

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
AMAZONAS – IFAM
CAMPUS MANAUS DISTRITO INDUSTRIAL
CURSO DE TECNOLOGIA EM SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES**

ELIZANDRA FERREIRA DOS SANTOS CRUZ

**PROJETO DE REVITALIZAÇÃO DA INFRAESTRUTURA DE REDE DO
HOSPITAL E PRONTO SOCORRO DR. JOÃO LUCIO PEREIRA MACHADO**

MANAUS-AM

2024

ELIZANDRA FERREIRA DOS SANTOS CRUZ

**PROJETO DE REVITALIZAÇÃO DA INFRAESTRUTURA DE REDE DO
HOSPITAL E PRONTO SOCORRO DR. JOÃO LUCIO PEREIRA MACHADO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de graduação em Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do Título de Tecnólogo em Sistemas de Telecomunicações.

Orientador(a): Alyson de Jesus dos Santos

MANAUS-AM

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C957p	<p>Cruz, Elizandra Ferreira dos Santos. Projeto de revitalização da infraestrutura de rede do Hospital e Pronto Socorro Dr. João Lúcio Pereira Machado. — Manaus, 2024. 43f.: il. color.</p> <p>Monografia (Graduação) — Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, <i>Campus</i> Manaus Distrito Industrial, Curso de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações, 2024. Orientador: Prof.º Alyson de Jesus dos Santos, Dr.</p> <p>1. Infraestrutura lógica. 2. Modernização. 3. Hospitalar. I. Alyson de Jesus dos Santos. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. III. Título.</p> <p>CDD 621.382</p>
-------	--

Elaborada por Oziane Romualdo de Souza (CRB11/ nº 734)

ANEXO 7

ATA DE DEFESA PÚBLICA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos 4 de dezembro de 2024, às 18h, o(a) discente Elizandra Ferreira dos Santos Cruz apresentou o seu Trabalho de Conclusão de Curso para avaliação da Banca Examinadora constituída pelos seguintes integrantes: Prof(a). (docente-orientador), Prof. Dr. Alyson de Jesus dos Santos, Prof. Dr. Daniel Fonseca de Souza (Membro 1) e Prof. Dr. Carlos Gomes Fontinelle (Membro 2). A sessão pública de defesa foi aberta pelo(a) presidente da banca, que apresentou a Banca Examinadora e deu continuidade aos trabalhos, fazendo uma breve referência ao TCC, que tem como título PROJETO DE REVITALIZAÇÃO DA INFRAESTRUTURA DE REDE DO HOSPITAL E PRONTO SOCORRO DR. JOÃO LUCIO PEREIRA MACHADO. Na sequência, o(a) discente teve até 30 minutos para a comunicação oral de seu trabalho. Cada integrante da banca examinadora fez suas arguições após a defesa do mesmo. Ouvidas as explicações do(a) discente, a banca examinadora, reunida em caráter sigiloso, para proceder à avaliação final, deliberou e decidiu pela APROVAÇÃO com média final 8,0 do referido trabalho.

Foi dada ciência ao(à) discente que a versão final do trabalho deverá ser entregue até o dia 04/01/2025, com as devidas alterações sugeridas pela banca. Nada mais havendo a tratar, a sessão foi encerrada às 19h, sendo lavrada a presente ata, que, uma vez aprovada, foi assinada por todos os membros da Banca Examinadora e pelo(a) discente.

Prof.(a) Orientador(a)/Presidente: Alyson de Jesus dos Santos
Prof.(a) Avaliador 1: Daniel Fonseca de Souza
Prof.(a) Avaliador 2: Carlos Gomes Fontinelle
Discente: Elizandra Ferreira dos S. Cruz

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar à Força Suprema, por ter me guiado e protegido durante esta jornada ao conhecimento.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM), em especial ao Curso Tecnólogo em Sistemas de Telecomunicações (TST), pela oportunidade concedida para o desenvolvimento acadêmico e profissional.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Alyson de Jesus dos Santos, pelas valiosas orientações e contribuições a esta pesquisa, além da generosidade em aceitar-me orientar, mesmo reconhecendo minhas limitações teóricas e metodológicas.

Ao coordenador do curso, Prof. M.e. Carlos Gomes Fontinelle, pela constante disponibilidade, pelo compartilhamento de conhecimento técnico e pela ampliação da minha visão de mundo.

À equipe docente do curso, pela sólida formação acadêmica fornecida ao longo dessa jornada.

À unidade hospitalar e Pronto-Socorro Dr. João Lúcio Pereira e à equipe de TI, pela colaboração com materiais de estudo e pela disponibilidade em contribuir com esta pesquisa.

Aos meus pais, pelo direcionamento, apoio financeiro e incentivo constante aos estudos; esta conquista também é de vocês.

Ao meu irmão, pelo carinho e pelas conversas sempre acolhedoras.

Ao meu companheiro, Rodrigo Gaudêncio, pelo suporte, paciência e encorajamento nos momentos mais desafiadores.

Por fim, expresso minha sincera gratidão a todas as pessoas que cruzaram meu caminho e torceram pelo meu sucesso.

Resumo

Este trabalho propõe a modernização da infraestrutura lógica do Hospital e Pronto-Socorro Dr. João Lúcio Pereira Machado, implementando uma topologia de rede em anel com adicional de a possibilidade de agregação de uma futura redundância de link. A iniciativa visa aumentar a confiabilidade, disponibilidade e resiliência dos sistemas de TI do hospital, assegurando a continuidade dos serviços de saúde em caso de falhas na comunicação. A escolha pela topologia em anel é motivada por sua capacidade de fornecer múltiplos caminhos para o tráfego de dados, reduzindo pontos de falha e permitindo uma recuperação ágil. A redundância de tráfego é crucial para manter o fluxo de informações ininterrupto, mesmo com falhas em segmentos específicos da rede. O projeto envolve a análise da infraestrutura existente, identificação de necessidades específicas, planejamento e implementação da nova arquitetura de rede, considerando aspectos técnicos, operacionais e de segurança. Serão utilizados plantas baixas e modelos de topologia de rede para ilustrar o projeto. O resultado esperado é uma rede de comunicação robusta, segura e altamente disponível, que suporta as operações diárias do hospital e futuras demandas tecnológicas, melhorando a qualidade dos serviços prestados à população e otimizando o atendimento e a gestão hospitalar.

Palavras-chave: Modernização; Infraestrutura Lógica; Hospitalar; Redundância.

Abstract

This work proposes the modernization of the logical infrastructure of the Dr. João Lúcio Pereira Machado Hospital and Emergency Room, implementing a ring network topology with the additional possibility of aggregating future link redundancy. The initiative aims to increase the reliability, availability and resilience of the hospital's IT systems, ensuring the continuity of healthcare services in the event of communication failures. The choice of ring topology is motivated by its ability to provide multiple paths for data traffic, reducing points of failure and enabling agile recovery. Traffic redundancy is crucial to maintain the uninterrupted flow of information, even with failures in specific segments of the network. The project involves analyzing the existing infrastructure, identifying specific needs, planning and implementing the new network architecture, considering technical, operational and security aspects. Floor plans and network topology models will be used to illustrate the project. The expected result is a robust, secure and highly available communication network, which supports the hospital's daily operations and future technological demands, improving the quality of services provided to the population and optimizing hospital care and management.

Keywords: *Modernization; Logical Infrastructure; Hospital; Redundancy*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Solução FTTH	8
Figura 2 – Fibra	13
Figura 3- Condução da luz através da fibra	13
Figura 4 - Perfil da fibra monomodo	15
Figura 5- Composição da fibra óptica	15
Figura 6 - Propagação em fibra óptica multimodo, índice Degrau	17
Figura 7- Propagação em fibra óptica multimodo	18
Figura 8 - Diagrama de rede com Redundância	30
Figura 9 - Hospital e Pronto Socorro Dr. Joao Lucio	31
Figura 10 - Conversor óptico, entrada do link de acesso	32
Figura 11 - HUB de distribuição do Centro Cirúrgico	33
Figura 12 - Planta Baixa da unidade.....	34
Figura 13 - Diagrama de rede: Topologia atual.....	35
Figura 14 - Distribuição atual dos HUB, sob planta baixa.....	36
Figura 15 - Alteração na topologia proposta, sob planta baixa	37
Figura 16 - Diagrama da rede em anel, dupla abordagem.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Orçamentos de equipamento	42
--	----

LISTA DE SIGLAS

ABNT -	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACKs -	Checksums e acknowledgments
ASCII -	American Standard Code for Information Interchange
ASK -	Shift Keying
BB -	Banco do Brasil
BGP -	Gateway Protocol
CPD -	Central de Processamento de Dados
CRC -	Cyclic Redundancy Check
CRC -	Cyclic Redundancy Check
CSMA/C	Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection
DNS -	Domain Name System
ERPS -	Ethernet Ring Protection Switching
FSK -	Frequency Shift Keying
FTP -	File Transfer Protocol
FTTH -	Fiber to the home
HPSJL-	Hospital e Pronto-Socorro Dr. João Lúcio Pereira Machado
HTTP -	Hypertext Transfer Protocol
ICMP -	Internet Control Message Protocol
IoT -	Internet das Coisas
IP -	Internet Protocol
LANs -	Redes Locais
LED's -	Light Emitting Diode (diodos emissores de luz)
LLC -	Controle de Enlace Lógico
MAC -	Controle de Acesso ao Meio
OLT -	Optical Line Terminal
OSI -	Open Systems Interconnection
OSPF -	Open Shortest Path First
PANs -	Redes Pessoais
PSK -	Phase Shift Keying
RPC -	Remote Procedure Call
SANs -	Rede de Área de Armazenamento

SDNs - Software Defined Network
SMTP - Simple Mail Transfer Protocol
SNMP - Simple Network Management Protocol
SSL - Secure Sockets Layer
TCP - Transmission Control Protocol
TLS - Transport Layer Security
UDP - User Datagram Protocol
UTP - Unshielded Twisted Pair (par trançado sem blindagem)
WANs - Redes de Longa Distância
Wi-Fi - Wireless Fidelity

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	2
1.1 Metodologia.....	2
2. OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo Geral	3
2.2 Objetivos Específicos	3
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
3.1 Redes De Computadores	4
3.2 Tipos de Redes	5
3.3 Topologia de Redes	6
3.4 FTTH – Fibra até a Casa	8
3.5 Redes Cabeada.....	9
3.6 Sistemas de Comunicação Ópticas	10
3.7 Elementos de uma rede óptica	11
3.7.1 Fibra Óptica	11
3.7.2 Fibra Óptica Monomodo	14
3.7.3 Fibra Óptica Multimodo de Índice Degrau.....	16
3.7.4 Transmissor Óptico	18
3.8 Modelo Osi	19
3.8.1 Camada Física	19
3.8.2 Camada de Enlace de Dados	20
3.8.3 Camada de redes	21
3.8.4 Camada de Transporte	23
3.8.5 Camada de Sessão	24
3.8.6 Camada de apresentação.....	25
3.8.7 Camada de Aplicação	26
3.8.9 Protocolo TCP/IP.....	27
3.9 Norma NBR 14565: 2001	29
4. RESULTADOS	30
4.1 Local da pesquisa.....	31
4.2 Cenário Atual.....	32
4.3 Planta Baixa.....	34

4.4 Problemas	34
4.5 Cenário Proposto	36
4.6 Solução do problema proposto e melhorias.....	38
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	41
6. RESULTADOS ENCONTRADOS	42
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
8. CONCLUSÃO.....	43
REFERÊNCIAS	44

1. INTRODUÇÃO

O Hospital e Pronto-Socorro Dr. João Lúcio Pereira Machado (HPSJL), localizado em Manaus, desempenha um papel vital no atendimento médico de urgência e emergência na região. Com a crescente demanda por serviços de saúde e a necessidade de integração eficiente dos sistemas de informação, torna-se imperativo a modernização da infraestrutura lógica do hospital. É proposto a reestruturação da rede de comunicação do hospital, migrando para uma topologia em anel com redundância de tráfego, a fim de garantir maior confiabilidade, disponibilidade e resiliência dos sistemas de TI.

A topologia em anel é amplamente reconhecida por sua capacidade de oferecer caminhos alternativos para o tráfego de dados, minimizando os pontos de falha e permitindo uma recuperação rápida em caso de interrupções. A implementação da redundância de link assegura que, mesmo em situações de falhas em segmentos específicos da rede, como tem se mostrado uma realidade no fluxo diário do hospital, a comunicação não seja interrompida, garantindo a continuidade dos serviços médicos do hospital.

Este projeto abrange uma análise detalhada da infraestrutura atual, identificação das necessidades específicas do hospital, planejamento da nova arquitetura de rede e a implementação da topologia em anel. Serão considerados aspectos técnicos, operacionais e de segurança, visando não apenas a melhoria da comunicação interna, mas também a integração eficiente com outros sistemas de saúde, otimizando o atendimento aos pacientes e a gestão hospitalar.

O objetivo final é proporcionar ao Hospital e Pronto-Socorro Dr. João Lúcio Pereira Machado uma rede de comunicação robusta, segura e altamente disponível, que suporte as operações cotidianas e futuras demandas tecnológicas, contribuindo significativamente para a qualidade dos serviços prestados à população.

1.1 Metodologia

Foi realizado um estudo de caso para se fazer o levantamento da situação real da infraestrutura de rede da unidade de saúde em questão, para se obter as informações das reais necessidades na execução do upgrade que se fazia necessário. Para a coleta de dados foi utilizado o método qualitativo, pois havia a necessidade de analisar de forma qualitativa a situação estudada. Para obter o embasamento teórico não apenas para o registro neste trabalho, como também fonte de consulta real para ser colocado em prática na execução de projetos reais,

foi realizada uma pesquisa bibliográfica das obras de autores renomados e foram verificadas também as normas da ABNT e as possíveis atualizações dela.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Reestruturar a topologia de rede para a criação de um anel interno com redundância, utilizando fibra ópticas. Com a implementação desta topologia, o hospital poderá atender de forma mais eficiente às demandas presentes e futuras, garantindo a continuidade dos serviços à população.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a atual infraestrutura da rede;
- Indicar a necessidade redistribuição da rede para o local, apontando possíveis pontos críticos da topologia atual.
- Sugerir reorganização e melhoria da infraestrutura atual de redes

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Redes De Computadores

A evolução das redes de computadores transformou significativamente a maneira como a sociedade moderna se comunica e compartilha informações. Desde os primórdios da ARPANET na década de 1960, considerada a precursora da internet moderna, até as complexas infraestruturas de redes atuais, a progressão tecnológica tem sido notável (Kurose & Ross, 2017).

As redes de computadores são compostas por vários elementos essenciais, incluindo hardware, software e protocolos. O hardware envolve dispositivos físicos como roteadores, switches, cabos e servidores, enquanto o software inclui sistemas operacionais e aplicativos que gerenciam a comunicação de dados (Tanenbaum & Wetherall, 2011). A interconexão eficiente desses elementos é viabilizada por protocolos, que são conjuntos de regras que definem como os dados devem ser transmitidos, recebidos e processados em uma rede.

Um dos protocolos mais fundamentais é o TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol), que estabelece padrões para a comunicação na internet. O TCP/IP divide os dados em pacotes, permitindo que sejam transmitidos de forma eficiente e reagrupados no destino (Comer, 2018). Esse protocolo é essencial para a funcionalidade da internet, facilitando a comunicação entre redes heterogêneas e garantindo a integridade dos dados transmitidos.

