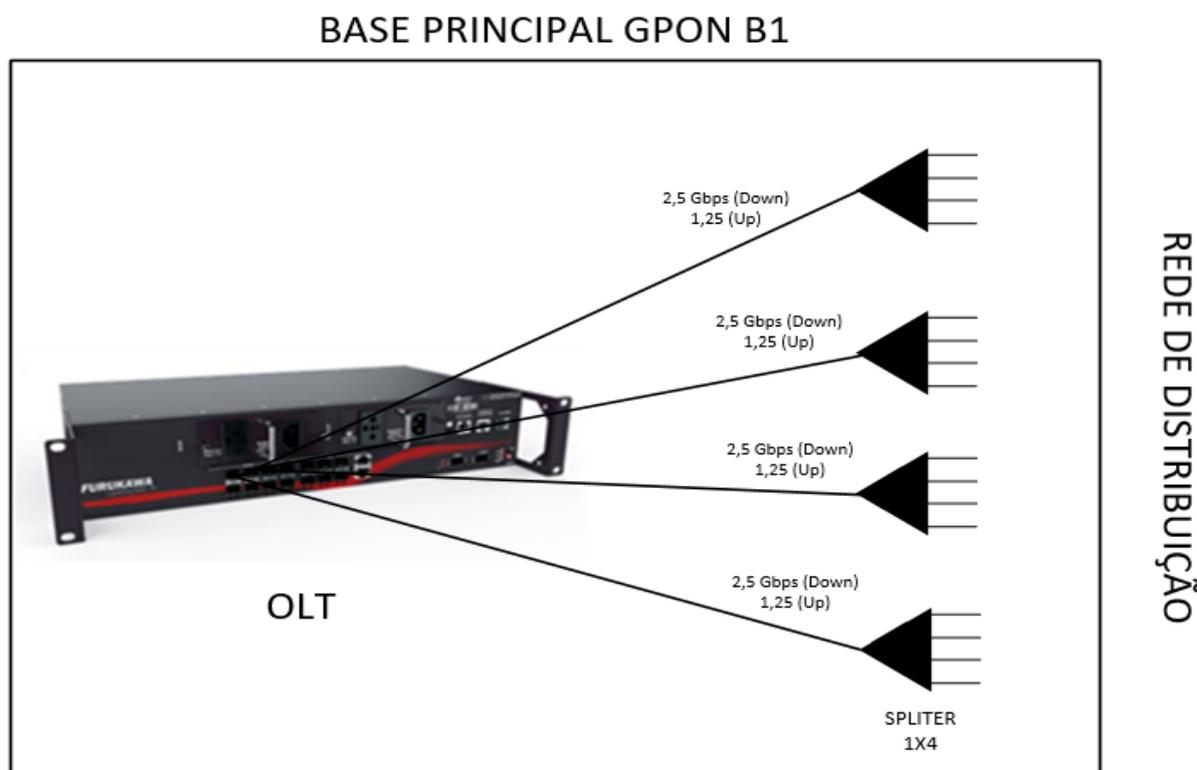
## 4. RESULTADOS

Este Capítulo visa apresentar os resultados obtidos após a implementação da Rede de Fibra Óptica GPON no condomínio citado.

### 4.1. Capacidade de Tráfego

Considerado um dos principais problemas reportados pelos clientes do condomínio, a velocidade da conexão entregue nas residências aumentou consideravelmente, uma vez que com a tecnologia GPON e os equipamentos utilizados, a rede pode entregar velocidades de até 1Gbps para os clientes finais. A Figura 40 demonstra a capacidade dos links entre a OLT e os *Splitters* Ópticos 1x4, onde nota-se que através das interfaces GPON da OLT, pode atingir 2,5Gbps de Downstream e 1,25 de Upstream em cada rede de distribuição.

Figura 40 – Capacidade de tráfego Rede de Distribuição



Fonte: Elaborado pelo autor (Igap Telecomunicações - ME)

Para evidenciar a capacidade citadas a Tabela 10 apresenta um resumo com as principais especificações técnicas da OLT utilizada na Base Principal B1.

Tabela 10 – Especificações Técnicas OLT Base Principal B1

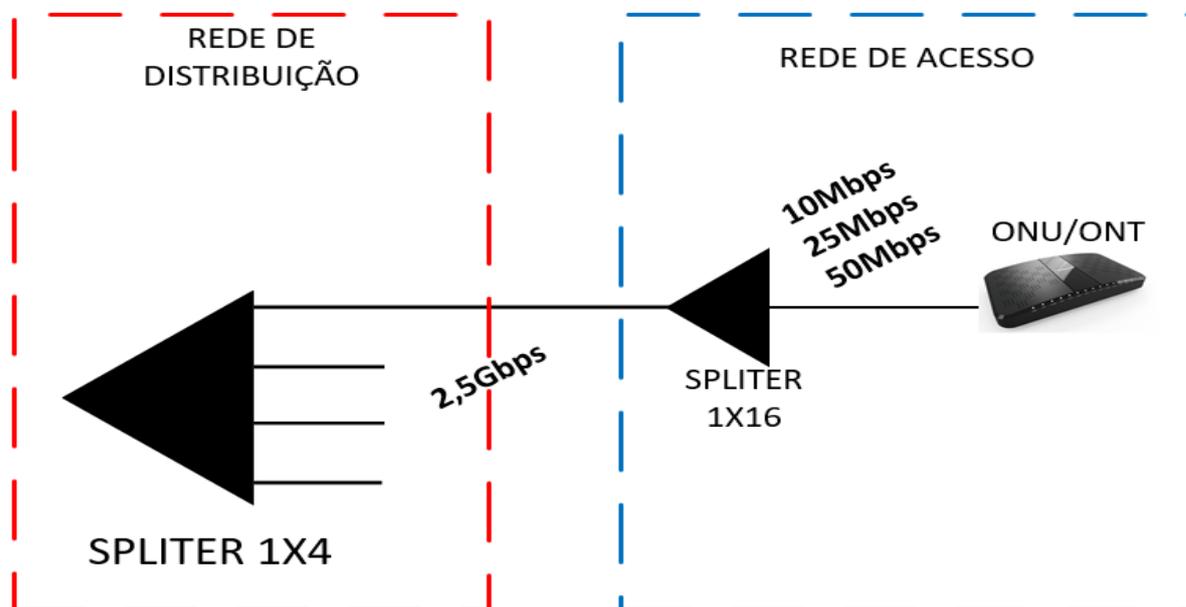
OLT LIGHTDRIVE GPON LD2502F	
INTERFACES	6 (seis) Interfaces ópticas 1 Gbps (Slot SFP)
	2 (dois) Combo Port elétricos 10/100/1000 Mbps
	2 (dois) Interfaces ópticas 10 Gbps (Slot XFP)
INTERFACES GPON	8 (oito) interfaces GPON (Slot SFP)
	Até 64 Usuários por porta PON

Fonte: EFURUKAWA, (2018)

Uma vez evidenciado que cada link de distribuição pode atingir 2,5Gbps (Down) e 1,25Gbps (Up), na rede de acesso os clientes finais poderão atingir na chamada “última milha” velocidades de até 1Gbps dependendo do tráfego simultâneo.

