



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
FACULDADE DE ARQUITETURA, ENGENHARIA E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

GABRIELA MATTOS DE SOUSA

**ESTUDO COMPARATIVO SOBRE AS REDES DE COMPUTADORES ATUAIS E A
VIABILIDADE DESSAS TECNOLOGIAS NO AMBIENTE EDUCACIONAL**

CUIABÁ – MT
DEZEMBRO, 2022

GABRIELA MATTOS DE SOUSA

**ESTUDO COMPARATIVO SOBRE AS REDES DE COMPUTADORES ATUAIS E A
VIABILIDADE DESSAS TECNOLOGIAS NO AMBIENTE EDUCACIONAL**

Trabalho Final de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Mato Grosso, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador:
Prof. Dr. Saulo Roberto Sodré dos Reis

CUIABÁ – MT
DEZEMBRO, 2022

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

S729e Souza, Gabriela Mattos de.

Estudo comparativo sobre as redes de computadores atuais e a viabilidade dessas tecnologias no ambiente educacional [recurso eletrônico] / Gabriela Mattos de Souza. -- Dados eletrônicos (1 arquivo : 23 f., il. color., pdf). -- 2022.

Orientador: Saulo Roberto Sodré dos Reis.

TCC (graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Cuiabá, 2022.

Modo de acesso: World Wide Web: <https://bdm.ufmt.br>.

Inclui bibliografia.

1. Informática na Educação, Rede de computadores, Power Line Communication, Tecnologias de rede educacionais, Wi-fi. I. Reis, Saulo Roberto Sodré dos, *orientador*. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

DESPACHO

Processo nº 23108.103525/2022-17

Interessado: @interessados_virgula_espaco@

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA MONOGRAFIA: ESTUDO COMPARATIVO SOBRE AS REDES DE COMPUTADORES ATUAIS E A VIABILIDADE DESSAS TECNOLOGIAS NO AMBIENTE EDUCACIONAL

ALUNO: Gabriela Mattos de Sousa

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia da Universidade Federal de Mato Grosso, como requisito para a obtenção de grau de bacharel em Engenharia Elétrica.

Aprovada em 12 de dezembro de 2022.

Nota final: 9,3

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Saulo Roberto Sodré dos Reis
Orientador

Prof.^a Dr.^a Camila dos Anjos Fantin
Examinadora

Prof. Dr. Haroldo Benedito Tadeu Zattar
Examinador



Documento assinado eletronicamente por **SAULO ROBERTO SODRE DOS REIS, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 12/12/2022, às 15:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **HAROLDO BENEDITO TADEU ZATTAR, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 12/12/2022, às 15:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **CAMILA DOS ANJOS FANTIN, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 12/12/2022, às 16:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufmt.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5368690** e o código CRC **FD26DB6F**.

RESUMO

SOUSA, Gabriela Mattos. **Estudo comparativo sobre as redes de computadores atuais e a viabilidade dessas tecnologias no ambiente educacional**. 2022. 19f. Trabalho Final de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, 2022.

Nos dias atuais, a conectividade com a internet é fundamental em diversos contextos. A pandemia da COVID-19 trouxe mudanças significativas nas empresas, escolas e no cotidiano das pessoas. Isso acarretou mudanças no âmbito educacional, no mundo pós pandemia, as escolas e universidades passaram a desenvolver mais atividades que necessitam de conectividade maior. No caso da Universidade Federal de Mato Grosso, por exemplo, as aulas desde então, têm funcionado em formato híbrido em alguns cursos, assim alguns estudantes estão tendo aulas no 1º horário online e no 2º horário presencial. Com isso, muitas vezes os alunos não encontram dentro das escolas ou universidades uma conectividade que possibilitem eles ficarem no local para realizar tais atividades, assim eles necessitam encontrar alternativas para conseguir desenvolvê-las. Este trabalho tem por objetivo apresentar as principais redes de computadores presentes no mercado e avaliar em quais situações cada uma dessas tecnologias torna-se a melhor opção de utilização. Além disso, fazer um levantamento das suas principais características, aspectos econômicos, instalação, taxa de transmissão, segurança e conectividade. Por fim, comparar essas tecnologias e demonstrar quais seriam as redes mais adequadas seguindo critérios e parâmetros deste trabalho.