As redes podem ser classificadas em diferentes tipos com base em sua escala e funcionalidade. Redes Locais (LANs) são limitadas a pequenas áreas geográficas, como residências ou escritórios, e geralmente utilizam tecnologias como Ethernet e Wi-Fi (Forouzan, 2013). Redes de Área Metropolitana (MANs) cobrem áreas maiores, como cidades, enquanto Redes de Longa Distância (WANs) conectam dispositivos e redes em diferentes regiões geográficas, frequentemente utilizando infraestruturas de telecomunicações para transmitir dados por grandes distâncias (Stallings, 2016).

A segurança das redes de computadores é um aspecto crítico que tem recebido crescente atenção. Com a proliferação de ameaças cibernéticas, a implementação de medidas de segurança robustas é essencial para proteger dados sensíveis e garantir a integridade das comunicações (Kurose & Ross, 2017). Técnicas como criptografia, firewalls e sistemas de detecção de intrusões são amplamente utilizadas para mitigar riscos e prevenir acessos não autorizados.

Além disso, a gestão eficiente das redes envolve o monitoramento e a manutenção constantes. Ferramentas de gerenciamento de redes, como SNMP (Simple Network Management Protocol), são utilizadas para monitorar a performance, identificar problemas e otimizar o uso dos recursos da rede (Tanenbaum & Wetherall, 2011). Essas práticas são fundamentais para garantir que as redes operem de forma contínua e eficiente, minimizando tempos de inatividade e melhorando a qualidade do serviço.

A contínua evolução das tecnologias de rede, como a introdução do IPv6 para substituir o esgotamento de endereços no IPv4, e o avanço das redes 5G, que prometem velocidades de transferência de dados significativamente maiores e latências menores, demonstram o dinamismo e a importância deste campo (Comer, 2018). A pesquisa e o desenvolvimento contínuos são essenciais para enfrentar os desafios emergentes e explorar novas possibilidades na comunicação digital.

3.2 Tipos de Redes

Com o avanço contínuo da tecnologia, as redes de computadores têm se tornado cada vez mais complexas e diversificadas. Diferentes tipos de redes são usados para atender às variadas necessidades de comunicação e compartilhamento de recursos. Essas redes podem ser classificadas com base em sua escala, arquitetura e finalidade.

As Redes Locais (LANs) são um dos tipos mais comuns de redes de computadores. Elas são geralmente limitadas a pequenas áreas geográficas, como residências, escritórios ou campus universitários. As LANs utilizam tecnologias como Ethernet e Wi-Fi para conectar dispositivos dentro de uma área restrita, permitindo a rápida troca de dados e o compartilhamento de recursos, como impressoras e servidores (Forouzan, 2013). Um exemplo clássico de LAN é a rede de computadores dentro de um escritório, onde os funcionários podem acessar arquivos e aplicativos centralizados.

Expandindo em escopo, temos as Redes de Área Metropolitana (MANs), que cobrem áreas geográficas maiores que as LANs, como cidades ou grandes campi universitários. As MANs são projetadas para interconectar várias LANs dentro de uma cidade, facilitando uma comunicação eficiente e econômica entre diferentes locais (Stallings, 2016). Essas redes frequentemente utilizam tecnologias de transmissão de fibra óptica para garantir altas velocidades de dados.

Para cobrir distâncias ainda maiores, as Redes de Longa Distância (WANs) são utilizadas. As WANs conectam dispositivos e redes em diferentes regiões geográficas,

frequentemente em escala nacional ou internacional. A internet é o exemplo mais notável de uma WAN, conectando redes ao redor do mundo através de uma complexa infraestrutura de cabos submarinos, satélites e outras tecnologias de telecomunicações (Kurose & Ross, 2017). Diferente das LANs e MANs, as WANs frequentemente utilizam serviços de provedores de telecomunicações para transmitir dados por longas distâncias.

Além dessas categorias principais, existem outras formas especializadas de redes. As são usadas para a comunicação entre dispositivos próximos a uma pessoa, como smartphones, tablets e laptops, geralmente utilizando tecnologias como Bluetooth (Tanenbaum & Wetherall, 2011). Estas redes são tipicamente de curto alcance e são usadas para conectar dispositivos pessoais de forma rápida e conveniente.

Redes de Área de Armazenamento (SANs) são projetadas especificamente para fornecer acesso a dispositivos de armazenamento de dados, como discos rígidos e bibliotecas de fitas, de maneira eficiente e de alto desempenho. As SANs são amplamente utilizadas em ambientes corporativos e centros de dados para consolidar e gerenciar grandes volumes de dados (Comer, 2018).

Recentemente, as Redes Definidas por Software (SDNs) têm ganhado destaque. As SDNs permitem a gestão centralizada e programável da rede, separando o plano de controle do plano de dados. Essa abordagem flexível facilita a adaptação rápida às necessidades dinâmicas do tráfego de rede e melhora a eficiência operacional (Kurose & Ross, 2017).

Cada tipo de rede tem suas próprias características, vantagens e desafios. A escolha do tipo de rede a ser implementada depende das necessidades específicas da organização, incluindo a escala geográfica, a quantidade de dados a serem transmitidos e os requisitos de segurança.

3.3 Topologia de Redes

As topologias de redes de computadores são uma parte fundamental do design e da implementação das redes, definindo como os dispositivos estão interconectados e como os dados são transmitidos entre eles. Existem várias topologias de rede, cada uma com suas próprias vantagens e desvantagens, e a escolha da topologia correta depende das necessidades específicas da rede e do ambiente em que será implementada.

A topologia de barramento é uma das mais antigas e simples formas de organização das redes. Nesta configuração, todos os dispositivos são conectados a um único cabo central, chamado de barramento. Cada dispositivo se comunica com os outros através deste cabo compartilhado (Tanenbaum & Wetherall, 2011). A principal vantagem da topologia de

barramento é a sua simplicidade e baixo custo de implementação. No entanto, uma desvantagem significativa é que, se o cabo principal falhar, toda a rede fica inoperante. Além disso, à medida que mais dispositivos são adicionados, o desempenho da rede pode degradar devido ao aumento do tráfego de dados no barramento compartilhado.

A topologia em anel é outra configuração clássica, onde cada dispositivo está conectado a dois outros dispositivos, formando um anel físico ou lógico. Os dados são transmitidos em uma direção ao longo do anel até chegarem ao destino (Stallings, 2016). A topologia em anel facilita a detecção de falhas e a adição de novos dispositivos sem interromper a rede existente. No entanto, se um único dispositivo ou conexão no anel falhar, isso pode afetar a operação de toda a rede, a menos que sejam implementados mecanismos de redundância.

Na topologia em estrela, todos os dispositivos são conectados a um dispositivo central, como um switch ou hub. Este dispositivo central atua como um ponto de comutação, encaminhando dados entre os dispositivos conectados (Kurose & Ross, 2017). A topologia em estrela é popular devido à sua facilidade de instalação e gerenciamento. Uma falha em um cabo ou dispositivo individual não afeta o restante da rede. No entanto, a desvantagem é que se o dispositivo central falhar, toda a rede fica inoperante.

A topologia em árvore, também conhecida como topologia hierárquica, é uma variação da topologia em estrela. Nesta configuração, múltiplas topologias em estrela são interconectadas através de uma hierarquia de dispositivos centrais. Esta abordagem permite a expansão da rede e a segmentação do tráfego, melhorando a escalabilidade e o gerenciamento (Forouzan, 2013). A principal desvantagem é a complexidade adicional na configuração e manutenção da rede.

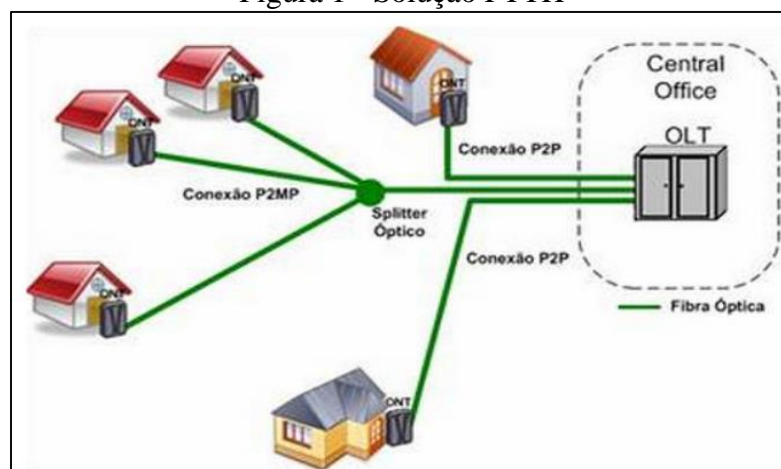
A topologia em malha é caracterizada por conexões redundantes entre todos os dispositivos da rede. Em uma malha completa, cada dispositivo está diretamente conectado a todos os outros dispositivos. Isso proporciona excelente redundância e resiliência, uma vez que múltiplos caminhos existem para a transmissão de dados (Comer, 2018). No entanto, a complexidade e o custo de implementação de uma topologia em malha completa podem ser proibitivos, especialmente para redes grandes. Alternativamente, uma malha parcial, onde apenas alguns dispositivos são interconectados de forma redundante, pode ser utilizada para equilibrar custo e desempenho.

Cada uma dessas topologias de rede tem seu próprio conjunto de benefícios e desafios, e a escolha da topologia apropriada depende das necessidades específicas do ambiente de rede. Fatores como custo, facilidade de manutenção, resiliência e escalabilidade devem ser considerados ao projetar uma rede.

3.4 FTTH – Fibra até a Casa

A abreviação FTTH refere-se a "Fiber to the home", ou seja, fibra até a casa. Essa tecnologia representa uma abordagem direta na conectividade entre o provedor de internet e o usuário, onde a fibra óptica é instalada diretamente na residência do assinante. O FTTH é uma arquitetura de rede de transmissão óptica que tem a rede drop finalizando na casa do assinante, sendo atendido por uma fibra óptica dedicada para esse acesso específico. Comumente, para realizar a transição do sinal óptico para o interior da residência, é utilizado um mini-DIO ou um bloqueio óptico entre a rede drop e a rede interna do assinante. Após essa transição, o sinal é disponibilizado por meio de uma extensão ou cordão óptico para o receptor óptico do assinante. Essa abordagem direta visa proporcionar uma conexão mais eficiente e de alta qualidade, garantindo uma experiência de internet mais robusta para os usuários residenciais (PARKS, 2012). Como pode-se observar na figura 1, abaixo:

Figura 1 - Solução FTTH



Fonte: Oliveira, 2010

Como pode-se observar, a instalação de uma fibra óptica que se estende diretamente da Central (OLT) até a Residência do Cliente (ONU) representa uma estratégia que, embora ofereça benefícios significativos em termos de desempenho e largura de banda, também acarreta custos substanciais para os provedores de serviços. Esse modelo de atendimento óptico requer a implementação de uma infraestrutura completamente nova, diferenciando-se do atendimento elétrico convencional. Essa abordagem não faz uso de qualquer estrutura existente na rede metálica, adicionando complexidade e custos extras à implantação, apesar de

proporcionar uma conectividade óptica direta e eficiente até a residência do cliente. Essa escolha estratégica reflete o compromisso com a qualidade e a capacidade de transmissão de dados, mas também evidencia os desafios financeiros associados à adoção de infraestruturas ópticas completas (OLIVEIRA, 2010).

3.5 Redes Cabeada

A evolução das redes cabeadas tem desempenhado um papel crucial na forma como os dados são transmitidos e gerenciados em ambientes corporativos e domésticos. Redes cabeadas, também conhecidas como redes de comunicação por fio, utilizam cabos físicos para transmitir dados entre dispositivos, proporcionando uma conexão confiável e de alta velocidade. Entre os tipos mais comuns de cabos utilizados estão o cabo coaxial, o cabo de par trançado e a fibra óptica, cada um com suas características específicas.

O cabo coaxial, um dos primeiros meios de transmissão utilizados em redes cabeadas, foi amplamente empregado em redes locais (LANs) devido à sua capacidade de suportar longas distâncias sem perda significativa de sinal (Tanenbaum & Wetherall, 2011). Embora menos comum em novas instalações, o cabo coaxial ainda é utilizado em certos contextos, como em sistemas de televisão por cabo e em redes de backbone.

O cabo de par trançado, particularmente o cabo de par trançado não blindado (UTP), é a forma mais comum de cabeamento em redes de computadores modernas. Ele consiste em pares de fios de cobre trançados entre si para reduzir a interferência eletromagnética. Os cabos de categoria 5e (Cat5e) e categoria 6 (Cat6) são amplamente utilizados em redes Ethernet, oferecendo suporte para velocidades de até 1 Gbps e 10 Gbps, respectivamente (Forouzan, 2013). A facilidade de instalação e o baixo custo do cabo de par trançado contribuem para sua popularidade, tornando-o a escolha preferida para muitas redes locais.

A fibra óptica representa um avanço significativo em termos de capacidade e desempenho das redes cabeadas. Utilizando pulsos de luz para transmitir dados, a fibra óptica oferece uma largura de banda muito maior e menor atenuação de sinal em comparação com cabos de cobre (Kurose & Ross, 2017). As redes de fibra óptica são essenciais para backbone de internet, data centers e em qualquer aplicação que exija transmissão de dados em alta velocidade e longa distância. A instalação e o manuseio da fibra óptica requerem habilidades especializadas e equipamentos específicos, o que pode aumentar os custos iniciais, mas os benefícios em termos de performance justificam o investimento em muitas aplicações críticas.

A confiabilidade das redes cabeadas é uma de suas maiores vantagens. Ao contrário das redes sem fio, que são suscetíveis a interferências e limitações de alcance, as redes cabeadas fornecem conexões estáveis e consistentes. Isso é particularmente importante em ambientes corporativos, onde a continuidade do serviço e a integridade dos dados são cruciais (Stallings, 2016). Além disso, as redes cabeadas oferecem maior segurança, pois o acesso físico aos cabos é necessário para interceptar dados, tornando-as menos vulneráveis a ataques remotos em comparação com redes sem fio.

O gerenciamento de redes cabeadas também se beneficiou de avanços tecnológicos. Ferramentas de gerenciamento de rede, como o Simple Network Management Protocol (SNMP), permitem aos administradores monitorarem e gerenciar o desempenho da rede de forma eficiente (Comer, 2018). A capacidade de detectar e solucionar problemas rapidamente é essencial para manter a alta disponibilidade e desempenho das redes.

A evolução das tecnologias de cabeamento, como o desenvolvimento de cabos Cat7 e Cat8, continua a expandir as capacidades das redes cabeadas. Esses cabos mais recentes suportam maiores velocidades de transmissão e melhoram ainda mais a resistência à interferência, atendendo às demandas crescentes de largura de banda e desempenho em aplicações modernas.

3.6 Sistemas de Comunicação Ópticas

Os sistemas de comunicações ópticas são uma inovação notável na transmissão de informações, utilizando a luz como meio de transferência. Em um arranjo básico, incluem três elementos essenciais: o transmissor, responsável por converter o sinal do domínio elétrico para o domínio óptico; o meio de transmissão, que direciona a luz até o receptor; e, por fim, o receptor, encarregado de converter o sinal do domínio óptico para o domínio elétrico (FILHO, 2010).