A Igap Telecomunicações - ME, utilizando balanceamento de carga e controle de tráfego de dados, oferta velocidades de conexão de 10Mbps, 25Mbps e 50Mbps para novos clientes e os antigos que optarem por uma mudança de plano. A Figura 42 demonstra a capacidade dos links de acesso e as ONU/ONT que são instaladas nas casas dos clientes.

Figura 41 – Links de acesso GPON Rede de Acesso



Fonte: Elaborado pelo autor (Igap Telecomunicações - ME)

A Tabela 11 demonstra as especificações técnicas das ONT's utilizadas para as residências dos clientes no condomínio.

Tabela 11 – Especificações Técnicas ONT/ONU GPON

ONT/ONU LD1102W	
INTERFACES	GPON - Conector SC-APC
	Ethernet - 4xGE 10/100/1000 Base-T conector RJ-45;
	FXS - 2x RJ-11 FXS (VoIP)
CARACTERÍSTICAS	GPON Tx: Transmissão upstream 1.25 Gbps;
	GPON Rx: Transmissão downstream 2.48 Gbps;

Fonte: Elaborado pelo autor (Igap Telecomunicações – ME)

#### 4.2. Estatísticas da ONT de usuário

A fim de demonstrar a conectividade final em uma ONT, a Igap Telecomunicações - ME forneceu algumas imagens com telas de status da conexão em uma ONT de usuário. A Figura 42 demonstra o status de uma conexão.

Figura 42 – Status Conexão Usuário Cliente

State	
State » Optical Power » Optical Power	
You can query State of optical power here!	
optical Info	
Transmitted Power	2.17 dBm
Recived Power	-19.62 dBm
Operating Temperature	46.25 °C
Supply Voltage	3.28 V
Bais Current	18.94 mA

Fonte: Elaborado pelo autor (Igap Telecomunicações - ME)

Nota-se na Figura 42 o status de registro do cliente, taxa de dados trafegados e a ausência de erros e perdas no link, diferente do problema evidenciado na conexão final com a tecnologia de redes sem fio no AS IS da Igap Telecomunicações – ME.

Para avaliar a latência real deste cliente, foi feito um teste ping desde o roteador principal da Igap Telecomunicações - ME, até a ONT do mesmo. A Figura 43 demonstra a tela de conexão de Internet e VoIP do cliente. Os endereços IP's públicos não podem ser revelados por questões de sigilo.

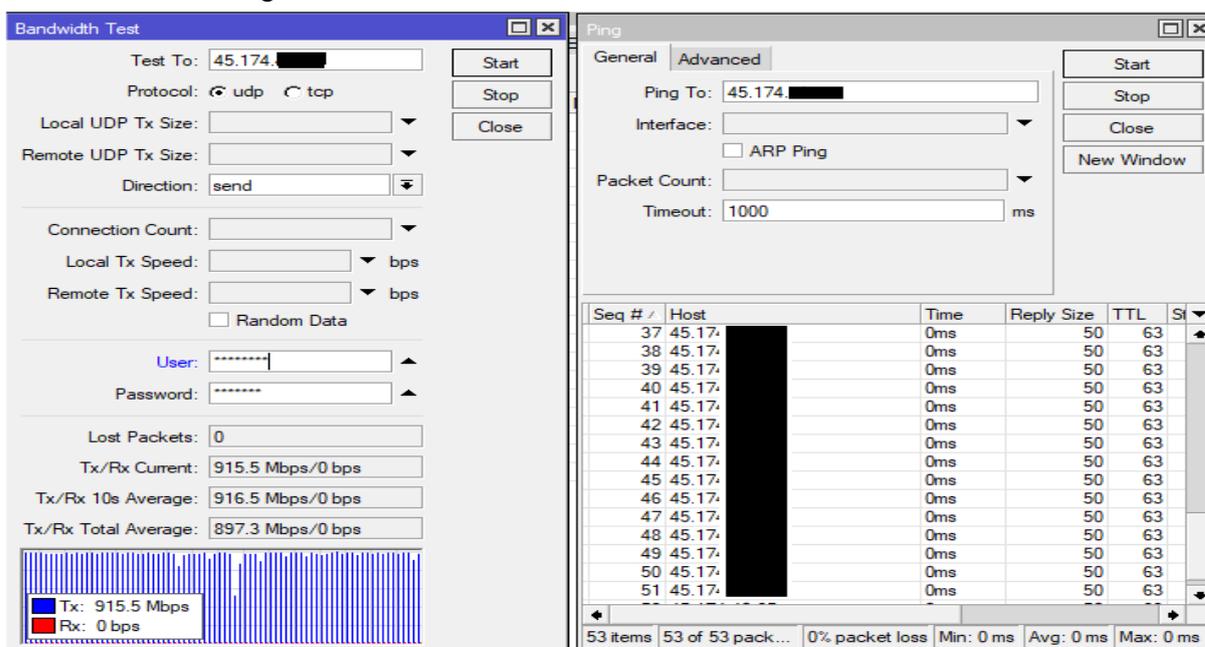
Figura 43 – Conexão de Internet do cliente

Configuração WAN	
Atingir Protocolo IP	PPPoE Conectado
Endereço IP:	45.174.40.207
Mascara Subnet:	255.0.0.0
Gataway Padrão:	172.16.139.254
Endereço MAC:	00:E0:4C:5A:44:FB

Fonte: Elaborado pelo autor (Igap Telecomunicações - ME)

A Figura 44 demonstra o teste ping a partir do roteador central do provedor que tem latência em média de 0ms e conseguindo entregar até 915Mbps de banda até a ONT do cliente.

Figura 44 – Latência conexão ONT cliente e teste de banda



Fonte: Elaborado pelo autor (Igap Telecomunicações - ME)

De acordo com (TANENBAUM, 2003), o ping envia um pacote de teste até uma máquina e espera o retorno desse pacote o resultado final é o tempo que o pacote leva pra ir até a máquina e voltar, se o pacote não chegar até o destino ou chegar e não retornar temos a perda de pacote então o ping nos mostra como esgotado o tempo limite do pedido.

O *bandwidth test* faz o teste da performance de banda do usuário forçando o tráfego ao máximo possível, assim podemos ver a quantidade de banda pode ser

entregue por aquele meio e descobrir se está trabalhando no limite ou possui mais meios para serem utilizados.