Palavras-chave: Informática na Educação. Rede de computadores. Power Line Communication. Tecnologias de rede educacionais. Wi-fi.

ABSTRACT

SOUSA, Gabriela Mattos. **Comparative study on current computer networks and the viability of these Technologies in the educational environment.** 2022. 19f. Final Course Work (Graduation in Electrical Engineering) Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, 2022.

Nowadays, internet connectivity is fundamental in various contexts. The COVID-19 pandemic, has brought significant changes in companies, schools and people's daily lives. This has brought about changes in the educational sphere, in the post-pandemic world, schools and universities began to develop more activities that need greater connectivity. In the case of the Federal University of Mato Grosso, for example, classes since then have worked in hybrid format in some courses, so some students are taking class in their first time online and in their second time face-to-face. With this, often students don't find within schools or universities a connectivity that allows them to stay online to do some homework, so they need to find alternatives to stay online to do this homework's, so they need to find alternatives to be able to develop them This work aims to present the main computer networks present in the market and evaluate in which situations each of these Technologies becomes the best option for use. In addition, make a survey of its mains characteristics, economic aspects, installation, transmission rate, security and connectivity. Finally, compare these technologies and demonstrate which would be the most appropriate networks following criteria and parameters of this work.

Keywords: Informatics in education. Computer Networks. Educational network technologies. Power Line Communication. Wi-fi.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Fig. 1. Adaptador PLC.....	16
Fig. 2. Modelo de uma rede PLIC em uma casa.	17
Fig. 3. Exemplo de processo de uma Rede sem fio.....	17
Fig. 4. Modelo de uma internet via satélite.	18
Fig. 5. Comparativo dos provedores de internet via satélite.	19
Fig. 6. Modelo de uma Rede estruturada simples.	20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Variações do Padrão IEEE 802.11	17
Tabela 2 - Evolução da Rede Móvel	20
Tabela 3 - Características das Redes de Computadores	21

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANSI	American National Standards Institute
ARPA	Advanced Research Projects Agency
ARPANET	Advanced Research Projects Agency Network
BPL	Banda Larga por meio de Redes de Energia Elétrica
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum
EIA/TIA	Electronic Industries Association/ Telecommunications Industry Association
FAET	Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia
GMSK	Gaussian Minimum Shift Key
HUB	Concentrador
IEEE	Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos
IMPs	Processador de Mensagens da Interface
ISM	Industrial Scientific na Medical
LAN	Local Area Network
MIMO	Multiple-Input Multiple-Output
NSFNET	National Science Foundation Network
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplex
PLC	Power Line Communication
PLIC	Power Line Indoor Communication
PLOC	Power Line Outdoor Communication
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
SGDC	Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas
UFMT	Universidade Federal de Mato Grosso
UNII	Unlicensed National Information Infrastructure
Wi-Fi	Wireless Fidelity

LISTA DE SÍMBOLOS

Mbps	Megabit por Segundo
Gbps	Gigabit por Segundo
MHz	Megahertz
Hz	Hertz
Mm	milímetro
A	Ampere
C	Celsius
GHz	Gigahertz
Km	Quilômetro
ms	milissegundos
Kg	Quilograma

SUMÁRIO

I. INTRODUÇÃO	15
II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
A. Redes LAN.....	16
B. Power Line Communication	16
C. Redes sem fio.....	17
D. Wi-Fi 6.....	18
E. Internet via Satélite	18
F. Redes estruturadas.....	19
G. Redes móveis	20
III. ANÁLISE DAS REDES DE COMPUTADORES NO AMBITO EDUCACIONAL	20
A. Laboratórios de informática	21
B. Laboratórios com equipamentos que precisam de acesso à internet.....	22
C. Sala de estudos, Bibliotecas centrais e setoriais	22
D. Corredores, Praças, Saguão, Restaurantes Universitários e ambientes similares.....	22
E. Coordenação e sala dos professores	23
F. Locais que precisam de monitoramento.....	23
G. Escolas e Universidades geograficamente distantes, Laboratórios remotos, fazendas experimentais e ambientes similares	23
IV. CONCLUSÕES.....	24

ESTUDO COMPARATIVO SOBRE AS REDES DE COMPUTADORES ATUAIS E A VIABILIDADE DESSAS TECNOLOGIAS NO AMBIENTE EDUCACIONAL

Gabriela Mattos de Sousa e Saulo Roberto Sodré dos Reis.