Dessa maneira, o surgimento da fibra óptica marca um ponto histórico na evolução dos sistemas de comunicações. Essas fibras, estruturas finas e flexíveis compostas por vidro ou plástico, possibilitam a transmissão eficiente do sinal de informação por longas distâncias, uma característica crucial para o desempenho desses sistemas (FILHO, 2010).

Atualmente, os sistemas de comunicações ópticas que fazem uso de fibras ópticas destacam-se como a tecnologia líder capaz de oferecer a mais ampla banda de transmissão entre os sistemas conhecidos. Devido a essa capacidade e vários outros fatores, a comunidade científica internacional direciona considerável atenção para essa área. Os sistemas de

comunicações ópticas ainda possuem um amplo potencial para novas descobertas e desenvolvimentos, motivando investimentos e pesquisas contínuas (FILHO, 2010).

3.7 Elementos de uma rede óptica

Um sistema de comunicação por fibra óptica é composto por elementos fundamentais que desempenham papéis cruciais em seu funcionamento. O transmissor, peça-chave, abrange a fonte de luz e o circuito de modulação associado. Nessa etapa, o sinal é convertido do domínio elétrico para o domínio óptico, preparando-se para a transmissão por meio da fibra óptica. O cabo óptico, por sua vez, desempenha um papel crucial ao fornecer não apenas um canal para a propagação da luz, mas também proteção ambiental e mecânica às fibras ópticas contidas dentro dele. Esse componente é essencial para garantir a integridade do sinal e a durabilidade do sistema em diferentes condições ambientais.

O receptor, a última peça do quebra-cabeça, é composto pelo fotodetector e o circuito associado de amplificação e regeneração do sinal. Aqui, o sinal óptico recebido é convertido de volta para o domínio elétrico, e qualquer atenuação ou distorção sofrida durante a transmissão é corrigida. A amplificação é crucial para compensar as perdas ao longo do percurso e garantir que o sinal mantenha sua integridade e qualidade. A regeneração do sinal contribui para assegurar que a informação seja transmitida de forma clara e eficiente, promovendo a confiabilidade do sistema de comunicação por fibra óptica.

Assim, cada elemento desse sistema desempenha uma função única e complementar, trabalhando em conjunto para permitir uma comunicação eficaz e de alta qualidade por meio de fibras ópticas. Essa arquitetura proporciona vantagens significativas, como maior largura de banda, menor atenuação do sinal e maior imunidade a interferências eletromagnéticas, consolidando os sistemas de comunicação por fibra óptica como uma escolha proeminente em diversos contextos.

3.7.1 Fibra Óptica

A autoria da fibra óptica é atribuída ao físico indiano Narinder Singh Kanpany, sendo constituída por um filamento composto por material dielétrico, como plástico ou sílica. Essa tecnologia inovadora apresenta a capacidade de conduzir luz ao longo de sua estrutura cilíndrica, transparente e flexível. As dimensões variáveis da fibra dependem da aplicação, mas, de maneira geral, são semelhantes às de um fio de cabelo humano, destacando-se pela sua

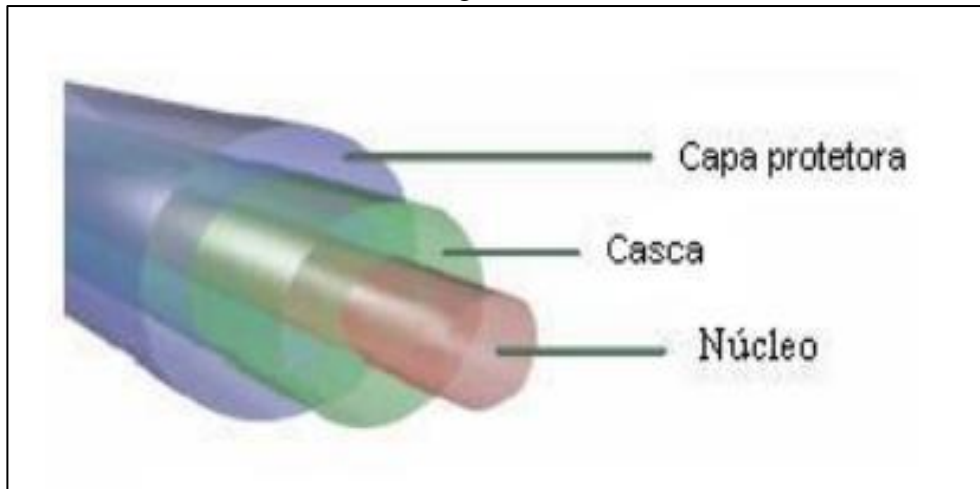
resistência a interferências eletromagnéticas (LIMA, 2002).

De forma simplificada, as fibras ópticas desempenham a função de condutores para a potência luminosa proveniente do emissor de luz até o fotodetector. Estas estruturas transparentes e flexíveis, geralmente compostas por dois materiais dielétricos, possuem dimensões próximas às de um fio de cabelo humano. O elemento central na fibra óptica é o núcleo, por onde a luz percorre, e pode ser constituído por um fio de vidro especial ou polímero, com diâmetro frequentemente inferior a 125 micrômetros nas fibras mais comuns e ainda menor em fibras mais avançadas. Essa região central é crucial para a orientação precisa da luz ao longo da fibra óptica, desempenhando um papel fundamental no desempenho eficiente dessa tecnologia (PEREIRA, 2008).

Dessa forma, as fibras ópticas são cabos revestidos de uma capa, um revestimento e um núcleo. Dentro deste núcleo, contém vários refletores, que conseguem fazer com que a luz chegue de uma ponta a outra, sem uma perda significativa de sinal. A fabricação de fibras pode variar entre vidro e plástico e podem ter o tamanho medido em micrometros de espessura. Um conjunto de fibras forma um cabo, que normalmente pode possuir entre 1 fibra ou até mesmo 96 fibras. Também conseguem se dividir em dois grupos: Monomodo e Multimodo. As fibras Monomodo possuem um núcleo menor e utilizam a tecnologia de laser óptica. Elas podem atender um sinal por vez, ou seja, uma única fonte de luz (na maior parte das vezes, laser) envia as informações por enormes distâncias. As fibras Monomodo apresentam menos dispersão, por isso pode haver distâncias muito grandes entre retransmissores (HAMANN, 2017).

Já as Fibras Multimodo garantem a emissão de vários sinais ao mesmo tempo (geralmente utilizam LEDs para a emissão). Esse tipo de fibra é mais recomendado para transmissões de curtas distâncias, pois garante apenas 300 metros de transmissões sem perdas. Elas são mais recomendadas para redes domésticas porque são muito mais baratas (HAMANN, 2017). A fibra multimodo possui um núcleo de 50 ou 62,5 micrometros e uma casca de 125 micrometros. Possuem diâmetros grandes o que facilitam o acoplamento de fontes luminosas e requerem pouca precisão nos conectores. Seu alcance se limita a 2km para cabeamento estruturado. Como pode-se observar na figura 2, abaixo:

Figura 2 – Fibra



Fonte: Pereira (2008)

Os cabos de fibra óptica operam com base no fenômeno da refração interna total para transportar feixes de luz ao longo de distâncias consideráveis. Compostos por um núcleo extremamente fino de vidro, frequentemente constituído de sílica altamente purificada, e envolto por uma camada de sílica de índice de refração inferior, conhecida como cladding, esses cabos garantem que a luz transmitida pelo núcleo seja refletida pelas paredes internas da fibra. Assim, mesmo sendo transparente, a fibra possui a capacidade de guiar a luz por longas extensões, caracterizando-se por uma perda de sinal mínima (Morimoto,2008). Esse processo de refração interna total é fundamental para assegurar a eficiência da fibra óptica na transmissão eficaz de sinais luminosos ao longo de distâncias consideráveis. Observa-se a condução da luz através da fibra, na figura 3, abaixo:

Figura 3- Condução da luz através da fibra



Fonte: Morimoto (2008)

Apesar da sílica ser um recurso abundante, a produção dos cabos de fibra óptica é onerosa devido ao complexo processo de fabricação, semelhante à dos processadores, que são originados a partir do silício. A distinção entre sílica e silício reside na composição do dióxido de silício que forma a sílica, composto por um átomo de silício e dois de oxigênio, enquanto o silício puro é o elemento Si em sua forma original. O silício, de cor cinza escura, bloqueia a luz, enquanto a sílica é transparente (Morimoto, 2008).

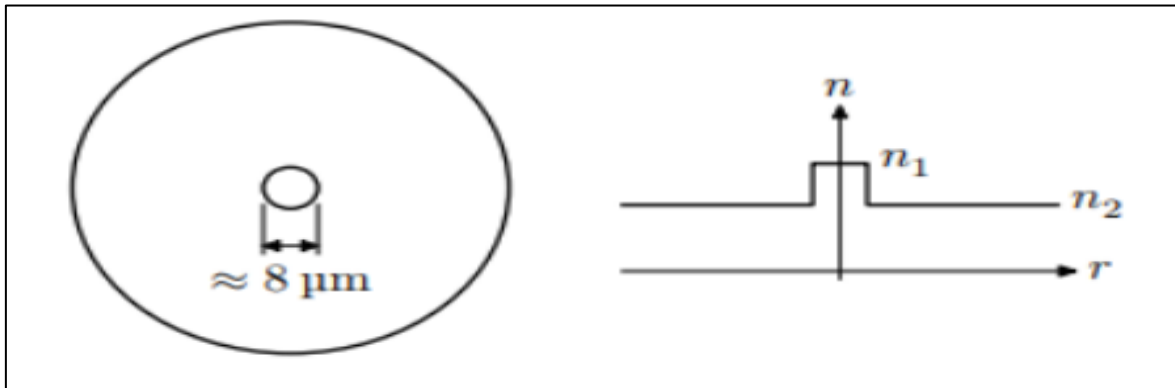
Com isso, o núcleo e o cladding são os dois elementos essenciais da fibra óptica, formando um conjunto delicado de aproximadamente 125 micrômetros, pouco mais de um décimo de um milímetro. Esse conjunto é envolvido por uma camada mais robusta de material protetor chamado coating ou buffer, destinado a reforçar o cabo e reduzir impactos. O cabo resultante é revestido por uma malha de fibras protetoras, composta por fibras de kevlar, cuja função é evitar danos ou rupturas durante o manuseio do cabo. Adicionalmente, o cabo é envolto por uma nova camada plástica chamada jacket ou jaqueta, que sela o cabo, proporcionando uma camada adicional de proteção. Esse arranjo de camadas e materiais organizados de maneira estratégica visa garantir a robustez e a integridade do cabo de fibra óptica em diversos ambientes e diante de possíveis desafios mecânicos.

3.7.2 Fibra Óptica Monomodo

A fibra óptica Monomodo, também conhecida como fibra óptica de modo único, é uma categoria específica desse meio de transmissão que permite a propagação de sinais ópticos em um único modo, isto é, possibilita a passagem de um único raio de luz em seu núcleo. Essa configuração traz benefícios significativos em termos de largura de banda e distância de transmissão, tornando-a uma opção ideal para situações que demandam alta eficiência em comunicações de longo alcance, como em redes de telecomunicações de longo percurso e em sistemas de transmissão de dados de alta capacidade (Forouzan, 2008).

Entende-se que a constituição da fibra óptica Monomodo é única e otimizada para suportar a propagação eficaz de um único modo de luz. O núcleo, localizado no centro da fibra, possui uma espessura extremamente reduzida, frequentemente com diâmetros variando entre 8 e 10 micrômetros, o que é consideravelmente menor em comparação com os núcleos presentes em fibras multimodo. Essa característica é fundamental para facilitar a transmissão de um único modo de luz, permitindo uma propagação mais focada e eficiente. Observa-se o perfil da fibra Monomodo conforme figura 4, a seguir:

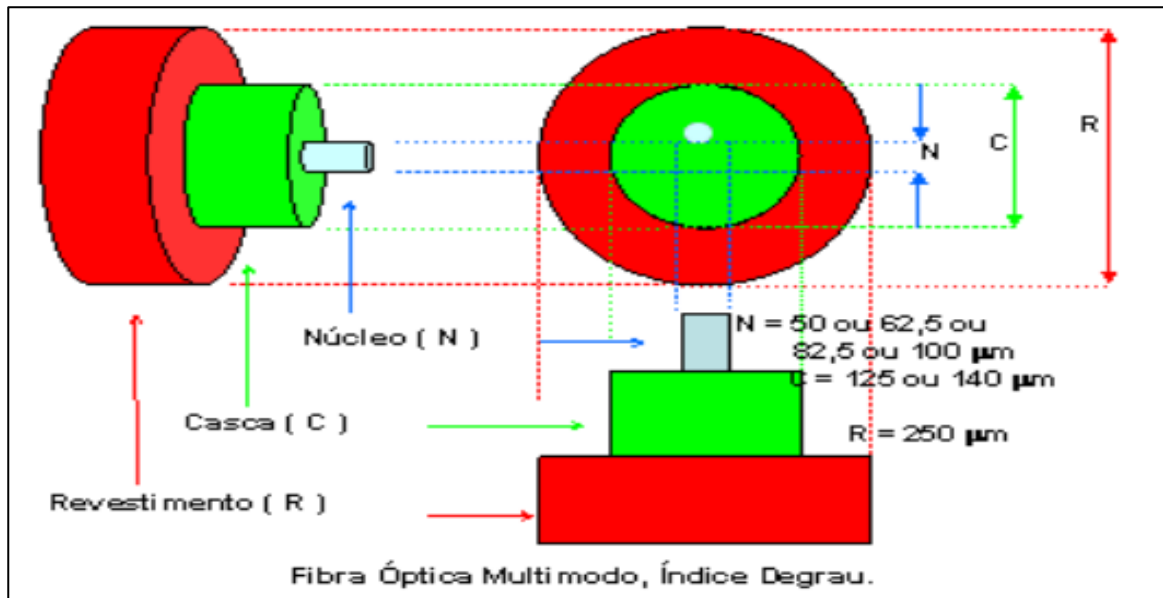
Figura 4 - Perfil da fibra monomodo



Fonte: UNICAMP (2017)

Dessa forma, a fibra óptica Monomodo conta com uma camada de cladding, geralmente constituída de sílica, que envolve o núcleo. O cladding apresenta um índice de refração inferior ao do núcleo, o que desempenha um papel crucial na promoção da refração interna total, um fenômeno essencial para a transmissão eficiente da luz ao longo da fibra. Essa característica ajuda a minimizar as perdas de sinal e viabiliza que a luz percorra distâncias consideráveis sem degradação. Abaixo representado na figura 5, temos a constituição de uma fibra óptica multimodo:

Figura 5- Composição da fibra óptica



Fonte: Fernandes (2009).

Conforme evidenciado na Figura 5, a estrutura das fibras ópticas é composta por três

camadas distintas. A camada externa é denominada Revestimento (R), conhecida como Coating em inglês, e normalmente possui um diâmetro de 250 μm . Logo abaixo, encontra-se a Casca (C), ou Cladding em inglês, cujos diâmetros são de 125 ou 140 μm . No centro, encontra-se o Núcleo (N), ou Core, em inglês, que pode ser construído com diâmetros de 50, 62,5, 82,5 ou 100 μm . Uma das principais vantagens dessas fibras reside no custo relativamente baixo, especialmente quando comparadas a outros tipos de fibras utilizadas para aplicações similares (Fernandes, 2009).