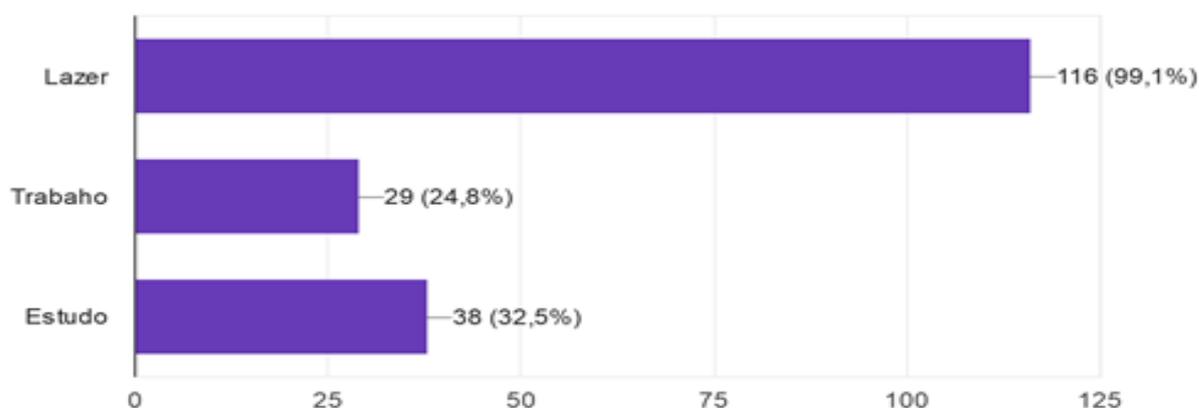
### 4.3. Análise das Respostas do Questionário

Nessa seção serão abordados os resultados adquiridos durante a pesquisa que teve por objetivo o levantamento de dados para análise de como era o serviço de fornecimento de sinal de internet antes da atualização do meio de fornecimento e como ficou o fornecimento depois da mudança da tecnologia, não foi permitido responder o questionário clientes que assinaram contrato depois da mudança e clientes que fizeram alteração no plano, essa decisão foi tomada com o intuito de manter a integridade do questionário.

Os gráficos foram fornecidos pela ferramenta web *google docs*, e como a ferramenta permite que em algumas perguntas possa se escolher 2 (duas) respostas e esse é um dos fatores que deve ser levado em consideração ao somar as porcentagens de respostas da pergunta.

Quando questionado sobre para qual função utiliza a internet dos 117 clientes entrevistados 116 (99,1%) responderam lazer, 29 (24,8%) responderam trabalho e 38 (32,5%) responderam estudo, como podemos ver no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Para qual Função utiliza a internet



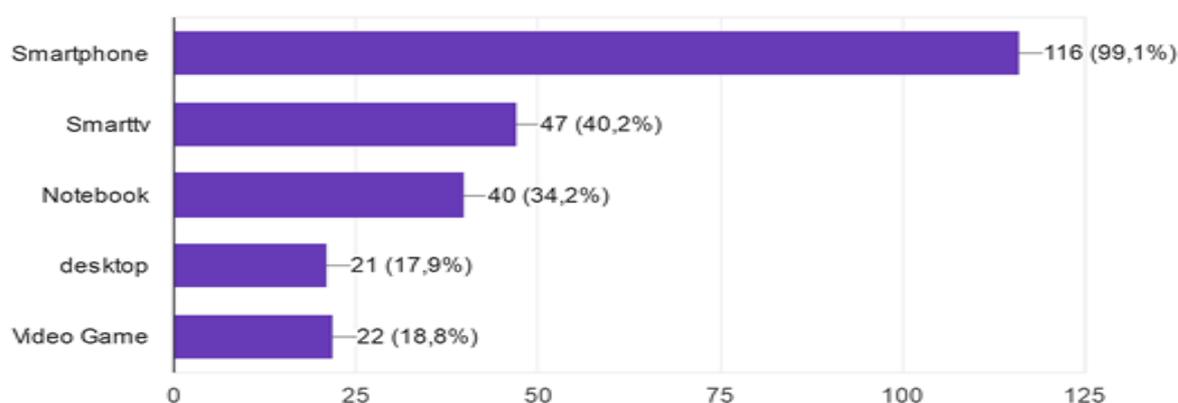
Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Analisando o gráfico nota-se que a grande maioria dos usuários possuem internet para lazer, apenas 1 (um) dos entrevistados não utiliza para esse fim, esse

cliente utiliza a internet em um computador para gestão de um depósito ligado a um monitoramento de câmera, para os outros, lazer é o principal motivo de terem internet.

O dispositivo utilizado para acesso a rede pode mudar de um cliente para outro, quando questionados sobre em qual dispositivos utilizam para acessar a internet a maioria 116 (99,1%) dos clientes utilizam em smartphone, 47 (20,0%) utilizam em Smarttv, 40 (4,2%) utilizam notebook, 21 (17,9%) utilizam em desktop e 22 (18,8%) em vídeo game, como podemos ver no Gráfico 3.

Gráfico 3 – Em qual dispositivo utiliza a internet

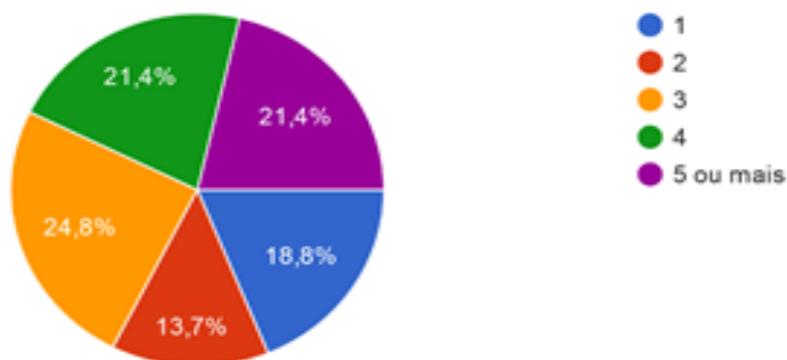


Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Analisando o Gráfico 3, pode se ver que para a maioria entrevistada o smartphone é o principal meio de acesso a rede seja para lazer, estudo ou trabalho, somente 1 (um) cliente não utiliza o smartphone como meio para acesso à rede, esse é o cliente que utiliza a internet para monitoramento de câmeras.

Quando questionados sobre a quantidade de dispositivos que possuem em casa para podermos fazer uma média de consumo, 22 (18,8%) dos clientes informaram ter apenas 1 (um) dispositivos, 16 (13,7%) informaram 2 (dois) dispositivos, 29 (24,8%) informaram 3 (três) dispositivos, 25 (21,4%) informaram 4 (quatro) dispositivos e 25 (21,1%) dos clientes informaram 5 (cinco) ou mais dispositivos, como podemos ver na Figura 48.

Gráfico 4 – Quantos dispositivos possui conectado em casa

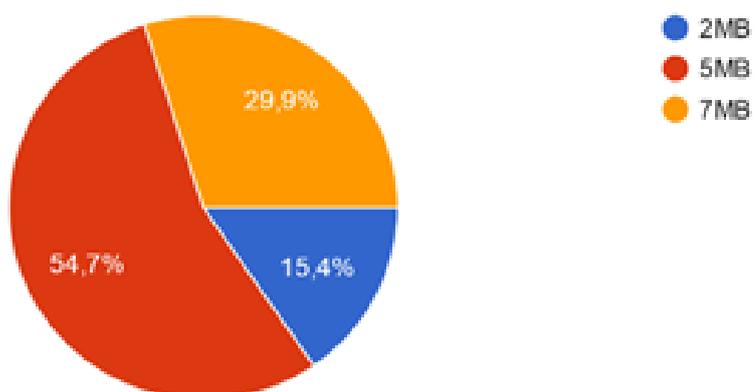


Fonte: Elaborado pelo próprio autor

No gráfico pode se ver que a maioria dos clientes possuem 3 (três) dispositivos conectados, com base no Gráfico 3, temos a conclusão que esses clientes possuem 2 (dois) smartphones e 1 (um) dispositivos ou todos os dispositivos podem ser smartphones.