Estudante Universitária e Professor Doutor da UFMT:

Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Arquitetura Engenharia e Tecnologia, Cuiabá – Mato Grosso,

gabyms10@gmail.com; sauloreis@gmail.com

Resumo – Nos dias atuais, a conectividade com a internet é fundamental em diversos contextos. A pandemia da COVID-19 trouxe mudanças significativas nas empresas, escolas e no cotidiano das pessoas. Isso acarretou mudanças no âmbito educacional, no mundo pós pandemia, as escolas e universidades passaram a desenvolver mais atividades que necessitam de conectividade maior. No caso da Universidade Federal de Mato Grosso, por exemplo, as aulas desde então, têm funcionado em formato híbrido em alguns cursos, assim alguns estudantes estão tendo aulas no 1º horário online e no 2º horário presencial. Com isso, muitas vezes os alunos não encontram dentro das escolas ou universidades uma conectividade que possibilitem eles ficarem no local para realizar tais atividades, assim eles necessitam encontrar alternativas para conseguir desenvolvê-las. Este trabalho tem por objetivo apresentar as principais redes de computadores presentes no mercado e avaliar em quais situações cada uma dessas tecnologias torna-se a melhor opção de utilização. Além disso, fazer um levantamento das suas principais características, aspectos econômicos, instalação, taxa de transmissão, segurança e conectividade. Por fim, comparar essas tecnologias e demonstrar quais seriam as redes mais adequadas seguindo critérios e parâmetros deste trabalho.

Palavras-Chave – Informática na Educação. Rede de computadores. Power Line Communication. Tecnologias de rede educacionais. Wi-fi.

COMPARATIVE STUDY ON CURRENT COMPUTER NETWORKS, AND THE VIABILITY OF THESE TECHNOLOGIES IN THE EDUCATIONAL ENVIRONMENT.

Abstract – Nowadays, internet connectivity is fundamental in various contexts. The COVID-19 pandemic, has brought significant changes in companies, schools and people's daily lives. This has brought about changes in the educational sphere, in the post-pandemic world, schools and universities began to develop more activities that need greater connectivity. In the case of the Federal University of Mato Grosso, for example, classes since then have worked in hybrid format in some courses, so some students are taking class in their first time online and in their second time face-to-face. With this, often students don't find within schools or universities a connectivity that allows them to stay online to do some homework, so they need to find alternatives to stay online

to do this homework's, so they need to find alternatives to be able to develop them This work aims to present the main computer networks present in the market and evaluate in which situations each of these Technologies becomes the best option for use. In addition, make a survey of its mains characteristics, economic aspects, installation, transmission rate, security and connectivity. Finally, compare these technologies and demonstrate which would be the most appropriate networks following criteria and parameters of this work.

Keywords - Informatics in education. Computer Networks. Educational network technologies. Power Line Communication. Wi-fi.

I. INTRODUÇÃO

No âmbito educacional, principalmente nas universidades, um dos maiores desafios dentro do campus é oferecer uma internet de qualidade para os acadêmicos e para os profissionais que ali trabalham. Na Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), por exemplo, a comunidade acadêmica tem experimentado uma baixa qualidade do sinal de internet ou mesmo, em alguns pontos, ausência completa do sinal. Além disso, principalmente após a pandemia, tanto as escolas como as universidades, passaram a ter mais atividades que necessitam de conexão com a internet. Em alguns cursos da UFMT, a título de exemplo, o estudo está funcionando de forma híbrida, assim alguns estudantes estão tendo aulas no primeiro horário online e no segundo horário presencial. Com isso, muitas vezes os alunos não encontram dentro das escolas ou universidades uma conectividade que possibilite eles ficarem no local para realizar tais atividades. Essa preocupação com uma maior conectividade vem sendo discutida a alguns anos, projetos têm sido desenvolvidos para melhorar a conexão nas escolas e universidades. Na cidade de Macapá, no Colégio AMAPAENSE, um estudo de caso foi realizado, por dois alunos, para implementação de rede sem fio [1], eles analisaram a infraestrutura já existente e a conectividade, e buscou trazer algumas mudanças em equipamentos e outras adequações que melhorariam a performance da rede. Em Portugal, na Escola Secundária Dr. Manuel Gomes de Almeida, outro aluno fez um estudo similar[2]. E apresentou soluções para melhorar a rede cabeada existentes e os equipamentos da escola.