De acordo com Fernandes (2009), as Fibras Ópticas do tipo Multimodo fabricadas em um plástico especial, caracterizado por um elevado índice de refração, o diâmetro do Núcleo (N) geralmente atinge a ordem de 1.000 μm . Essa variação de diâmetro no Núcleo permite adaptabilidade a diferentes requisitos de aplicação, proporcionando uma gama diversificada de opções para atender às necessidades específicas de transmissão de luz em diferentes contextos.

Essa diferenciação estrutural nas fibras ópticas, seja no âmbito das fibras multimodo convencionais ou nas de plástico especial, destaca a versatilidade dessas tecnologias, possibilitando escolhas personalizadas de acordo com as demandas particulares de cada aplicação, ao mesmo tempo em que oferece uma solução economicamente atrativa (Forouzan, 2008).

3.7.3 Fibra Óptica Multimodo de Índice Degrau

A fibra óptica multimodo de índice degrau representa uma categoria específica de fibra óptica conhecida por sua capacidade de transmitir simultaneamente vários modos de luz. Amplamente utilizada em cenários que demandam transmissão de dados em curtas distâncias, como em redes locais, essa fibra é reconhecida por sua versatilidade e eficácia em diversas aplicações. A característica distintiva dessa fibra reside na variação gradual do índice de refração ao longo do núcleo. O núcleo, responsável pela propagação da luz, apresenta um índice de refração que diminui gradativamente em direção à borda externa. Essa abordagem cria um ambiente propício para a propagação simultânea de vários modos de luz, possibilitando que diferentes raios sigam trajetórias distintas ao longo da fibra (Pinheiro, 2017).

Essa particularidade do índice degrau na fibra óptica Multimodo confere uma maior tolerância à dispersão modal, um fenômeno que geralmente limita as fibras ópticas Monomodo. A variação gradual do índice de refração reduz distorções temporais, aprimorando a eficiência da transmissão em curtas distâncias. É crucial observar, no entanto, que, devido à sua propensão à dispersão modal em distâncias mais extensas, as fibras ópticas multimodo de índice degrau

são mais adequadas para aplicações de curto alcance, como redes locais e interconexões em ambientes empresariais. Essa especialização não diminui, no entanto, a relevância dessa categoria de fibra óptica, que desempenha um papel essencial na facilitação de comunicações rápidas e eficientes em diversos contextos (Quimis, 2018).

A propagação da luz ao longo de uma fibra óptica é diretamente influenciada pela construção do seu núcleo. Quando se opta pelo índice degrau, também conhecido como "Step Index" em inglês, a figura 6 fornece uma representação visual do processo. O índice degrau caracteriza-se pela mudança abrupta no índice de refração no núcleo, resultando em diferentes velocidades de propagação para a luz que atravessa o centro da fibra. A Figura 6, retirada do trabalho de Fernandes, ilustra esse processo, oferecendo uma compreensão visual clara da dinâmica envolvida na propagação da luz nesse contexto específico. A escolha pelo índice degrau é estratégica e tem impacto direto no desempenho da fibra óptica, influenciando fatores como a dispersão modal e a eficiência de transmissão. Compreender como ocorre essa propagação é crucial para otimizar o design de fibras ópticas em diversas aplicações, desde comunicações de curta distância até redes de longo alcance (Fernandes, 2009). Pode-se observar conforme a figura 6 abaixo a propagação da fibra óptica multimodo índice Degrau.

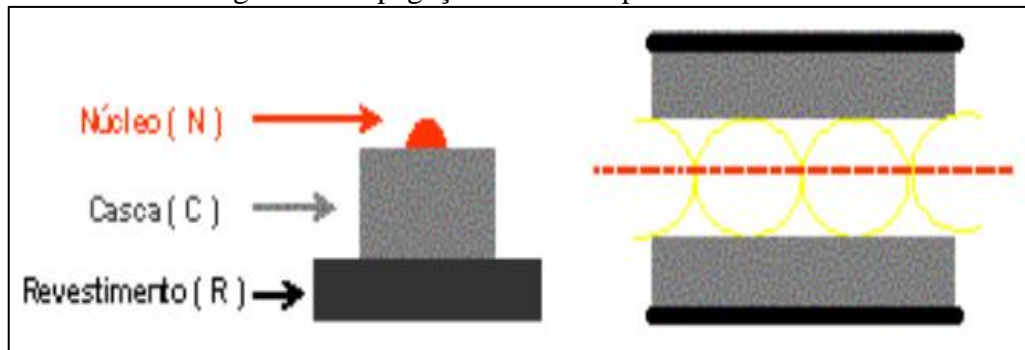
Figura 6 - Propagação em fibra óptica multimodo, índice Degrau



Fonte: Fernandes (2009).

Segundo Fernandes (2009), a Fibra Óptica Multimodo Índice Gradual, denominada Grated Index em inglês, ilustrada na figura 6, representa um avanço em relação à Fibra Óptica Multimodo de Índice Degrau. Este desenvolvimento foi projetado para aprimorar a propagação dos feixes de luz na Fibra Óptica Multimodo. Ao optar por um índice gradual, essa fibra busca otimizar a velocidade e eficiência na transmissão de sinais luminosos, representando um progresso tecnológico no campo das fibras ópticas multimodo. Diante a isto, pode-se compreender o fluxo que acontece de propagação de acordo com a figura 7, abaixo:

Figura 7- Propagação em fibra óptica multimodo



Fonte: Fernandes (2009)

3.7.4 Transmissor Óptico

Os transmissores ópticos têm um papel crucial na transmissão eficiente de sinais por fibra óptica, convertendo sinais elétricos em sinais ópticos. Dessa maneira, os transmissores convencionais modulam a fonte óptica ao variar sua intensidade através da alteração da corrente elétrica no gerador óptico. O desenvolvimento significativo de fontes luminosas, como fotoemissores, e receptores luminosos, como fotodetectores, ambos construídos com materiais semicondutores, é fundamental para o sucesso das fibras ópticas (Riveros; Sônego; Wonzoski, 2017).

A eficácia da transmissão óptica é diretamente influenciada pelas características das fontes de luz. Assim, essas fontes devem emitir luz com potência adequada para transmissões de longa distância, minimizando variações nas condições do meio e facilitando o acoplamento da luz na fibra por meio de lentes convergentes ou outros métodos. Os LED's destacam-se como fontes comuns em sistemas de comunicação por fibra óptica, emitindo luz próxima ao infravermelho e operando de maneira semelhante a diodos convencionais, com uma corrente leve fluindo através da junção. Existem dois tipos principais de fontes luminosas: os diodos emissores de luz (LED) e os diodos lasers. A distinção crucial é que nos LED's, as recombinações são espontâneas, enquanto nos diodos lasers, são estimuladas, muitas vezes através da utilização de espelhos paralelos para gerar interferência construtiva e alcançar a potência desejada (Raubustt; Moreira, 2019).

3.8 Modelo Osi

O Modelo de Referência OSI (Open Systems Interconnection) é um padrão desenvolvido pela Organização Internacional para Padronização (ISO) que serve como uma estrutura conceitual para a comunicação em redes de computadores. Introduzido em 1984, o modelo OSI é composto por sete camadas distintas, cada uma representando uma função específica no processo de comunicação entre sistemas de rede. As camadas, de cima para baixo, são: Aplicação, Apresentação, Sessão, Transporte, Rede, Enlace de Dados e Física (Tanenbaum & Wetherall, 2011).

Cada camada do modelo OSI é responsável por um aspecto específico da comunicação, desde a interface do usuário até a transmissão física dos dados. A camada Física lida com a transmissão de bits através de meios físicos, como cabos e sinais elétricos. A camada de Enlace de Dados assegura a transferência livre de erros entre dois nós adjacentes. A camada de Rede gerencia o endereçamento e roteamento dos pacotes de dados. A camada de Transporte garante a entrega confiável de dados entre sistemas finais. A camada de Sessão estabelece, mantém e encerra conexões entre aplicativos. A camada de Apresentação traduz dados entre o formato usado pela rede e o formato usado pelo aplicativo. Finalmente, a camada de Aplicação oferece serviços de rede diretamente aos aplicativos do usuário (Stallings, 2016).

O modelo OSI é amplamente utilizado como uma ferramenta de ensino e para ajudar no diagnóstico e resolução de problemas em redes de computadores. Embora muitos protocolos de rede atuais, como o TCP/IP, não sigam estritamente a estrutura do modelo OSI, ele continua a ser uma referência valiosa para entender e desenhar sistemas de comunicação em rede (Kurose & Ross, 2017).

3.8.1 Camada Física

A camada física do Modelo de Referência OSI é a primeira e mais fundamental camada no processo de comunicação de redes de computadores. Sua principal função é definir as especificações elétricas e mecânicas para a conexão física entre dispositivos de rede, incluindo cabos, conectores, sinais elétricos e ópticos, e interfaces de rede (Tanenbaum & Wetherall, 2011). Essencialmente, a camada física se ocupa da transmissão de bits brutos através de um meio de comunicação, seja ele um cabo de cobre, fibra óptica ou transmissão sem fio.

Na camada física, os dados são transmitidos como sinais elétricos ou ópticos, que representam os bits binários (0s e 1s) que constituem as informações digitais. A conversão de

dados digitais para sinais físicos é um aspecto crucial desta camada. Por exemplo, em redes Ethernet, os dados digitais são convertidos em pulsos elétricos que são transmitidos através de cabos de par trançado ou coaxiais (Forouzan, 2013).

Além da conversão de dados, a camada física especifica os parâmetros de transmissão, como a taxa de bits, a modulação e a codificação dos sinais. A taxa de bits refere-se à velocidade com que os bits são transmitidos, medida em bits por segundo (bps). A modulação e a codificação determinam como os bits são representados e transmitidos fisicamente. Por exemplo, técnicas de modulação como ASK (Amplitude Shift Keying), FSK (Frequency Shift Keying) e PSK (Phase Shift Keying) são usadas para alterar as propriedades dos sinais para transmitir dados (Stallings, 2016).

A integridade dos sinais na camada física é um fator crítico, pois interferências, atenuações e ruídos podem corromper os dados transmitidos. Para mitigar esses problemas, a camada física utiliza técnicas de controle de erro, como a paridade e a detecção de erro, embora a correção de erro geralmente ocorra em camadas superiores. A escolha do meio físico de transmissão também impacta diretamente a qualidade e a confiabilidade da comunicação. Cabos de fibra óptica, por exemplo, oferecem maior largura de banda e menor susceptibilidade a interferências eletromagnéticas em comparação com cabos de cobre (Kurose & Ross, 2017).

Outro aspecto importante da camada física é a topologia da rede, que define a disposição física dos cabos e dispositivos. As topologias comuns incluem a estrela, o anel e o barramento, cada uma com suas vantagens e desvantagens em termos de custo, desempenho e facilidade de manutenção. A camada física também trata da configuração e do funcionamento de dispositivos de rede, como repetidores, hubs e transceptores, que amplificam e regeneram sinais para superar as limitações de distância dos meios de transmissão (Tanenbaum & Wetherall, 2011).

3.8.2 Camada de Enlace de Dados

A camada de enlace, também conhecida como a segunda camada do Modelo de Referência OSI, é responsável pela transferência de dados entre dispositivos adjacentes em uma rede local. Sua principal função é garantir que os dados enviados pela camada física sejam entregues sem erros à camada de rede, assegurando uma comunicação confiável e eficiente (Tanenbaum & Wetherall, 2011).

A camada de enlace é dividida em duas subcamadas: a subcamada de Controle de Acesso ao Meio (MAC) e a subcamada de Controle de Enlace Lógico (LLC). A subcamada MAC é responsável pelo controle de acesso ao meio físico de transmissão, determinando como

os dispositivos da rede compartilham o meio de transmissão. Em redes Ethernet, por exemplo, a subcamada MAC utiliza o protocolo CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) para gerenciar o acesso ao cabo de rede e minimizar colisões de dados (Forouzan, 2013).

A subcamada LLC, por outro lado, fornece um ponto de interface entre a camada de rede e a subcamada MAC, facilitando a comunicação entre diferentes tipos de redes. Ela oferece serviços como a multiplexação de protocolos, que permite que vários protocolos de rede diferentes utilizem a mesma conexão física, e a correção de erros, garantindo que os dados sejam entregues de forma precisa e sem duplicações (Stallings, 2016).

Uma das funções críticas da camada de enlace é a detecção e correção de erros. Durante a transmissão de dados, vários tipos de erros podem ocorrer devido a interferências, ruídos ou falhas no meio de transmissão. Para mitigar esses problemas, a camada de enlace utiliza métodos de verificação de erros, como CRC (Cyclic Redundancy Check), que adiciona uma sequência de verificação aos dados transmitidos. O receptor utiliza essa sequência para detectar e corrigir quaisquer erros que possam ter ocorrido durante a transmissão (Kurose & Ross, 2017).

Além disso, a camada de enlace é responsável pelo enquadramento (framing), que envolve a segmentação dos dados em unidades menores chamadas quadros (frames). Cada quadro contém um cabeçalho e um trailer que fornecem informações de controle e de verificação de erros, além dos dados reais a serem transmitidos. O processo de enquadramento facilita a detecção de erros e o controle do fluxo de dados, assegurando que os dados sejam transmitidos de maneira ordenada e eficiente (Tanenbaum & Wetherall, 2011).

A camada de enlace também desempenha um papel vital na gestão do fluxo de dados entre dispositivos, utilizando protocolos de controle de fluxo para evitar que um dispositivo envie mais dados do que o receptor pode processar. Técnicas como o controle de fluxo baseado em janela (window-based flow control) são implementadas para garantir que os dados sejam transmitidos a uma taxa que ambos os dispositivos possam gerenciar, prevenindo a perda de dados e a congestão da rede (Stallings, 2016).

3.8.3 Camada de redes

A camada de rede, a terceira camada do Modelo de Referência OSI, é fundamental para a comunicação eficiente e confiável em redes de computadores, sendo responsável pelo roteamento, endereçamento e encaminhamento de pacotes de dados entre diferentes redes. Ela estabelece a maneira pela qual os dados são transmitidos de uma origem a um destino, mesmo

que esses estejam em redes distintas, proporcionando a interconexão de múltiplas redes (Kurose & Ross, 2017).

Uma das principais funções da camada de rede é o roteamento, que envolve a determinação do caminho mais eficiente para os pacotes de dados através de uma rede. O roteamento utiliza algoritmos e protocolos específicos para decidir quais caminhos os dados devem seguir, levando em consideração fatores como a topologia da rede, o tráfego atual e a disponibilidade dos links de comunicação. Protocolos de roteamento populares incluem o OSPF (Open Shortest Path First) e o BGP (Border Gateway Protocol), que são utilizados para determinar as rotas ótimas em redes de grande escala, como a internet (Tanenbaum & Wetherall, 2011).

Além do roteamento, a camada de rede é responsável pelo endereçamento, que envolve a atribuição de endereços IP (Internet Protocol) únicos a cada dispositivo na rede. Esses endereços IP permitem que os pacotes de dados sejam encaminhados corretamente ao destino apropriado. Existem dois principais tipos de endereços IP: IPv4, que utiliza endereços de 32 bits, e IPv6, que utiliza endereços de 128 bits, proporcionando um espaço de endereçamento muito maior para acomodar o crescimento contínuo da internet (Stallings, 2016).