O plano contratado é o que mais influência no modo como o cliente utiliza a internet, quando questionados sobre a velocidade contratada 18 (15,4%) responderam 2MB, 64 (54,7%) responderam 5MB e 35 (29,9%) responderam 7MB, como demonstra a Gráfico 5.

Gráfico 5 – Plano de internet contratado

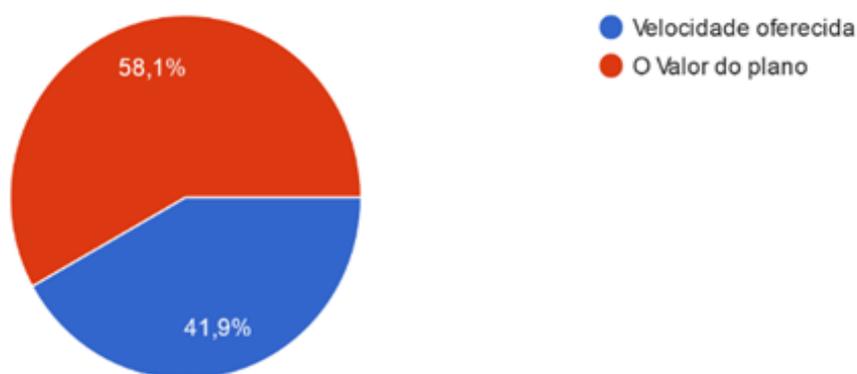


Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Como a velocidade contratada influencia na modo como o cliente utiliza a internet, o valor do plano influencia na hora do cliente contratar a internet, quando perguntados sobre o porquê de terem escolhido o plano que contrataram 49 (41,9%) responderam a velocidade oferecida influenciou independente do preço e 65 (58,1%) responderam que o que influenciou na hora de fazer o contrato foi o valor do plano, é o que podemos ver demonstrado no Gráfico 6.

Esse método de escolha pode não ser muito eficaz no momento de escolher o plano, o plano mais barato para um uso mais elevado pode causar congestionamento de pacotes o que deixaria a internet do cliente lenta por falta de banda.

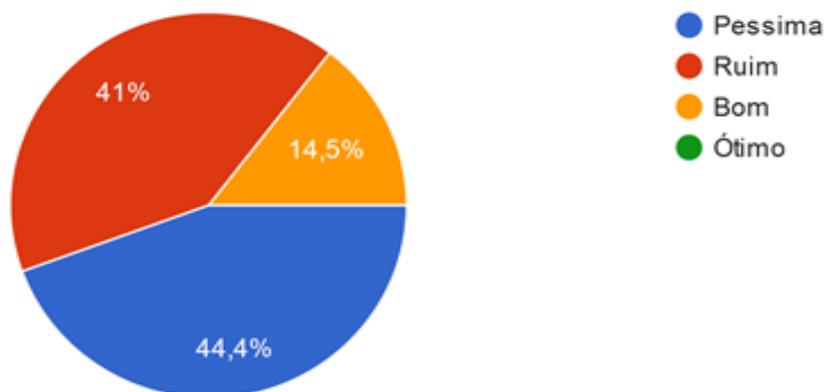
Gráfico 6 – O que teve mais peso no momento de escolher o plano de internet



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Para poder saber o que os o clientes achavam da internet antes da atualização para corrigir os problemas questionamos como eles consideravam a internet antes de ser implantado o fornecimento via fibra óptica 17 (14,5%) dos clientes responderam que a internet era boa, 48 (41%) responderam que era ruim e 52 (44%) dos clientes responderam que era péssima, como podemos ver demonstrado no Gráfico 7.

Gráfico 7 – Como você considerava sua internet antes de melhorar o método de fornecimento do sinal.

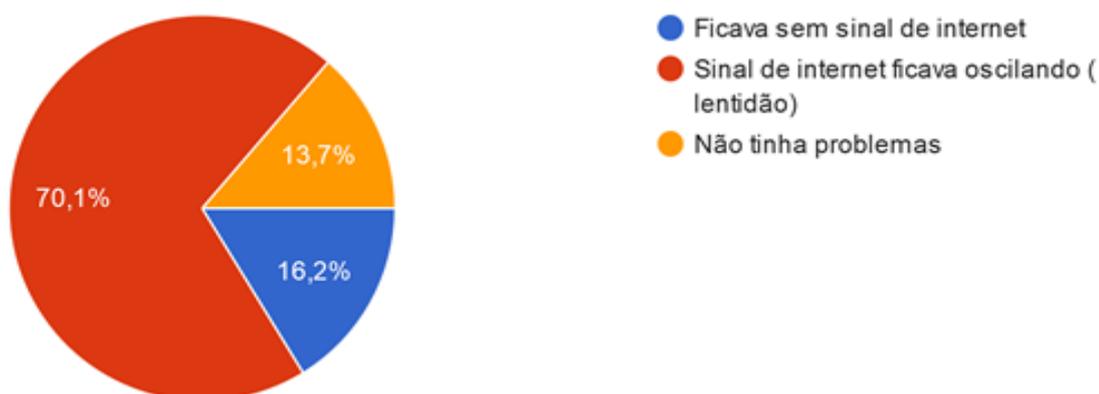


Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Como já era esperado não conseguimos nem uma resposta de ótimo nesse tópico, e os clientes que responderam que a internet era boa possuía um plano de maior velocidade e utilizava a internet mais a trabalho por isso não notava tanta diferença.

Para uma melhor análise de porque os clientes disseram de a internet ser ruim questionamos sobre quais os possíveis problemas estariam afetando o funcionamento correto da internet e 16 (13,7%) dos clientes disseram não ter problemas com a internet, 19 (16,2%) disseram que ficava sem sinal de internet e 82 (70,1%) disseram que o sinal de internet ficava oscilando, o que causava uma lentidão, como podemos ver no Gráfico 8.