Dentro deste contexto de avaliação, este trabalho tem como objetivo analisar as tecnologias de redes de computadores atuais, verificando quais são as soluções viáveis a depender do contexto, os recursos financeiros necessários

para a implementação, os recursos técnicos disponíveis, as características principais dessas redes. Considerando os ambientes e a infraestrutura disponível na UFMT.

II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Não se tem uma data exata de quando a internet começou a funcionar, entretanto a teoria mais aceita é a de que essa tecnologia despontou no final da década de 1950, durante a Guerra Fria. O objetivo era simplificar a troca de dados, para a comunicação com pessoas geograficamente distantes. Assim, surgiu a ARPANET o primeiro protótipo de internet, com a primeira conexão estabelecida em outubro de 1969. Anos mais tarde surge a NSFNET, entretanto somente em agosto de 1991 com o navegador www ou *World Wide Web* (Rede Mundial de Computadores) essa tecnologia se popularizou. Depois disso, a cada ano que passa, ela vem se modernizando e expandindo as opções de transmissão e acesso a essa tecnologia [3] Nas subseções a seguir serão introduzidas algumas tecnologias que são as mais utilizadas atualmente e as que possuem uma melhor infraestrutura para o ambiente educacional, seja instituições localizadas em ambientes urbanos ou em ambientes mais distantes dos centros urbanos, entretanto, primeiramente deve-se ter o conhecimento do que seria uma rede *Local Area Network* (LAN).

A. Redes LAN

A LAN ou Rede Local [4], são redes privadas contidas em um único edifício ou campus universitário com até alguns metros de extensão. Utilizadas geralmente para compartilhar recursos, inclusive impressoras, e também promover a troca de informações, por meio da conexão de computadores pessoais, estações de trabalho em repartições e instalações industriais de firmas. O principal objetivo da LAN é o compartilhamento de dados, serviços e recursos dentro da região pré-definida.

Uma de suas características é o seu tamanho restrito, dessa forma o pior tempo de transmissão é delimitado e reconhecido de maneira antecipada [5]. Essa tecnologia usualmente, é composta por um cabo que interliga todas as máquinas. As LANs operam com algumas velocidades, as tradicionais entre 10Mbps e 100Mbps, como a *Fast Ethernet*, e as modernas podem chegar a 10Gbps, exemplo *Gigabit Ethernet*, e possuem pouco retardo, cometendo escassamente erros.

Além da Rede Local, outras redes de computadores são importantes. A seguir serão apresentadas a Power Line Communication, o Wi-Fi, o Wi-Fi 6E, a internet via Satélite, internet cabeada estruturada e a rede 5G.

B. Power Line Communication

A rede, *Power Line Communication* (PLC), é a tecnologia que possibilita a transmissão e recepção dos sinais por meio da rede de energia elétrica disponível no local [6]. Dessa forma, a concepção da rede PLC é a criação de uma nova alternativa para permitir o acesso a diversos serviços como aplicações de voz, Internet em Banda Larga, tudo isso por meio da utilização das redes de distribuição de energia elétrica, inclusive as já existentes [7].

Por meio dela, não é mais necessário a instalação de outros cabos para se ter acesso por exemplo, a internet, pois a energia elétrica está presente na maioria dos lugares. Essa tecnologia pode funcionar de diferentes maneiras. Uma das formas é a *Power Line Outdoor Communication* (PLOC), no qual é utilizado o Master PLC, equipamento que é instalado perto de um transformador, injetando assim o sinal nos cabos elétricos. Usando essa forma, todos os consumidores que estiverem conectados ao circuito elétrico pertencente aquele transformador terão acesso a esse sinal.