A camada de rede também desempenha um papel crucial no encaminhamento de pacotes, garantindo que os dados sejam transmitidos de forma eficiente entre as diferentes redes. O encaminhamento envolve a análise dos endereços de destino nos pacotes de dados e a decisão de qual interface de saída deve ser utilizada para encaminhar os pacotes ao próximo salto no caminho para o destino final. Dispositivos de rede como roteadores operam principalmente na camada de rede, utilizando tabelas de roteamento e protocolos de roteamento para realizar essas funções (Forouzan, 2013).

Outro aspecto importante da camada de rede é a fragmentação e reassemblagem de pacotes. Quando um pacote de dados é grande demais para ser transmitido através de um link de rede específico, ele pode ser dividido em fragmentos menores. Cada fragmento é então transmitido separadamente e reassemblado no destino final. Esse processo garante que os dados possam ser transmitidos através de redes com diferentes capacidades de transmissão (Kurose & Ross, 2017).

Além disso, a camada de rede inclui mecanismos de controle de congestionamento para gerenciar o fluxo de pacotes de dados e evitar a sobrecarga da rede. O congestionamento pode ocorrer quando a capacidade de transmissão de uma rede é excedida pela quantidade de dados a serem transmitidos, resultando em atrasos e perda de pacotes. Protocolos como o ICMP (Internet Control Message Protocol) são utilizados para detectar e relatar problemas de

congestionamento, permitindo que os dispositivos de rede ajustem suas operações para mitigar os efeitos do congestionamento (Tanenbaum & Wetherall, 2011).

3.8.4 Camada de Transporte

A camada de transporte, a quarta camada do Modelo de Referência OSI, é essencial para garantir a comunicação eficiente e confiável entre sistemas finais em uma rede de computadores. Ela atua como uma ponte entre as camadas superiores, que lidam com a lógica de aplicação, e as camadas inferiores, responsáveis pela transmissão física dos dados. As principais funções da camada de transporte incluem a segmentação e remontagem de dados, o controle de fluxo, a detecção e correção de erros e a garantia de entrega ordenada dos pacotes de dados (Tanenbaum & Wetherall, 2011).

A segmentação é o processo de dividir grandes blocos de dados em segmentos menores que podem ser transmitidos pela rede. Cada segmento é encapsulado com um cabeçalho que contém informações essenciais, como números de sequência, que permitem a remontagem correta dos dados no destino. A remontagem é o processo inverso, onde os segmentos recebidos são reunidos na ordem correta para formar a mensagem original. Isso garante que grandes volumes de dados possam ser transmitidos de maneira eficiente e reconstruídos corretamente no destino final (Kurose & Ross, 2017).

O controle de fluxo é outra função crucial da camada de transporte. Ele assegura que o emissor não sobrecarregue o receptor enviando dados a uma velocidade superior à que o receptor pode processar. Protocolos de controle de fluxo, como o Sliding Window, permitem que o receptor informe ao emissor a quantidade de dados que pode receber de cada vez, ajustando dinamicamente a taxa de transmissão para evitar perda de dados e congestionamento (Stallings, 2016).

A detecção e correção de erros são igualmente importantes na camada de transporte. Durante a transmissão, os dados podem ser corrompidos devido a interferências e outros fatores. Para garantir a integridade dos dados, a camada de transporte utiliza técnicas como checksums e acknowledgments (ACKs). O checksum é um valor calculado com base nos dados enviados, permitindo que o receptor verifique a integridade dos dados recebidos. Se os dados estiverem corrompidos, o receptor pode solicitar a retransmissão. Os ACKs são utilizados para confirmar o recebimento bem-sucedido dos segmentos, e a ausência de um ACK pode indicar que o segmento precisa ser retransmitido (Forouzan, 2013).

A camada de transporte também garante a entrega ordenada dos pacotes de dados, mesmo que eles sejam recebidos fora de ordem. Protocolos como o TCP (Transmission Control Protocol) utilizam números de sequência em cada segmento para garantir que os dados possam ser reordenados corretamente no destino. Isso é particularmente importante em redes onde os pacotes podem seguir caminhos diferentes e chegar fora de ordem (Kurose & Ross, 2017).

Dois dos principais protocolos utilizados na camada de transporte são o TCP e o UDP (User Datagram Protocol). O TCP é um protocolo orientado à conexão que oferece entrega confiável, ordenada e livre de duplicações de dados. Ele é amplamente utilizado para aplicações que requerem alta confiabilidade, como navegação na web, e-mails e transferência de arquivos. O UDP, por outro lado, é um protocolo sem conexão que não garante a entrega ordenada ou livre de erros, mas oferece menor sobrecarga e maior velocidade. Ele é adequado para aplicações que podem tolerar alguma perda de dados, como transmissão de vídeo em tempo real e jogos online (Stallings, 2016).

3.8.5 Camada de Sessão

A camada de sessão, a quinta camada do Modelo de Referência OSI, desempenha um papel crucial na organização e gerenciamento das interações entre aplicações de rede. Sua principal função é estabelecer, manter e encerrar sessões de comunicação entre dispositivos, garantindo que a troca de dados ocorra de maneira ordenada e sincronizada (Stallings, 2016).

Uma sessão representa uma conexão lógica e contínua entre duas aplicações, facilitando a comunicação eficiente e coordenada. A camada de sessão gerencia essa conexão ao proporcionar serviços como o controle de diálogo, a sincronização e a recuperação de falhas. Esses serviços são essenciais para garantir que as aplicações possam se comunicar de maneira eficiente, mesmo em cenários onde ocorrem interrupções temporárias ou erros na transmissão de dados (Tanenbaum & Wetherall, 2011).

O controle de diálogo é uma função fundamental da camada de sessão, que determina qual aplicação tem permissão para enviar dados em um dado momento. Isso é particularmente importante em comunicações bidirecionais, onde é necessário regular o fluxo de dados para evitar colisões e garantir uma comunicação ordenada. O controle de diálogo pode ser implementado de maneira simétrica, onde ambos os lados têm direitos iguais, ou assimétrica, onde um lado atua predominantemente como transmissor e o outro como receptor (Forouzan, 2013).

A sincronização é outra função vital da camada de sessão, que envolve a inserção de pontos de sincronização dentro do fluxo de dados. Esses pontos permitem que as comunicações possam ser retomadas de um ponto conhecido após uma interrupção, sem a necessidade de retransmitir todos os dados desde o início. Isso é particularmente útil em transferências de grandes volumes de dados ou em comunicações de longa duração, como sessões de vídeo ou transferências de arquivos grandes (Kurose & Ross, 2017).

A recuperação de falhas é um aspecto crucial do serviço de sessão, permitindo que a comunicação continue de forma eficiente após a ocorrência de erros. Se uma sessão for interrompida devido a uma falha na rede, a camada de sessão pode restabelecer a conexão e retomar a transmissão a partir do último ponto de sincronização. Isso minimiza a perda de dados e garante a continuidade da comunicação entre as aplicações (Stallings, 2016).

Além dessas funções, a camada de sessão também pode fornecer serviços de autenticação e autorização, garantindo que apenas usuários e dispositivos autorizados possam estabelecer sessões de comunicação. Esses serviços são essenciais para a segurança das comunicações em rede, protegendo contra acessos não autorizados e garantindo a integridade dos dados transmitidos (Tanenbaum & Wetherall, 2011).

Em termos de implementação, muitos dos serviços da camada de sessão são incorporados em protocolos de camadas superiores e em sistemas operacionais. Protocolos como o NetBIOS e o RPC (Remote Procedure Call) utilizam funções de sessão para facilitar a comunicação entre aplicações distribuídas. Embora a camada de sessão não seja tão explicitamente reconhecida em alguns conjuntos de protocolos modernos, como o TCP/IP, suas funções essenciais continuam a ser implementadas de várias formas para garantir a eficácia e a eficiência das comunicações em rede (Forouzan, 2013).

3.8.6 Camada de apresentação

A camada de apresentação, a sexta camada do Modelo de Referência OSI, desempenha um papel crucial na comunicação de dados ao lidar com a representação e a tradução de informações entre diferentes formatos de dados. Seu objetivo principal é garantir que dados transmitidos de um sistema possam ser interpretados corretamente pelo sistema receptor, independentemente das diferenças em codificação, formatação ou sintaxe (Stallings, 2016).

Esta camada realiza diversas funções importantes, incluindo a compressão de dados, a criptografia e a tradução de formatos. A compressão de dados reduz o tamanho dos dados para otimizar a eficiência da transmissão e minimizar o uso da largura de banda da rede. Isso é

especialmente útil em ambientes onde a largura de banda é limitada ou os custos de transmissão são elevados. Protocolos como o JPEG para imagens e o MP3 para áudio utilizam técnicas de compressão de dados para reduzir o tamanho dos arquivos sem comprometer significativamente a qualidade perceptível (Kurose & Ross, 2017).

A criptografia é outra função importante da camada de apresentação, que envolve a codificação dos dados para proteger a sua confidencialidade e integridade durante a transmissão. Protocolos como o SSL/TLS (Secure Sockets Layer/Transport Layer Security) são amplamente utilizados para criptografar dados sensíveis, como informações de login, transações financeiras e comunicações pessoais, garantindo que apenas o remetente e o destinatário autorizados possam acessar e entender os dados transmitidos (Tanenbaum & Wetherall, 2011).

Além da compressão e da criptografia, a camada de apresentação também realiza a tradução de formatos entre sistemas incompatíveis. Por exemplo, diferentes sistemas operacionais e aplicações podem utilizar representações diferentes para caracteres e números. A camada de apresentação pode converter essas representações em um formato comum durante a transmissão de dados, garantindo a interoperabilidade entre sistemas heterogêneos (Stallings, 2016).

A padronização de protocolos na camada de apresentação é essencial para garantir que as informações sejam interpretadas corretamente pelo sistema receptor. Por exemplo, protocolos como o ASCII (American Standard Code for Information Interchange) e o Unicode definem conjuntos de caracteres padronizados que permitem a representação consistente de texto em diferentes sistemas e idiomas ao redor do mundo. Isso facilita a comunicação global e a troca de informações entre usuários e sistemas computacionais (Forouzan, 2013).

Embora a camada de apresentação não seja tão visível quanto outras camadas do modelo OSI, como a de transporte e a de rede, suas funções são essenciais para garantir a integridade, segurança e eficiência das comunicações em rede. Ao lidar com a compressão de dados, criptografia, tradução de formatos e padronização de protocolos, a camada de apresentação desempenha um papel crucial na facilitação da comunicação sem falhas entre sistemas de computadores e na garantia da compreensão correta dos dados transmitidos.

3.8.7 Camada de Aplicação

A camada de aplicação, a sétima e última camada do Modelo de Referência OSI, é onde as aplicações e serviços de rede interagem diretamente com os usuários finais. Esta camada

proporciona uma interface para que os aplicativos possam acessar os serviços de rede, como transferência de arquivos, correio eletrônico, navegação na web e muitos outros serviços distribuídos pela rede (Stallings, 2016).

Ao contrário das camadas inferiores do modelo OSI, que tratam principalmente da transmissão e da manipulação de dados, a camada de aplicação é focada na lógica específica de cada aplicativo e na apresentação dos dados ao usuário. Ela fornece protocolos e serviços que permitem a interação e a colaboração entre diferentes sistemas e usuários finais, facilitando uma ampla gama de funcionalidades de rede (Kurose & Ross, 2017).

Os protocolos de aplicação são projetados para atender às necessidades específicas de diferentes tipos de aplicativos. Por exemplo, o HTTP (Hypertext Transfer Protocol) é amplamente utilizado para acessar páginas da web e outros recursos na Internet, enquanto o SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) é utilizado para enviar e-mails. Outros protocolos comuns incluem FTP (File Transfer Protocol) para transferência de arquivos, DNS (Domain Name System) para resolução de nomes de domínio, e SNMP (Simple Network Management Protocol) para gerenciamento de redes (Tanenbaum & Wetherall, 2011).

A camada de aplicação também facilita a interoperabilidade entre diferentes sistemas operacionais e plataformas de hardware. Ela fornece uma abstração de alto nível que permite que aplicativos desenvolvidos em diferentes ambientes se comuniquem sem a necessidade de conhecimento detalhado sobre os detalhes de implementação da rede subjacente. Isso é fundamental para garantir a conectividade e a compatibilidade entre sistemas heterogêneos em um ambiente de rede global (Forouzan, 2013).

Além de oferecer suporte direto aos aplicativos de usuário final, a camada de aplicação também pode incluir serviços adicionais, como autenticação, autorização e gerenciamento de sessões. Esses serviços são essenciais para garantir a segurança e o controle de acesso aos recursos de rede, protegendo contra acesso não autorizado e garantindo a integridade das comunicações (Stallings, 2016).

Um aspecto importante da camada de aplicação é a sua flexibilidade e adaptabilidade a novas tecnologias e requisitos de mercado. Com o advento de novos tipos de aplicativos e serviços, como redes sociais, streaming de vídeo e Internet das Coisas (IoT), os protocolos de aplicação continuam a evoluir para suportar essas novas demandas e proporcionar uma experiência de usuário rica e diversificada (Kurose & Ross, 2017).

3.8.9 Protocolo TCP/IP

O Protocolo TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) é o conjunto de protocolos de comunicação padrão utilizado para a transmissão de dados na Internet e em muitas redes privadas. Ele é fundamental para a interconexão de dispositivos e sistemas em redes heterogêneas ao redor do mundo, proporcionando uma base robusta e confiável para a comunicação de dados.

O TCP/IP foi desenvolvido nos anos 1970 pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos, inicialmente para interligar sistemas em redes militares. Com o tempo, tornou-se o protocolo dominante na internet devido à sua eficiência, flexibilidade e capacidade de se adaptar a diferentes tipos de redes e tecnologias.

O conjunto de protocolos TCP/IP é organizado em camadas, similar ao Modelo OSI, embora com algumas diferenças na nomenclatura e na funcionalidade das camadas. As principais camadas do TCP/IP são:

- I. Camada de Aplicação: Esta camada é onde os aplicativos interagem diretamente com os usuários e utilizam protocolos como HTTP, FTP, SMTP, DNS, entre outros, para acesso a serviços de rede.
- II. Camada de Transporte: Aqui, o TCP (Transmission Control Protocol) e o UDP (User Datagram Protocol) são os principais protocolos utilizados. O TCP fornece comunicação orientada à conexão, confiável e controlada por fluxo, enquanto o UDP oferece um serviço não orientado à conexão e mais simples, adequado para transmissões onde a latência é crítica, como em streaming de mídia.
- III. Camada de Internet: Esta camada corresponde ao IP (Internet Protocol), que é responsável pelo endereçamento dos dispositivos na rede e pelo roteamento dos pacotes de dados entre diferentes redes. O IPv4 e o IPv6 são as versões mais comuns do protocolo IP, oferecendo diferentes tamanhos de endereços e melhorias na segurança e eficiência de roteamento.
- IV. Camada de Acesso à Rede: Também conhecida como camada de rede de interface de rede, esta camada lida com os detalhes físicos da conexão com a rede local, como Ethernet, Wi-Fi, PPP (Point-to-Point Protocol), entre outros.

O TCP/IP é altamente modular e permite que diferentes partes do protocolo sejam atualizadas ou substituídas conforme necessário, o que contribui para a sua longevidade e adaptação contínua às novas tecnologias. Ele também suporta a comunicação entre uma vasta gama de dispositivos, desde computadores pessoais e servidores até dispositivos móveis e dispositivos IoT (Internet das Coisas).