Gráfico 8 – Qual tipo de problema você tinha com a internet



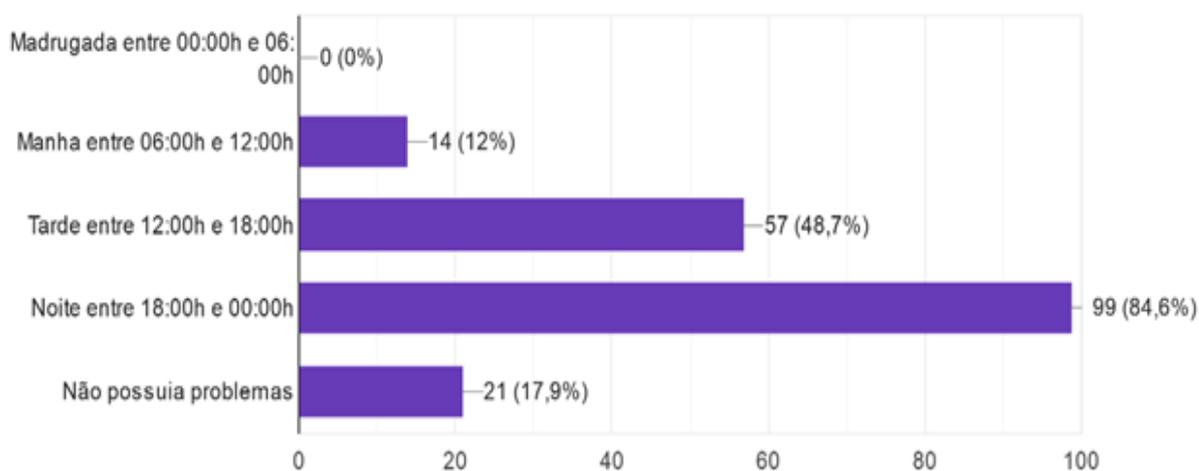
Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Como se pode ver o Gráfico 8 complementa o Gráfico 7, onde 16 (dezesseis) dos 117 (cento e dezessete) disseram não possuir problemas de conexão, 1 (um) dos clientes que respondeu na pergunta anterior que a internet era boa, respondeu que nesse tópico que mesmo sendo boa as vezes oscilava, por isso a divergência nas respostas desses 2 (dois) tópicos.

Para entender melhor como era o problema com a internet antes, além de questionarmos o que eles achavam da internet e quais eram os problemas, procuramos saber também quais os horários do dia os problemas eram mais presentes antes da atualização.

Quando questionados os clientes em quais os horários o problema era mais frequentes, 14 (12%) responderam que no período da manhã entre 06:00 e 12:00 horas, 57 (48,7%) responderam que no período da tarde entre 12:00 e 18:00 horas, 99 (84,6%) responderam no período da noite entre 18:00 e 00:00 horas e tivemos também 21 (17,9%) respondendo que não possuíam problemas algum, como pode se ver no Gráfico 9.

Gráfico 9 – Quais os horários o problema era mais frequente



Fonte: Elaborado pelo próprio autor

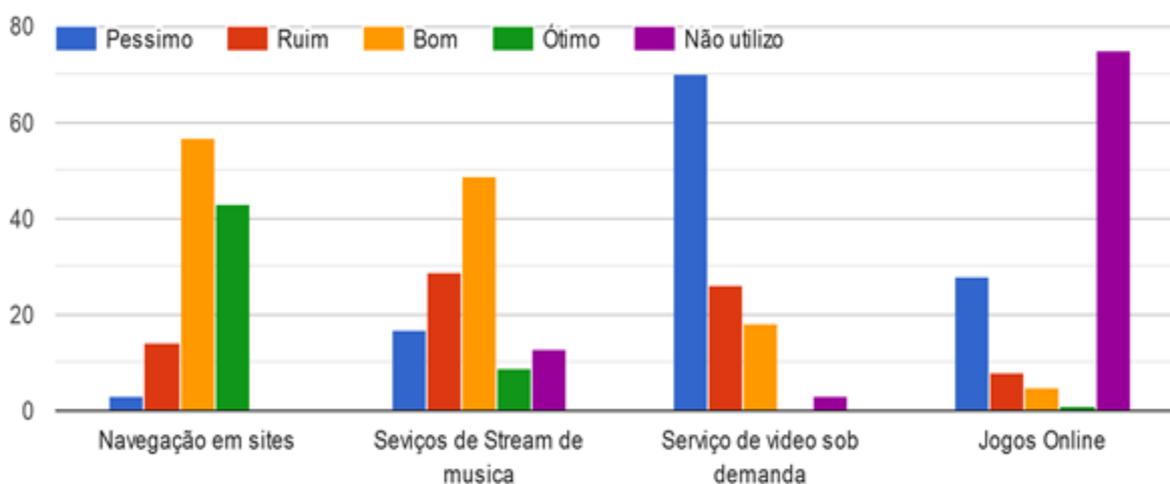
Nota-se claramente no Gráfico 9 que o horário da madrugada não houve nem uma escolha justamente por ser um horário em poucas ou nem uma pessoa estaria utilizando a internet ao contrário do horário da noite onde quase 100 (cem) por cento

dos entrevistados disseram ter problemas, justamente por ser um horário de alto consumo sobrecarregando o *link* de fornecimento.

Alguns aplicativos ou funções para as quais o cliente contratou o serviço podem apresentar problemas distintos para o mesmo sinal contratado, quando questionamos os entrevistados de como a internet se portava durante a execução de determinadas funções.

Tivemos 3 (três) respostas para péssimo, 14 (quatorze) ruim, 57 (cinquenta e sete) bom e 43 (quarenta e três) para ótimo quando questionamos o uso para navegação em websites, para *stream* de músicas tivemos 17 (dezesete) péssimo, 29 (vinte e nove) ruim, 49 (quarenta e nove) bom, 9 (nove) ótimo e 13 (treze) informaram não utilizar esse tipo de serviço, para serviço de vídeo sob demanda tivemos 70 (setenta) péssimo, 26 (vinte e seis) ruim, 18 (dezoito) bom e 3 (três) dizendo que não utiliza esse tipo de serviço, nota-se que para a opção ótimo não obtivemos nem uma resposta, o que já era esperado devido aos problemas relatados nas perguntas anteriores, para o serviço de jogos *online* tivemos 28 (vinte e oito) péssimo, 8 (oito) ruim, 5 (cinco) bom, 1 (um) ótimo e 75 (setenta e cinco) informaram não utilizar esse tipo de serviço, como podemos ver demonstrado no Gráfico 10.

Gráfico 10 – No seu uso diário como era a internet na utilização dos seguintes aplicativos antes da atualização do meio de fornecimento.

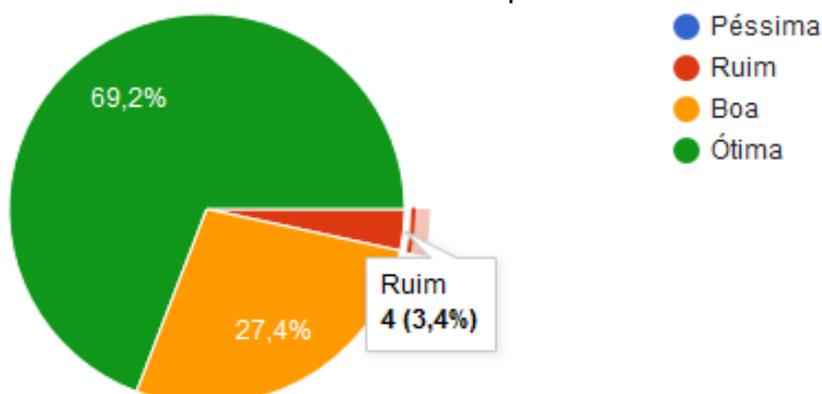


Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Após a aplicação da atualização do meio de fornecimento, a implantação da fibra óptica, conseguimos melhoras que resolveriam praticamente todos os problemas

com o fornecimento de internet, para confirmar essa hipótese questionamos os clientes para saber como ficou o fornecimento de internet após as melhorias, tivemos 4 (3,4%) respondendo ruim, 32 (27,4%) respondendo boa e 81 (69,2%) respondendo ótima, Como podemos ver demonstrado no Gráfico 11.

Gráfico 11 – Como ficou sua internet depois da melhoria no fornecimento



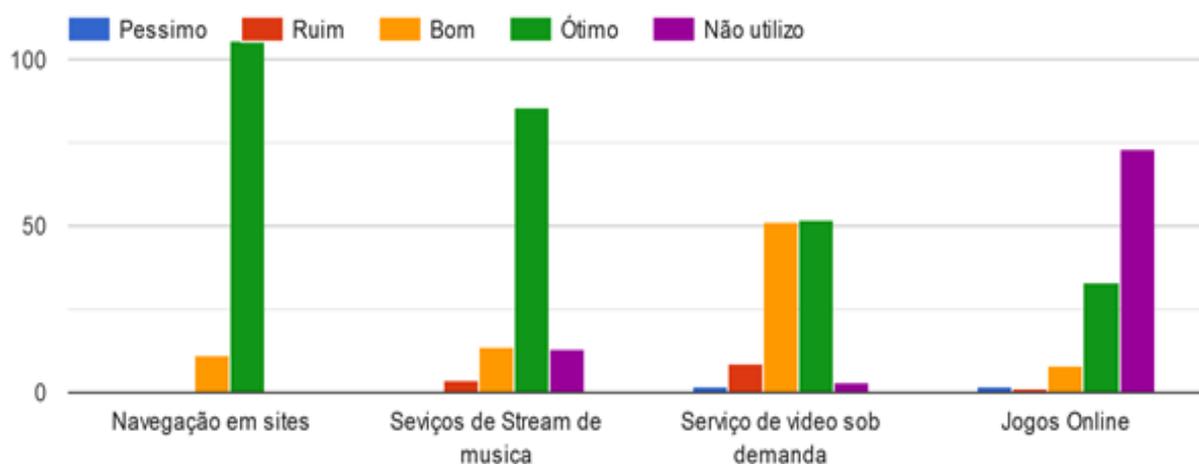
Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Nota-se que não obtivemos nem uma resposta de péssimo e ao analisarmos detalhadamente os clientes que disseram ruim, vimos que os mesmos utilizam uma velocidade muito baixa 2MB e possuem um fluxo muito grande de dados o que gera um gargalo no sinal.

Para concluirmos e questionário de avaliação e ter confirmação se houve uma melhora significativa no sinal de internet, questionamos os clientes sobre como ficou o uso de determinadas funções e aplicativos após a atualização do meio de fornecimento.

Quando perguntados sobre navegação em sites tivemos 11 (onze) respondendo bom e 106 (cento e seis) respondendo ótimo, para serviços de *stream* de música tivemos 4 (quatro) ruim, 14 (quatorze) bom, 86 (oitenta e seis) ótimo e 13 (treze) disseram não utilizar o serviço, para vídeos sob demanda tivemos 2 (dois) péssimo, 9 (nove) ruim, 51 (cinquenta e um) bom, 52 (cinquenta e dois) ótimo e 3 (três) disseram não utilizar o serviço, para jogos *online* tivemos 2 (dois) péssimo, 1 (um) ruim, 8 (oito) bom, 31 (trinta e um) ótimo e 75 (setenta e cinco) informarão não utilizar esse tipo de serviço, como podemos ver no Gráfico 12.

Gráfico 12 – Nô seu uso diário como ficou a internet na utilização dos seguintes aplicativos depois do meio de fornecimento



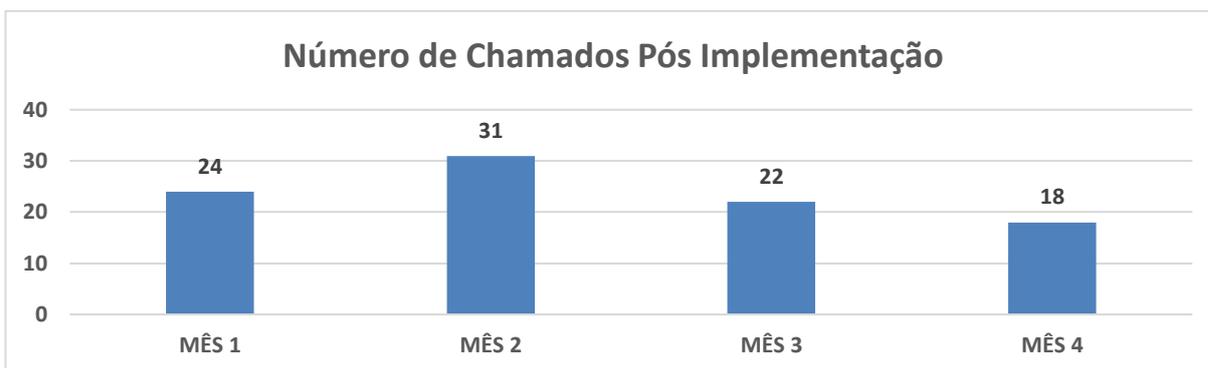
Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Ao analisar o Gráfico 12 notamos que em alguns tópicos tivemos algumas respostas dizendo que o serviço é ruim ou péssimo, como foram poucas respostas conseguimos analisar cada cliente separadamente, e com a ajuda do sistema de gestão de clientes da empresa vimos que esses clientes possuem um contrato com velocidades mais baixa de 2MB e possuem um pedido de trafego mais alto dentro do sistema, ou seja, o problema relatado pelo cliente não é com o fornecimento de internet mas sim com a velocidade contratada pelo mesmo, oferecemos uma atualização no plano do cliente e deixamos alguns dias de teste, e quando procuramos o cliente novamente, fomos informados de que não possuía mais problemas após o aumento da velocidade.

#### 4.4. Número de Chamados

Após a implementação da Rede de Fibra Óptica GPON no condomínio, observou-se uma redução considerável no número de chamados. O período de coleta dos números após a implementação foi de quatro meses após um período de dois meses de implementação e operação assistida do projeto, tempo suficiente para evidenciar a redução dos problemas reportados pelos clientes, demonstrados no Gráfico 13.

Gráfico 13 – Números de Chamados após implementação de GPON



Fonte: Elaborado pelo autor com a ferramenta IXCSofter (Igap Telecomunicações - ME)

Apesar de ainda haver uma quantidade de chamados mensal, foi informado pelo gerente da Igap Telecomunicações - ME que a maioria deles são relacionadas a solicitação de serviços adicionais, alteração de planos, troca de senha de roteadores ou mesmo algum problema em equipamentos, evidenciando uma melhoria considerável nos links de transmissão na rede de distribuição e de acesso, objetivo do estudo de caso.