Além disso, o TCP/IP é fundamental para o funcionamento da internet moderna, garantindo que dados possam ser transmitidos de forma confiável e eficiente através de uma infraestrutura global complexa. Ele define não apenas como os dados são encapsulados, transmitidos e recebidos, mas também como os dispositivos na rede se comunicam entre si, estabelecendo padrões cruciais para a interoperabilidade e a segurança na era digital (Tanenbaum & Wetherall, 2011).

3.9 Norma NBR 14565: 2001

A norma NBR 14656:2001, intitulada "Procedimento básico para elaboração de projetos de cabeamento de telecomunicações para rede interna estruturada", descreve diretrizes fundamentais para a elaboração de projetos de cabeamento de telecomunicações, um elemento crucial para a construção e manutenção de redes de comunicação eficientes e confiáveis em ambientes corporativos e residenciais.

De acordo com Oliveira (2017), a norma NBR 14656 estabelece requisitos técnicos mínimos para o projeto de cabeamento de telecomunicações, abrangendo desde a infraestrutura física até aspectos relacionados à capacidade e desempenho da rede. Esses requisitos visam garantir a interoperabilidade, flexibilidade e escalabilidade dos sistemas de cabeamento, acompanhando as demandas crescentes por conectividade.

A importância da norma é ressaltada por Souza (2019), que destaca sua relevância na garantia da qualidade e desempenho das redes de telecomunicações, além de promover a padronização e a compatibilidade entre equipamentos e sistemas de diferentes fabricantes. Isso é crucial para evitar problemas de interoperabilidade e facilitar a integração de novas tecnologias.

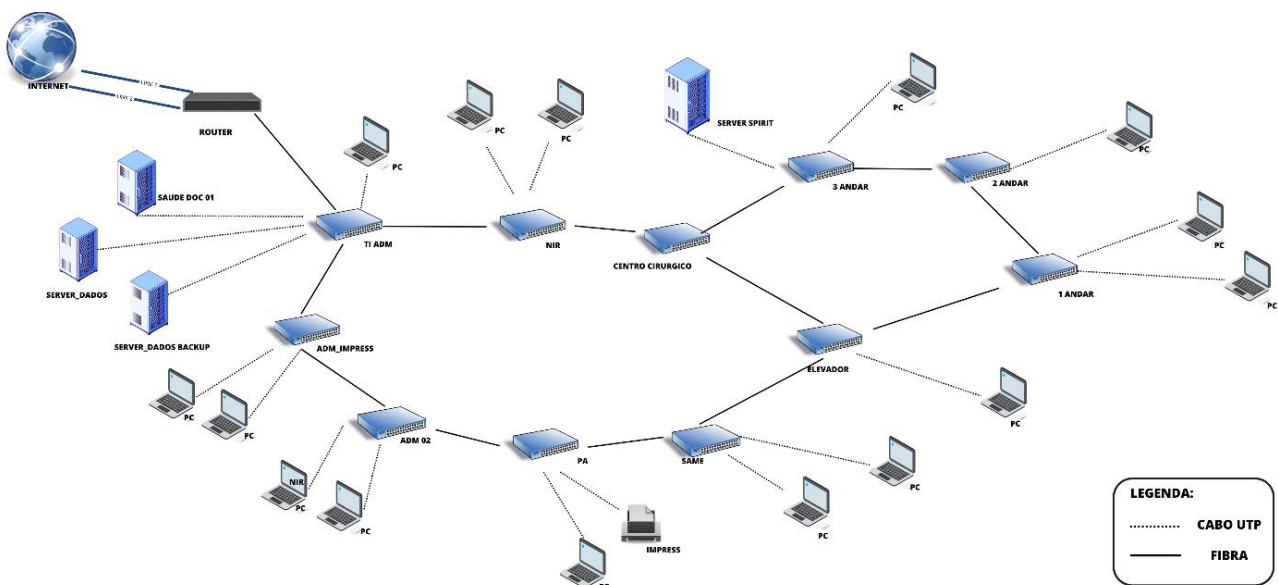
No contexto da infraestrutura física, a norma NBR 14656 estabelece critérios para a instalação de dutos, cabos e dispositivos de interconexão, conforme discutido por Santos (2018). Esses critérios visam garantir a integridade e a confiabilidade dos sistemas de cabeamento, minimizando interferências e falhas de transmissão que possam comprometer a qualidade do serviço.

A norma aborda aspectos relacionados à documentação do projeto, como plantas, diagramas e especificações técnicas, como salientado por Lima (2020). Essa documentação é essencial para orientar a instalação, manutenção e expansão da rede de telecomunicações ao longo do tempo, garantindo sua conformidade com os requisitos estabelecidos.

4. RESULTADOS

A proposta inicial de melhoria na infraestrutura, é a troca da topologia interna que se assemelha a uma topologia em árvore para uma topologia em formato de anel, que permite que cada dispositivo na rede esteja conectado a dois outros dispositivos, formando um circuito fechado. Isso cria um caminho redundante para os dados, permitindo que haja assim uma prevenção de falhas, em ambientes críticos como hospitais, a interrupção dos serviços de rede pode ter consequências graves, incluindo o comprometimento do atendimento aos pacientes.

Figura 8 - Diagrama de rede com Redundância



Fonte: Autora (2023)

Outro ponto para implementação seria uma dupla saída de links, o que significa que o hospital terá dois pontos de conexão independentes com a internet ou outras redes externas. Em caso de falha de um link, o outro pode assumir a carga, garantindo que a conectividade externa do hospital permaneça intacta, em emergências, como desastres naturais ou falhas em massa, a dupla saída de links garante que os sistemas críticos do hospital, como registros médicos eletrônicos, sistemas de comunicação e acesso a dados externos, permaneçam operacionais.

Esta abordagem não só garante a continuidade e a qualidade dos serviços de saúde, mas também prepara a infraestrutura para futuras expansões e tecnologias emergentes, assegurando um atendimento de alta qualidade aos pacientes.

4.1 Local da pesquisa

O Hospital e Pronto Socorro Dr. João Lúcio Pereira Machado teve a sua primeira infraestrutura de redes implementada no momento de sua criação, uma estrutura que foi definida pelos modelos de planejamento estabelecidos pela Secretaria Estadual da Saúde. No entanto, conforme a demanda de atendimentos foi crescendo, a atual infraestrutura de cabamentos se mostrou insuficiente, o que evidenciou a necessidade de ampliações e adaptações para que fosse possível comportar todos os pacientes do respectivo hospital.

Figura 9 - Hospital e Pronto Socorro Dr. Joao Lucio



Fonte: Portal G1 (2016)

Com isso, a unidade teve uma nova infraestrutura de rede implementada, para o aumentando seu quantitativo de máquinas, sendo visível a presença de máquinas espalhadas por todas os setores da unidade. Foi necessário, para coordenar a rede de computadores e a crescentes demandas de reparos e suporte, que uma empresa terceirizada fosse contratada para implementação e gestão de softwares, como o de controle de prontuários ou acesso ao sistema do SUS, o SISREG, e outros sistemas privados de gestão hospitalar. No entanto, este até o atual momento o sistema se encontra-se em fase de implementação.

Depois de inaugurado, a administração de suas necessidades internas, bem como manutenções e ampliações de rede ficam sob responsabilidade da gestão local, em concordância e com a autorização da Secretaria Estadual de Saúde do Amazonas.

4.2 Cenário Atual

O Hospital e Pronto Socorro Dr. João Lúcio Pereira Machado foi inaugurado no ano de 1998, quando teve sua primeira infraestrutura de redes definida, é possível perceber analisando os atuais equipamentos empregados na rede, que o modelo utilizado, apesar de trazer as características de uma rede óptica, é obsoleto, pois depende de uma tecnologia menos avançada para o sistema de redistribuição interno.

Figura 10 - Conversor óptico, entrada do link de acesso



Fonte: Autora (2023)

Com base no que argumenta Fraga (2020), é possível dizer que a rede do hospital tem características de uma rede FTTB (Fiber-to-the-Building), como pode-se observar nas figuras 15 e 16. Tal modelo, conduz a fibra óptica da central até dentro do prédio para o armário de distribuição interna. Para isso, é comum utilizar cabos do tipo CAT5e ou CAT6. Esse tipo de conexão permite uma boa velocidade, mas a fibra suporta velocidades muito superiores, sendo possível operar em taxas acima de 100 Gbps. Velocidade necessária para suportar os projetos e sistemas propostos. A largura de banda da fibra óptica é muito maior devido à baixa atenuação e à ausência de interferência eletromagnética.

Figura 11 - HUB de distribuição do Centro Cirúrgico



Fonte: Estrutura do rack térreo autora (2023)

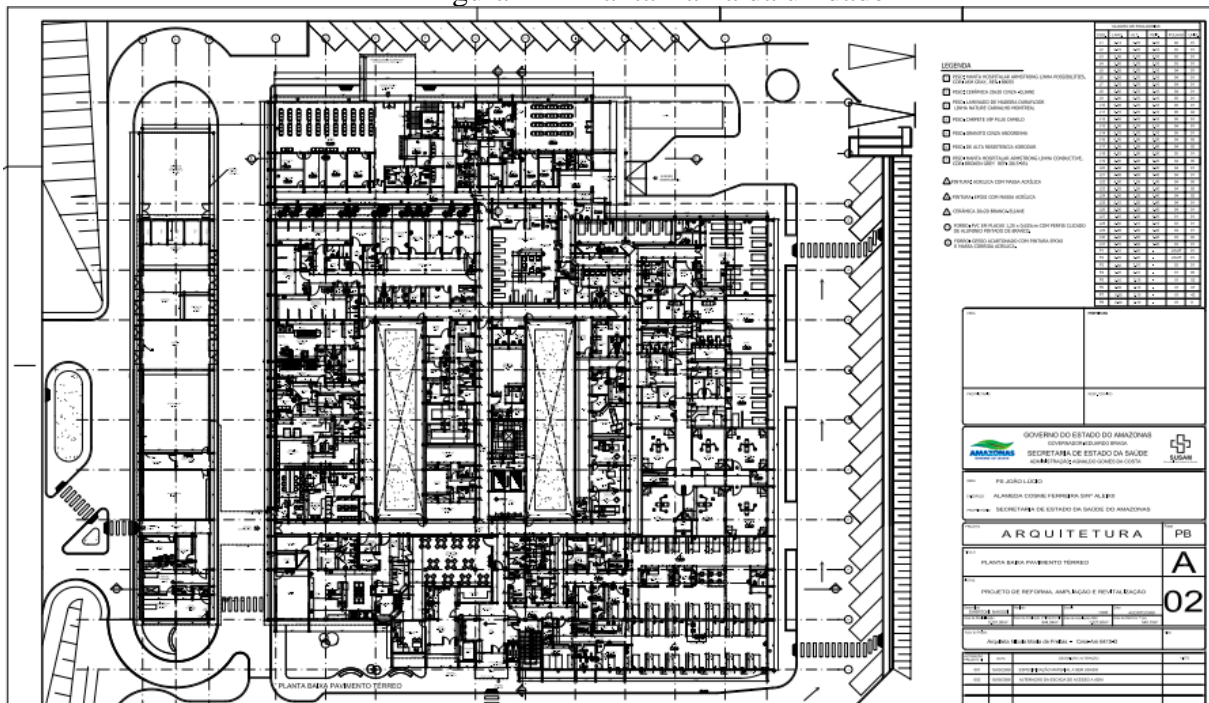
Com a investigação realizada no local, percebeu-se que na topologia interna utiliza um modelo em árvore para distribuição dos switches, esse modelo oferece escalabilidade, mas torna a gestão e o monitoramento da rede mais complexas, sem oferecer redundância de tráfego de dados, em casos de manutenção ou problemas, setores cruciais podem sofrer de interrupção no acesso ao utilizar esta infraestrutura.

A necessidade de uma nova ampliação do setor tecnológico se tornou mais evidente no período da pandemia, quando surgiu a oportunidade de o hospital receber apoio de Médicos de outros estados através de videoconferências, o projeto acabou sendo abandonado pelo Governo Estadual, porém ficou evidente que, se caso necessário, o hospital não teria a infraestrutura necessária para comportar o projeto. Levando assim ao projeto de desenvolvimento deste trabalho que visa esta readequação.

4.3 Planta Baixa

Para que seja possível desenvolver um projeto, faz-se necessário primeiramente ter conhecimento de sua planta baixa, ela atua como um índice gráfico para o projeto, no qual pode-se obter uma visão holística e geral de todo o lugar e com isso criar ideias e estratégias para a implantação do projeto. A figura 17 abaixo, contribui para uma visualização geral do local, pois trata-se da planta baixa do respectivo Hospital e evidencia como é a estrutura e as dimensões do local para uma percepção melhor e mais detalhada do espaço.

Figura 12 - Planta Baixa da unidade



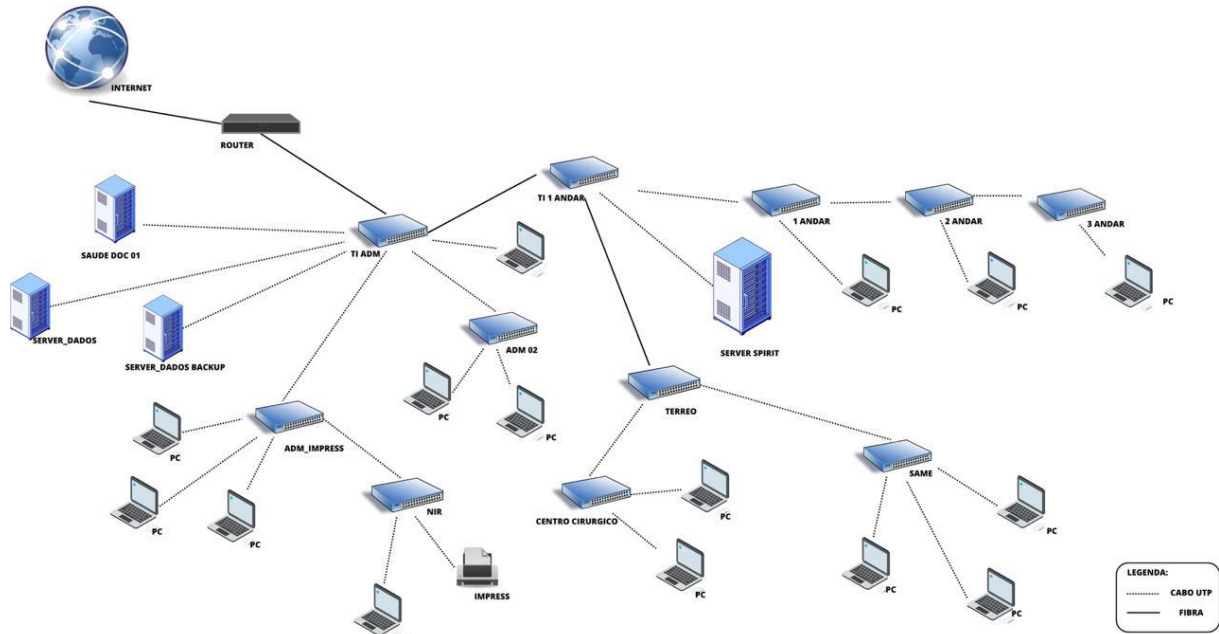
Fonte: setor de gestão de tecnologia do hospital, SES-AM (2023).