#### 4.5 Análise dos Resultados

Analisando os gráficos das respostas, comparando como o cliente se sentia antes da implantação e como o cliente passou a sentir referente ao fornecimento de internet depois da implantação tem se a constatação de que a implantação foi bem sucedida, conseguindo entregar para o cliente final um link mais limpo, livre de interferência e com respostas mais rápidas dentro da rede.

Utilizando a ferramenta PING presente no software de gerenciamento dos clientes e no concentrador da Igap Telecomunicações – ME, foram feitas medições e análises de determinados clientes que se encontram dentro da área de atendimento, nota se uma considerável mudança na latência e na quantidade de banda que passou a ser entregue ao usuário final, como consta na Figuras 37 e Figura 45.

Com esses testes podemos confirmar o que disse (TANENBAUM,2003), que como a fibra transmite informações através de sinais luminosos, ela é livre de ruídos eletromagnéticos e sofre de uma menor atenuação no meio de transporte de sinal, tornando a fibra a melhor opção para se passar uma quantidade maior de dados, com mais segurança, qualidade e velocidade.

## 5. CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou um estudo de caso, nos quais através do embasamento teórico sobre as tecnologias abordadas, foi avaliada e evidenciada uma otimização de uma rede de dados, através da implementação da tecnologia de Fibra Óptica GPON em substituição a tecnologia de transmissão sem fio. Verificou-se através desta substituição de tecnologia, um ganho de performance no que diz respeito a velocidade de transmissão de dados nos links dos clientes, além da redução da quantidade de problemas reportados ao serviço de suporte técnico do provedor dos serviços de telecomunicações.

A otimização aplicada na rede, gerou um ganho de desempenho e estabilidade para os clientes e redução na hora técnica utilizada pela empresa para poder atender os clientes beneficiados com a otimização. Através do formulário aplicado, se tem um retorno positivo dos usuários sobre o desempenho da internet, e a satisfação dos clientes ficou acima de 95% em todas as perguntas aplicadas sobre a pós aplicação da atualização.

Através do estudo de caso realizado, foi possível concluir que as tecnologias disponíveis para implementações de redes de dados precisam necessariamente ser pré-avaliadas, pois muitas delas têm características e aplicabilidade distintas. As redes sem fio mostram-se muito flexíveis e acessíveis com um custo mais baixo de implantação, mas o custo de manutenção um pouco mais elevado que a rede cabeada, porém em determinadas condições geográficas específicas as mesmas podem não ser adequadas e apresentar performance abaixo do esperado.

As redes de dados através de cabos ópticos, possuem uma maior complexidade de instalação exigindo mão de obra especializada gerando assim um custo mais alto de implementação de infraestrutura, porém demonstra-se com maior potencial de performance e tolerância a falhas conseguindo entregar serviços de voz, dados e vídeos utilizando um único meio barateando o custo final da rede com manutenção e deixando a manutenção da mesma mais simplificada, conforme demonstrado nos resultados pós implementação da mesma no condomínio atendido pela Igap Telecomunicações - ME.

## TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho pode contribuir em:

- Apresentar referencial teórico atualizado sobre as tecnologias utilizadas em redes de dados
- Apresentar um estudo de caso sobre link de longo alcance demonstrando as vantagens e desvantagens de se utilizar fibra óptica ou rádio frequência.
- Apresentar um estudo de caso em um provedor de telecomunicações, com implementação de sinal WIFI onde não seja possível fazer uma rede cabeada.

## REFERÊNCIAS

BYTEPILE - **Color Codes for RJ-45 Ethernet - EIA/TIA 568A/568B**. Disponível em < [http://www.bytepile.com/includes/cable\\_categories\\_main\\_table\\_color\\_codes.php](http://www.bytepile.com/includes/cable_categories_main_table_color_codes.php)>. Acesso em: 11 de dezembro, 2019.

CABLEWHOLESALE – **Coaxial Cable**. Disponível em: <[https://www.cablewholesale.com/support/technical\\_articles/coaxial\\_cables.php](https://www.cablewholesale.com/support/technical_articles/coaxial_cables.php)>. Acesso em: 11 de dezembro, 2019.

CERN – **The birth of the web** – Disponível em: < <https://home.cern/topics/birth-web>> Acesso em: 11 de dezembro, 2019.

ECOMPUTERNOTES – **Network Topologies**. Disponível em: < <http://ecomputernotes.com/computernetworkingnotes/computer-network/what-is-lan-topologies-explain-each-topology>>. Acesso em: 11 de dezembro, 2019.

EFURUKAWA – **Tipos de Rede de Compõem as Soluções FTTx**. Disponível em: <<https://www.efurukawa.com/storefront/solucao-fttx>>. Acesso em: 11 de dezembro, 2019.

FCTI – **Florida Center For Instructional Technology**. Disponível em: < <https://fcit.usf.edu/network/chap5/chap5.htm>> Acesso em: 11 de dezembro, 2019.

FIREWALL.CX – **The Ethernet II Frame Format**. Disponível em: < <http://www.firewall.cx/networking-topics/ethernet/ethernet-frame-formats/201-ethernet-ii.html>>. Acesso em: 11 de dezembro, 2019.

FIREWALL.CX – **UTP Categories**. Disponível em: <<http://www.firewall.cx/networking-topics/cabling-utp-fibre/112-network-cabling-utp.html>>. Acesso em: 11 de dezembro, 2019.

FOROUZAN – **Comunicação de Dados e Redes de Computadores** 4<sup>o</sup> edição. Porto Alegre: AMGH, 2007.

FS - **Overview of GPON Technology**. Disponível em: <<https://www.fs.com/overview-of-gpon-technology-aid-500.html>>. Acesos em: 11 de dezembro, 2019.

FURUKAWALATAM - **Furukawa apresenta ao mercado o novo cabo LAN ITMAX 40G Categoria 8**. Disponível em: <<https://www.furukawalatam.com/pt-br/conexao-furukawa-detalhes/furukawa-apresenta-ao-mercado-o-novo-cabo-lan-itmax-40g-categoria-8>>. Acesso em: 11 de dezembro, 2019.

GERICKE, G. **1988: Hertz demonstra a existência das ondas eletromagnéticas**. Disponível em: < <http://dw.de/p/2qV7>> Acesso em: 11 de dezembro, 2019.

ICTSHORE - **Cisco Three Tier Architecture Explained**. Disponível em: < <https://www.ictshore.com/free-ccna-course/three-tier-architecture/>> Acesso em: 11 de dezembro, 2019.

INETDAEMON - **A Comparison of OSI Model vs. TCP/IP Model**. Disponível em: < A Comparison of OSI Model vs. TCP/IP Model>. Acesso em: 11 de dezembro, 2019.

INTERFACEBUS – **Tee Connectors**. Disponível em: < [http://www.interfacebus.com/Glossary-of-Terms\\_Tee-connector.html](http://www.interfacebus.com/Glossary-of-Terms_Tee-connector.html)>. Acesso em: 11 de dezembro, 2019.

INTRONICS - **What are fiber optic transceivers**. Disponível em: < <https://intronics.nl/en/knowledge/network/compatible-transceivers/>>. Acesso em: 11 de dezembro, 2019.

KUROSE, J. F.; ROSS, W. R.; **Redes de computadores e a Internet: uma abordagem top-down**. São Paulo: Person Education do Brasil, 2013

LUVISOTTO, M – **Ultrahigh-Performance Wireless Control for Critical Applications: Challenges and Directions** – IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2016.

MA, Y.; JIA Z.; **Evolution and Trends of Broadband Access Technologies and Fiber-Wireless Systems**. Disponível em: < [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-42822-2\\_2](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-42822-2_2)>. Acesso em, 11 de dezembro, 2019.

NETWORKING.LEYER - **Classification of Networks by Scale**. Disponível em: < <http://networking.layer-x.com/p050000-1.html>> Acesso em: 11 de dezembro, 2019.

PROJETODEREDES – **Fibras Ópticas**. Disponível em: < [https://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo\\_fibras\\_opticas.php](https://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo_fibras_opticas.php)>. Acesso em: 11 de dezembro, 2019.

PICIN O. J.; GIMENEZ E. J. C.; **Rede GPON: Conceito e Aplicações**. Seminário de Redes e Sistemas de Telecomunicações Instituto Nacional de Telecomunicações – INATEL. MG. 2015.

QUANTANETWORKS – **Tipos de Conectores**. Disponível em: < <http://quantanetworks.com.br/superiasites.criadorlw.com.br/tipos-de-conectores.html>>. Acesso em: 11 de dezembro, 2019.

RAPPAPORT, 2009. **Comunicações sem Fio – Princípios e Práticas**. São Paulo: Person Education do Brasil, 2009.

SUSSKIND, C. **Henrich Hertz: A Short Life**. San Francisco, 1995.

SCIELO.ORG – **Polimeros**. Disponível em: <  
[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-14282014000300010#fig04](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14282014000300010#fig04)> Acesso em : 11 de dezembro, 2019.

TORRES, G. **Redes de Computadores**, 2º edição. Rio de Janeiro: Nova Terra, 2014.

TANENBAUM, A. S. **Redes de Computadores** 4º edição. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

THECONVERSATION.COM – **How the Internet was born: from the ARPANET to the Internet**. Disponível em: <  
<http://theconversation.com/how-the-internet-was-born-from-the-arpamet-to-the-internet-68072>>. Acesso em: 11 de dezembro, 2019.

WEBOPEDIA – **The 7 Layers of the OSI Model**. Disponível em: <  
[https://www.webopedia.com/quick\\_ref/OSI\\_Layers.asp](https://www.webopedia.com/quick_ref/OSI_Layers.asp)> Acesso em: 11 de dezembro, 2019.

WESTCOASTCOMM – **Difference Between UTP and STP Cable**. Disponível em: <  
<http://westcoastcomm.com/difference-utp-stp-cable/>>. Acesso em: 11 de dezembro, 2019.

WNDW - **Wireless Networking in the Developing World**. Disponível em: <  
[http://wndw.net/download/WNDW\\_Standard.pdf](http://wndw.net/download/WNDW_Standard.pdf)>. Acesso em: 11 de dezembro, 2019.

**ANEXO I****QUESTIONÁRIO****Pesquisa de Satisfação de Cliente**

Pesquisa de satisfação de cliente após troca de tecnologia de fornecimento de sinal de Rádio para fibra optica

\*Obrigatório

1. Nome Completo \*

---

2. CPF \*

---

3. Endereço \*

---

4. Telefone de Contato \*

---

**5. Para qual função utiliza a internet \***

*Marque todas que se aplicam.*

- Lazer
- Trabalho
- Estudo

**6. Em qual dispositivo utiliza internet \***

*Marque todas que se aplicam.*

- Smartphone
- Smarttv
- Notebook
- desktop
- Video Game

**7. Quantos dispositivos possui conectado em casa \****Marcar apenas uma oval.*

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5 ou mais

**8. Plano de internet contratado \****Marcar apenas uma oval.*

- 2MB
- 5MB
- 7MB

**9. O que teve mais peso no momento de escolher o plano de internet \****Marcar apenas uma oval.*

- Velocidade oferecida
- O Valor do plano

**10. Como você considerava sua internet antes de melhorar o método de fornecimento do sinal \****Marcar apenas uma oval.*

- Pessima
- Ruim
- Bom
- Ótimo

**11. Qual o tipo de problema você tinha com a internet \****Marcar apenas uma oval.*

- Ficava sem sinal de internet
- Sinal de internet ficava oscilando (lentidão)
- Não tinha problemas

**12. Quais os horários o problema era mais frequente \****Marque todas que se aplicam.*

- Madrugada entre 00:00h e 06:00h
- Manhã entre 06:00h e 12:00h
- Tarde entre 12:00h e 18:00h
- Noite entre 18:00h e 00:00h
- Não possuía problemas

**13. Como ficou sua internet depois da melhoria no fornecimento \***

*Marcar apenas uma oval.*

- Péssima  
 Ruim  
 Boa  
 Ótima

**14. No seu uso diário como era a internet na utilização dos seguintes aplicativos antes da atualização do meio de fornecimento: \***

*Marcar apenas uma oval por linha.*

	Pessimo	Ruim	Bom	Ótimo	Não utilizo
Navegação em sites	<input type="radio"/>				
Seviços de Stream de musica	<input type="radio"/>				
Serviço de video sob demanda	<input type="radio"/>				
Jogos Online	<input type="radio"/>				

**15. No seu uso diário como ficou a internet na utilização dos seguintes aplicativos depois do meio de fornecimento: \***

*Marcar apenas uma oval por linha.*

	Pessimo	Ruim	Bom	Ótimo	Não utilizo
Navegação em sites	<input type="radio"/>				
Seviços de Stream de musica	<input type="radio"/>				
Serviço de video sob demanda	<input type="radio"/>				
Jogos Online	<input type="radio"/>				

**ANEXO II****ANEXO II – AUTORIZAÇÃO PARA REDAÇÃO DE ESTUDO DE CASO**  
**FORMULÁRIO DE LIBERAÇÃO PARA REDAÇÃO DE ESTUDO DE CASO**

Pela presente, em nome da IGAP TELECOMUNICAÇÕES LTDA, a qual represento neste ato, autorizo Joaquim Euzébio Moreira a iniciar um estudo de caso para fins acadêmicos para a FACULDADES INTEGRADAS DE CARATINGA (FIC), autorizo o uso do nome empresarial para a redação, podendo distribuí-lo e publicá-lo em sites, revistas, livros e coletâneas de casos que venham a ser organizados pela citada escola, sem nenhum ônus, cedendo todos os direitos inerentes a propriedade intelectual do caso à FIC.

Data: 15/11/2019

Assinatura: \_\_\_\_\_



Nome completo do representando legal: Paulo Santana Guimarães

Empresa: Igap Telecomunicações LTDA

CNPJ: 07.511.814/0001-30

Endereço: Rua José César de Paula 237, Centro, Tarumirim MG

Telefone: (33)32331130