4.4 Problemas

A atual topologia utilizada na unidade, embora comum em muitos ambientes, pode apresentar diversos problemas significativos em um hospital público, onde a confiabilidade e a disponibilidade são cruciais. Um dos principais problemas é a presença de um ponto único de falha. Na topologia em árvore, o nó raiz, geralmente um switch central ou roteador, é crítico. Se este dispositivo falhar, pode resultar na perda de conectividade para toda a rede ou para grandes segmentos dela, interrompendo operações críticas no hospital. Além disso, falhas em

dispositivos intermediários ou links podem isolar segmentos inteiros da rede, afetando a disponibilidade de serviços essenciais.

Figura 13 - Diagrama de rede: Topologia atual



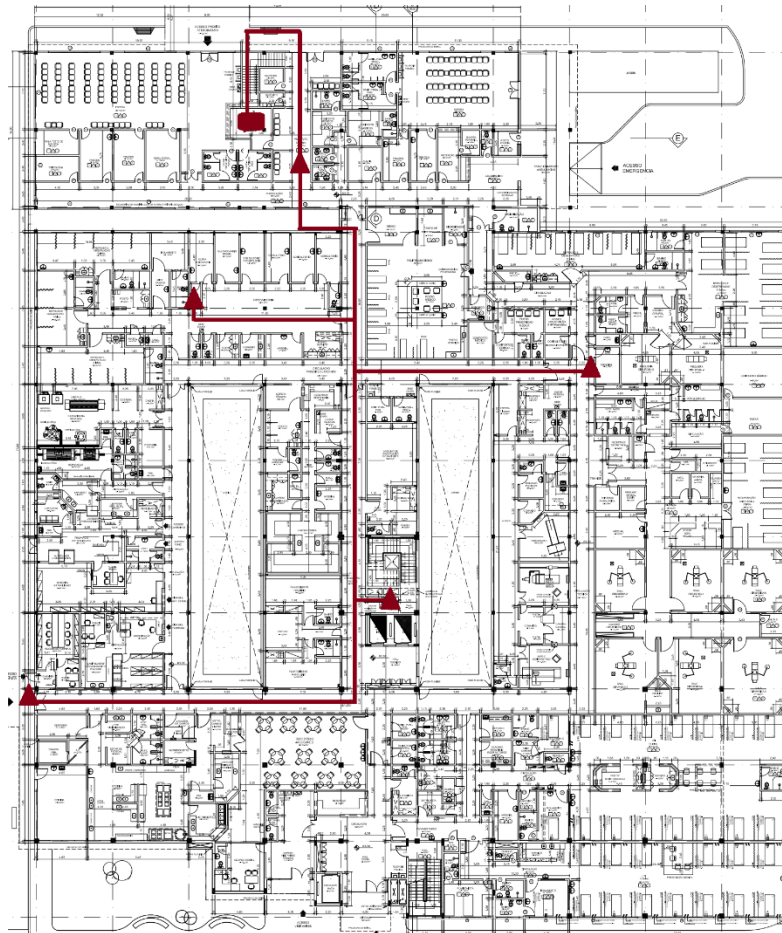
Fonte: Autora (2023).

A falta de redundância é o problema crítico, geralmente não há caminhos redundantes naturais para o tráfego de dados, o que significa que a falha de um link ou dispositivo pode resultar em interrupções de serviço. Em um ambiente hospitalar, onde a conectividade constante é necessária para suportar serviços de saúde, isso é inaceitável. A falta de redundância também implica tempos de recuperação mais longos em caso de falhas, pois não há caminhos alternativos imediatos disponíveis para redirecionar o tráfego.

4.5 Cenário Proposto

O hospital possui atualmente uma rede configurada em topologia de árvore. Nesta configuração, temos uma fibra de entrada com o link principal fornecido pela PRODAM, conectada a um conversor óptico que direciona via cabo UDP para um Route Board de entrada, o equipamento foi disponibilizado pelo órgão responsável pelo link, PRODAM, o Rack central comporta a camada inicial de equipamentos junto com outros servidores locais ele fica no centro de comutação de dados e se conecta a outros switches menores que distribuem em diferentes andares e alas do hospital.

Figura 14 - Distribuição atual dos HUB, sob planta baixa



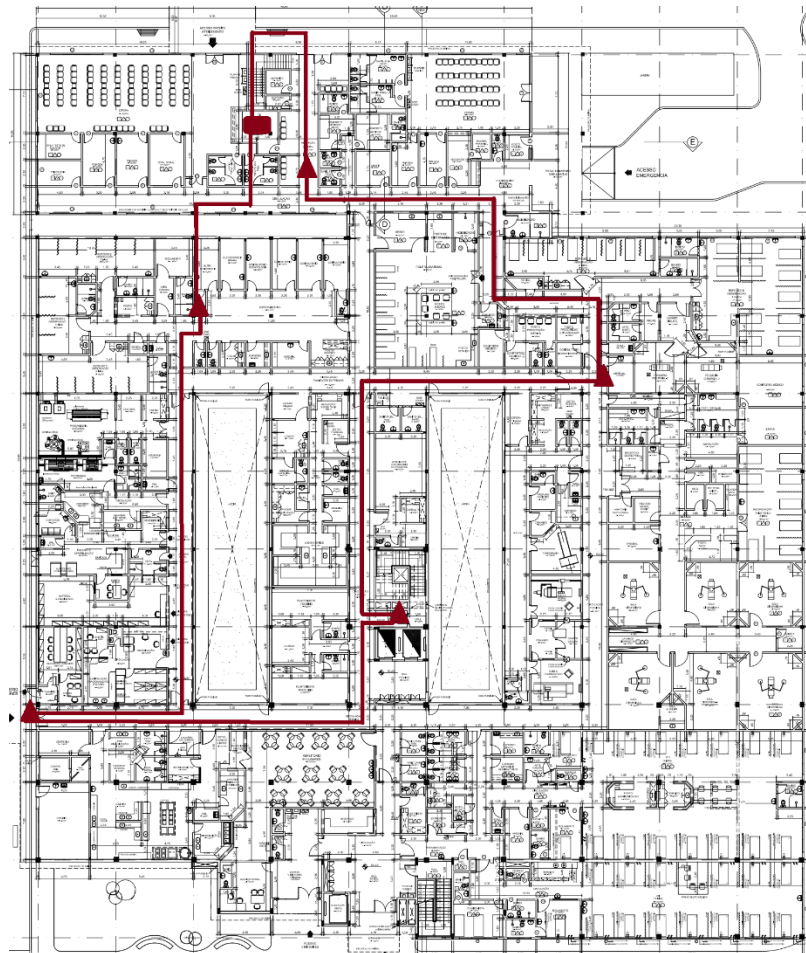
Fonte: Autora (2023).

Esses switches menores, por sua vez, conectam-se a dispositivos finais como computadores, impressoras e dispositivos médicos. Os principais problemas observados nessa topologia incluem a presença de pontos de falha, onde a falha de um switch pode levar à perda

de conectividade parcial do hospital. Além disso, a sobrecarga no switch central durante os períodos de pico causa latência elevada e baixa performance de rede. Diagnosticar e corrigir falhas na rede também é demorado, e qualquer manutenção no switch central provoca interrupções significativas.

Para solucionar esses problemas, o projeto planeja trocar a topologia de árvore para uma topologia em anel. A primeira etapa envolve o mapeamento da rede atual para identificar todos os dispositivos conectados e suas posições físicas. Em seguida, é necessário definir a nova configuração de cabeamento e os pontos de interconexão entre switches para formar um anel.

Figura 15 - Alteração na topologia proposta, sob planta baixa



Fonte: Autora (2023).

Optamos por utilizar no projeto modelos da marca Mikrotik, os dispositivos se mostraram uma excelente opção para a infraestrutura do hospital, principalmente devido ao fato de um equipamento da mesma marca já ser empregado no local o seu custo-benefício também se mostrou bastante atrativo. Eles possuem funcionalidades avançadas, o que é ideal para o

projeto em questão. A flexibilidade de configuração dos dispositivos Mikrotik, através do sistema operacional RouterOS, permitem uma personalização detalhada e de fácil manuseio, abrangendo desde roteamento até segurança de rede.

Para compor a topologia escolhida utilizamos como modelo de entrada o roteador Mikrotik *CCR2004-16G-2S+PC*, devido a sua opção com duas portas para módulos SFP+, o que nos possibilita receber o link direto pela fibra, e repassa-lo internamente também através da fibra para os outros switches que compõem o anel, neste caso usamos o switch mikrotik *Smart CRS112-8P-4S-IN*, que apresentam uma estrutura compatível com até 4 módulos SFP+, permitindo que eles se adaptassem a qualquer ponto da topologia, por questão de compatibilidade foram utilizados no projeto os transceptores *SFP+ 1.25G S-85DLC05D*, compatíveis com taxas superiores a 1 GB/s. Os transceptores são conectados em cada uma das portas SFP dos switches, cada cabo óptico conectará uma porta SFP de um switch à porta SFP do switch seguinte, a opção por cabo conectorizados facilita muito o projeto, pois não tem a necessidade de realizar fusões ópticas, com o projeto pré-definido e possível saber com tempo prévio qual a metragem necessária de cada cabo, evitando assim também o desperdício.

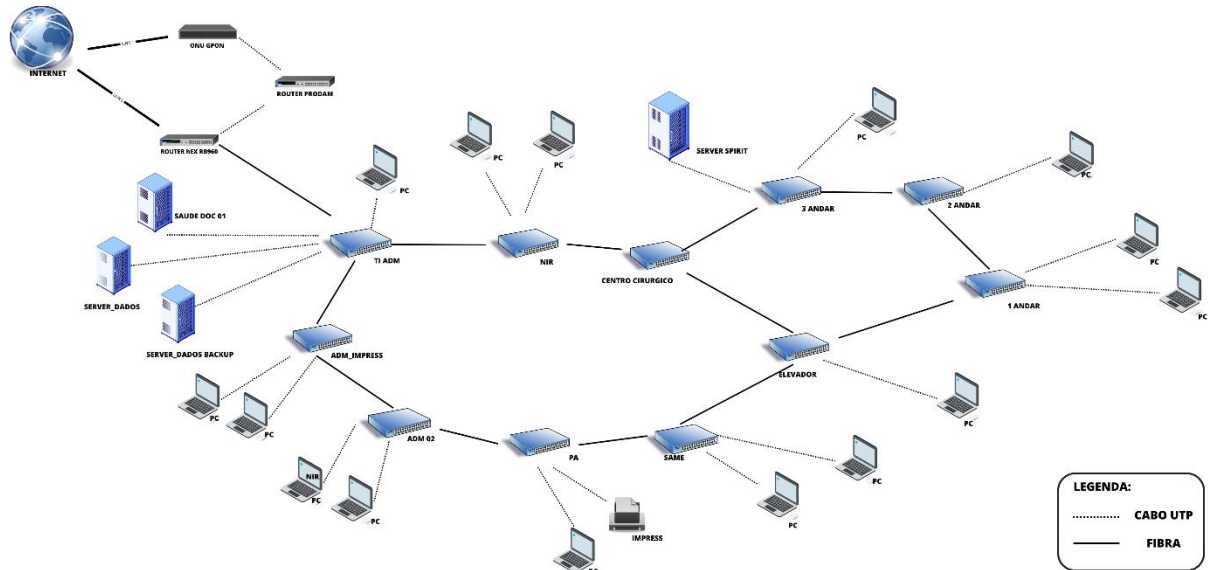
A implementação da nova topologia deve ser realizada de forma gradual para minimizar interrupções. Inicialmente, a instalação e configuração dos switches podem ser feitas em uma parte menos crítica do hospital. Cada segmento do anel deve ser testado para garantir a conectividade e a resiliência antes de migrar completamente todos os dispositivos da topologia de árvore para a topologia em anel. Após a migração interna, a configuração de redundância externa será necessária. Isso envolve a implementação de duas saídas de links independentes para a Internet e outras redes externas, garantindo que, se um link falhar, o outro mantenha a conectividade externa.

4.6 Solução do problema proposto e melhorias

A nova topologia em anel oferece várias vantagens. A redundância e tolerância a falhas são significativamente melhoradas, pois se um segmento do anel falhar, o tráfego de rede pode ser redirecionado pelo outro lado do anel, garantindo a continuidade do serviço. A eliminação do ponto único de falha significa que a falha de um único switch não compromete toda a rede. O desempenho e a gestão de tráfego também melhoram, com uma distribuição de carga mais equilibrada ao longo do anel e a redução da latência, já que os dados podem tomar a rota mais curta.

Para isso, foram desenvolvidos esquemas voltados para implantação da conexão solicitada, conforme pode-se observar no gráfico 4, abaixo:

Figura 16 - Diagrama da rede em anel, dupla abordagem



Fonte: Autora (2023).

Para que a topologia seja realmente eficaz evitando *loop internos* na rede, é necessário configurar os protocolos de redundância apropriados para os switches Mikrotik, adequando-os para uma topologia em anel, é recomendável usar o protocolo Ethernet Ring Protection Switching (ERPS), que é responsável pela redundância, ele é aplicado na interface de gerenciamento do switch. Além disso, são necessárias várias outras configurações de aspectos básicos e iniciais que não serão demonstrados aqui, como VLANs, DNS, DHCPs e outros.

As configurações abaixo mostram a aplicação dos protocolos Ethernet Ring Protection Switching e Link Aggregation Control Protocol nos equipamentos Mikrotik.

Configuração de Bridge:

```
/interface bridge add name=bridge1
```

Adição das interfaces à bridge:

```
/interface bridge port add bridge=bridge1 interface=ether1
/interface bridge port add bridge=bridge1 interface=ether2
/interface bridge port add bridge=bridge1 interface=ether3
/interface bridge port add bridge=bridge1 interface=sfp1
/interface bridge port add bridge=bridge1 interface=sfp2
```

Protocolo ERPS:

```
/interface bridge erps-ring add bridge=bridge1 ports=sfp1,sfp2
```

Criação de interface bonding para LACP:

```
/interface bonding add name=bond1 slaves=ether1,ether2 mode=802.3ad
```

Adição da interface de bonding à bridge:

```
/interface bridge port add bridge=bridge1 interface=bond1
```

A manutenção e o diagnóstico tornam-se mais fáceis com a adoção de equipamentos gerenciáveis, pois é possível até gerenciá-los remotamente através de Softwares como Zabbix e Grafana, que permite rapidamente detectar e isolar segmentos problemáticos. Manutenções e atualizações podem ser realizadas sem causar grandes interrupções, graças aos caminhos redundantes. A resiliência externa é garantida com conexões redundantes que mantêm a conectividade do hospital mesmo em caso de falha de um dos links. Além disso, a topologia em anel facilita a escalabilidade, permitindo adicionar novos dispositivos à rede sem a necessidade de reconfigurar toda a topologia.

Assim, a mudança de uma topologia de árvore para uma topologia em anel traz melhorias significativas em termos de redundância, desempenho, manutenção e escalabilidade. Essa troca é especialmente benéfica para um hospital público, onde a continuidade dos serviços e a rapidez de resposta são essenciais para a qualidade do atendimento ao paciente.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A troca da topologia no hospital trará vários resultados notáveis. Primeiramente, a rede se tornará muito mais resiliente. A configuração em anel permitirá que, em caso de falha de um segmento, o tráfego de dados seja redirecionado pelo outro lado do anel. Isso eliminará o ponto único de falha anteriormente presente na topologia de árvore, onde a falha do switch central levava à perda de conectividade para grandes partes do hospital. Assim, a falha de um único switch ou segmento de cabo não comprometerá a rede inteira, garantindo uma continuidade muito maior dos serviços críticos do hospital.

O desempenho da rede também melhorará significativamente. A topologia em anel proporcionará uma distribuição de carga mais equilibrada, reduzindo a sobrecarga em dispositivos centrais. Com múltiplos caminhos disponíveis, os dados poderão tomar a rota mais curta, diminuindo a latência. Isso será crucial para aplicações em tempo real, como sistemas de monitoramento de pacientes e registros médicos eletrônicos, que requerem respostas rápidas e confiáveis.

Em termos de manutenção, a nova topologia facilitará a identificação e a correção de problemas. Na configuração em árvore, localizar falhas ou gargalos é demorado e complicado devido à hierarquia complexa. Com a topologia em anel, será possível rapidamente detectar e isolar segmentos problemáticos, reduzindo o tempo de diagnóstico e reparo. Além disso, a manutenção e as atualizações poderão ser realizadas sem grandes interrupções, uma vez que os caminhos redundantes permitirão a continuidade do tráfego durante os procedimentos de manutenção.

A resiliência externa da rede será significativamente reforçada com a implementação de duas saídas de links independentes para a Internet e outras redes externas. Isso garantirá que, em caso de falha de um dos links, o outro mantenha a conectividade externa do hospital, assegurando o funcionamento contínuo de sistemas vitais e a comunicação com outras instituições de saúde.

A escalabilidade da rede também será beneficiada pela nova topologia. Na configuração em árvore, a adição de novos dispositivos muitas vezes exige reconfigurações complexas e caras. Com a topologia em anel, adicionar novos dispositivos será um processo mais simples e direto, permitindo ao hospital expandir sua infraestrutura de TI conforme necessário, sem interrupções significativas ou custos elevados.

Assim, a troca para uma topologia em anel resultará em uma rede mais robusta, eficiente e fácil de gerenciar. Essas melhorias serão especialmente importantes em um ambiente

hospitalar, onde a confiabilidade e a rapidez da rede são essenciais para garantir a qualidade do atendimento aos pacientes. A rede estará mais bem preparada para lidar com a demanda crescente e para suportar futuras expansões e inovações tecnológicas.

A fim de viabilizar a implementação da nova topologia em anel, foi realizado um levantamento dos custos dos equipamentos necessários para a reestruturação da rede. A tabela 1 a seguir apresenta os principais itens, como switches gerenciáveis, cabos de fibra óptica e conectores, essenciais para alcançar uma infraestrutura robusta e eficiente.

Tabela 1 - Orçamentos de equipamento

EQUIPAMENTOS	Qtde	Valor Uni.	Valor Total
Roteador CCR2004-16G-2S+PC	1	R\$2535,88	R\$2.535,88
Smart Switch Mikrotik CRS112-8P-4S-IN	11	R\$891,36	R\$9.801,00
Transceptor SFP 1.25G S-85DLC05D	24	R\$119,86	R\$2.876,64
Cabo DAC XS+DA0001	1	R\$158,60	R\$158,60
Cabo Óptico CONECTORIZADO LC duplo UPC PRIMEBOND DROP F8 FIT (50M)	4	R\$94,99	R\$380,00
Cabo Óptico CONECTORIZADO LC duplo UPC PRIMEBOND DROP F8 FIT (100M)	3	R\$129,00	R\$387,00
Cabo Óptico CONECTORIZADO LC duplo UPC PRIMEBOND DROP F8 FIT (250M)	2	R\$218,00	R\$436,00
Total:			R\$ 16.570,00

Fonte: Autora (2023).

6. RESULTADOS ENCONTRADOS

Com a implementação realizada, a nova topologia em anel proporcionou variados caminhos para o tráfego de dados, reduzindo os pontos de falhas únicos. Além disso, a redundância do link, evidenciada no projeto, mostrou-se eficiente para assegurar a continuidade dos serviços, principalmente durante as programações ou perante as falhas que são inesperadas. Assim, passou a ter uma otimização nos serviços médicos, oferecendo gestão de leitos e comunicação interna, resultando em um atendimento mais rápido. O tempo de operação da rede se elevou para quase 100%, sendo essencial para a rotina hospitalar.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adoção da topologia de rede em anel, somada à possibilidade de redundância de link, trouxe avanços relevantes na confiabilidade, disponibilidade e resiliência dos sistemas de TI, elementos essenciais para garantir a continuidade e a qualidade dos serviços hospitalares. Os resultados obtidos ultrapassaram a simples mitigação de falhas de comunicação. A infraestrutura renovada mostrou-se robusta, escalável e segura, atendendo às necessidades atuais e oferecendo suporte para demandas futuras. Essa transformação tecnológica não apenas aprimorou os processos internos, mas também teve impacto direto na qualidade do atendimento à população, fortalecendo a eficiência e a sustentabilidade das operações do hospital.

Além disso, benefícios como a redução de custos operacionais e a preparação para incorporar novas tecnologias destacam a relevância de investir estrategicamente em infraestrutura de TI. Projetos como esse demonstram o papel essencial da tecnologia na gestão hospitalar, contribuindo para a continuidade dos serviços, a segurança de dados sensíveis e a integração de inovações que agreguem valor a pacientes e equipes médicas.

Por fim, os aprendizados adquiridos com essa iniciativa podem servir de modelo para outras instituições de saúde interessadas em modernizar suas operações. Isso reforça que ações planejadas e executadas de maneira eficiente têm o potencial de melhorar significativamente tanto os processos internos quanto os serviços oferecidos à sociedade.

8. CONCLUSÃO

A nova infraestrutura demonstrou ser escalável, possibilitando que o hospital acompanhe demandas tecnológicas futuras. O projeto também viabilizou a redução de custos operacionais e o fortalecimento da segurança da informação, elementos indispensáveis para uma gestão hospitalar eficaz.

Portanto, fica evidente que iniciativas voltadas à inovação tecnológica, quando devidamente planejadas e implementadas, geram impactos positivos tanto na qualidade dos serviços de saúde quanto na eficiência operacional das instituições. Esse exemplo reforça a importância de investimentos estratégicos para modernizar unidades de saúde e oferecer um atendimento mais qualificado à sociedade.

REFERÊNCIAS

ABNT. **ABNT NBR 14724**: Informação e documentação — **Trabalhos acadêmicos** — Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2011. Disponível em: <https://unifor.br/web/bibliotecaunifor/aprenda-a-formatar-seu-trabalho-academico-de-acordo-com-a-norma-da-abnt-14724/2011>. Acesso em 15 de março de 2023.

ALMEIDA, D.R. **Projeto de cabeamento para uma rede de telecomunicação estruturada**. 2019. Disponível em: < <https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/235/4903/1/20267547.pdf>>. Acesso em 27 mar 2023.

ALMEIDA, F.R.; SILVA, G.S.S.; PINHEIRO, F.S.R.; NETO, A.P.F. Estudos e soluções para provimento de uma infraestrutura de rede FTTH em uma área residencial multicondominial. **Revista Concilium**, v. 22, 2020. Forouzan, B. A. (2013). **Data Communications and Networking** (5ª ed.). McGraw-Hill.

ANLIX. **Topologia de rede: o que é, tipos e qual é melhor**. 2022. Disponível em: <https://anlix.io/topologia-de-rede-o-que-e-tipos-e-qual-e-melhor/>. Acesso em: 20 de março de 2023.

CAMPOS, André Luiz Gonçalves. **Fibras Ópticas – Uma realidade reconhecida e aprovada**. RNP, Rede Nacional de Ensino e Pesquisa – Boletim bimestral sobre tecnologia de redes – Volume 6, número 2. Publicado em: abr. 2002. Disponível em: <http://www.rnp.br/newsgen/0203/fibras_opticas.html>. Acesso em 10 out. 2011.

COMMER, **Future Intelligent Systems and Networks**. 2016.

COSTA, A.S.; CASTRO, T.S. **Projeto de cabeamento estruturado na infraestrutura de rede da escola de engenharia**. 2019. Disponível em:< <https://repositorio.bc.ufg.br/handle/ri/17982>>. Acesso em 27 de março de 2023.

DEGUCHI, P.H.M.; SANTOS, F.B. **Reestruturação das camadas 2 e 3 (enlace e rede) da UTFPR**. Campus Curitiba. 2012. Disponível em:<https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/9814/2/CT_COTSI_2012_1_05.pdf> Acesso em 06 set 2023.

ERRIQUEZ, Paschoal; FILHO, Huber Bernal; FREITAS, Carlos Eduardo Almeida. **Redes WDM. Teleco – Inteligencia em Telecomunicações – Seção: Tutorial**. Publicado em: abr. 2004. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialrwdm/default.asp>>. Acesso em 13 out. 2023.

FERNANDES, Luiz Felipe de Camargo. **Conceitos Básicos de Fibra Óptica**. Teleco – Inteligencia em Telecomunicações – Seção: Tutorial. Publicado em: out. 2009. Disponível em:

- <<http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialfoIII/default.asp>>. Acesso em 13 out. 2013.
- FEY, Ademar Felipe, GAUER, Raul Ricardo. **Cabeamento-Estruturado-da-Teoria-a-Pratica-2ª-Ed-2014**. p. 78.
- FRAGA, R. **O que é FTTH, FTTC e FTTB?** 2020. Disponível em:<<https://tecnoblog.net/responde/o-que-e-ftth-fttc-e-fttb/#h-3-o-que-e-fttb-fibra-ate-o-predio>>. Acesso em 06 out 2023.
- GASPAR, L. **Protocolo TCP/IP: o que é e como funciona**. 2021. Disponível em<<https://www.hostinger.com.br/tutoriais/tcp-ip>>. Acesso em 07 abr 2023.
- HELERBROCK, R. **Fibra óptica**. 2020. Disponível em:<<https://brasilescola.uol.com.br/fisica/fibra-optica.htm>> Acesso em 01 abr 2023.
- JOÃO LÚCIO. **Histórico do Hospital João Lucio**. Disponível em: <<https://redehumanizaus.net/hospital-e-pronto-socorro-hps-dr-joao-lucio-inicia-sua-participacao-no-projeto-acolhesuscgpnhsasms-para-tornar-se-referencia-em-acolhimento-para-usuarios/>> Acesso em 23 set de 2023.
- JUNIOR, Almir Wirth Lima. **Telecomunicações Modernas – Curso Básico – 2ª ed. Ampliada**. Rio de Janeiro: Book Express, 2001.
- KUROSE e ROSS, **Redes de Computadores e a Internet – uma abordagem top-down**, 5ª. Edição, 2010.
- KUROSE, J. F., & ROSS, K. W. (**Computer Networking: A Top-Down Approach** (7ª ed.). Pearson. 2017.
- LAZZARINI, L. E. S. et al. Uso de diodos emissores de luz (LED) na fisiologia de plantas cultivadas: revisão. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 16, n. 2, p. 137-144, 2017.
- LIMA, Cássio. Introdução às Fibras Ópticas. Clube do Hardware – Seção: Artigos. Publicado em: fev. 2002. Disponível em: <<http://www.clubedohardware.com.br/artigos/371>>. Acesso em 18 set 2023.
- MARIMOTO, Carlos E., **Entendendo_e_Dominando_o_Linux-3ed**. 2008.
- MARIN, Paulo Sérgio. **Atualização de normas e desenvolvimentos em cabeamento estruturado**. 2014, p. 12.
- MORIMOTO, Carlos E. **Fibra Óptica**. Seção: Livros. Publicado em: abr. 2008. Disponível em: <<http://www.hardware.com.br/livros/redes/fibra-optica.html>>. Acesso em 22 set 2013.
- NASCIMENTO, M.B. **Camada física do Modelo OSI**. 2019. Disponível em:<

<https://www.dltec.com.br/blog/redes/camada-fisica-do-modelo-osi/>>. Acesso em 04 abr 2023.

NBR 14565. Disponível em: <https://a3aengenharia.com.br/blog/normas-de-cabeamentoestruturado/#:~:text=A%20NBR%2014565%20%C3%A9%20a,um%20Sistema%20de%20Cabeamento%20Estruturado..> Acesso em 10 Set. 2024.

OLIVEIRA, Patrícia Beneti. **Soluções de Atendimento em Fibra Óptica I e II**. Teleco – Inteligencia em Telecomunicações – Seção: Tutorial. Publicado em: nov. 2010. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutoriaisolfo2/Default.asp>>. Acesso em 11 set 2023.

OLIVEIRA, Cleber. **Normas ABNT para cabeamento estruturado**. 2022. Disponível em: <<https://www.professionaisti.com.br/normatizacao-para-cabeamento-estruturado-em-redes-de-computadores/>> Acesso em 23 de set de 2023.

PEREIRA, Rafael José Gonçalves. **Fibras Ópticas e WDM**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Seção: Comunicações Ópticas. Publicado em: jun. 2008. Disponível em: http://www.gta.ufrj.br/grad/08_1/wdm1/FibraspticasConceitoseComposio.html>. Acesso 25 set 2023.

PINHEIRO, J.M.S. **Redes ópticas de acesso em telecomunicações**. 1. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2017.

RAUBUSTT, João Francisco Rios; MOREIRA, João Padilha. Substituição do cabeamento estruturado da sala dos servidores do hospital clínicas de Porto Alegre. **Projetos e relatórios de estágios**, v. 1, n. 1, 2019.

RIBEIRO, José Antônio Justino. **Comunicações Ópticas** – São Paulo: Érica, 2003.

RIVEROS, L.J.M.; SÔNEGO, A.; WONZOSKI, F.O. Estudo sobre comunicação de dados via rede-elétrica- PLC. **Anuário Pesquisa e Extensão Unoesc Videira**, v.2, 2017.

SANCHEZ, William Penhas. **PON: Redes Ópticas de Acesso de Baixo Custo**. Teleco Inteligencia em Telecomunicações – Seção: Tutorial. Publicado em: jun. 2004. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialpon/default.asp>>. Acesso em 11 set 2023.

SILVA, L.B. **Projeto de reestruturação do cabeamento estruturado do Campus São José**. 2015. Disponível em: <https://wiki.sj.ifsc.edu.br/images/5/50/TCC_Luana_Beatriz_da_Silva.pdf>. Acesso em 28 mar 2023.

SOARES, Luiz Fernando Gomes et al. **Redes de Computadores: das LANs, MANs, e WANs. Às redes ATM**. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

STALLINGS, W. **Data and Computer Communications** (10ª ed.). Pearson. 2016.

TABINI, Ricardo; NUNES, Danizard. **Fibras Ópticas**. São Paulo: Érica, 1990.

TANENBAUM, Andrew S. **Redes de Computadores**. 5ª ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2011.

TANENBAUM, A. S., & WETHERALL, D. J. **Computer Networks** (5ª ed.). Prentice Hall. 2011.

TOLEDO, Adalton Pereira de Toledo. **Redes de Acesso em Telecomunicações** – São Paulo: Makron Books, 2001.

TORRES, Gabriel. **Redes de computadores: curso completo**. Rio de Janeiro: Axcel Books, 2009.