O adaptador PLC, que pode ser visto na Figura 1, é um outro equipamento que também pode ser empregue pelos usuários, para receber o sinal que foi transmitido pelo Master PLC e enviá-lo para pontos distintos. Para utilizar tal equipamento basta conectar a qualquer tomada elétrica.



Fig. 1. Adaptador PLC[8].

A segunda maneira, é a *Power Line Indoor Communication* (PLIC), que utiliza o próprio sinal do prestador de serviços o conectando ao adaptador PLC e colocando-o na tomada, assim distribuindo o sinal para variados pontos e ampliando por meio de outros adaptadores conectados na rede, esse modelo pode ser visto na Figura 2. Atualmente, o BPL funciona na largura de banda de 1,6-30MHz, com uma taxa de transmissão de no máximo 1Gbps[9].

Por conta da largura de banda do PLC ser totalmente diferente da largura de banda que o sinal elétrico opera, 50-60Hz, é possível que os dois sinais coexistam de maneira harmônica no mesmo canal, sem que haja a perda de dados. O seu funcionamento é baseado nas técnicas de modulação (OFDM e GMSK) e também nos métodos de acesso (CSMA/CD e CSMA/CA). Uma das desvantagens dessa tecnologia são as interferências que podem ser causadas por eletrodomésticos, motores e demais equipamentos conectados na rede. Além dos equipamentos, outro ponto prejudicial são os ruídos. Os cabos elétricos [10] podem captar sinais como o de televisão e rádio e assim corromper os dados transmitidos. Ademais, com a variação das cargas elétricas no circuito e por conta das junções dos fios há a existência de eco no sinal que também prejudica a transmissão.

Um outro ponto que deve ser considerado ao implementar o PLC é a rede elétrica que está disponível. De acordo com o estudo do Zattar e Fabris, realizado em um dos laboratórios do departamento de engenharia elétrica da UFMT, observou-se a influência da corrente e da temperatura na rede em fios de diferentes bitolas [11]. O resultado foi que no cabo de 1,5 mm, sem a presença de ruídos, a eficiência e a temperatura foram inversamente proporcionais a corrente, sendo que ao fornecer uma corrente de 40 A no sistema, a eficiência ficou um pouco

acima dos 30% e a temperatura chegou a aproximadamente 140°C.

Além da bitola de 1,5mm, foi analisado a seção de 2,5mm e 4 mm. Observou-se também as mesmas características, contudo a eficiência foi aumentando conforme a bitola aumentou. Por fim, verificou como que essa tecnologia reagiria ao adicionar ruídos e o que constatou foi uma redução nas quedas com presença de ruído. Logo, pode-se concluir que a fiação afeta a performance dessa rede.

A tecnologia PLC foi regulamentada no Brasil por meio da Resolução n° 527 da Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) e também pela Resolução Normativa n°375 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Além delas existe uma norma a nível global do Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (IEEE) - 1901 [12].

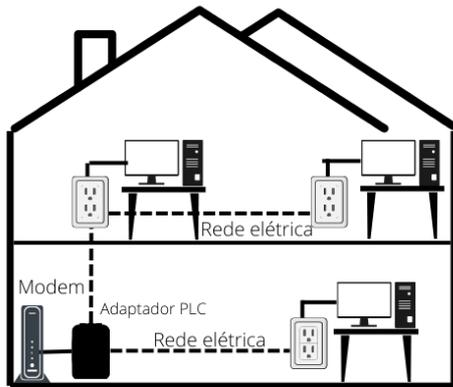


Fig. 2. Modelo de uma rede PLIC em uma casa[13].

C. Redes sem fio

Uma das redes mais comuns é a Wi-Fi abreviatura de, *Wireless Fidelity*, que utiliza as ondas de rádio que são transmitidas através do roteador ou do, *access point*, que capta o sinal, decodifica-o e transmite por meio de sua antena [14]. Os sinais que são captados por esse dispositivo podem ser entregues ou via ondas de rádio, ou linha telefônica ou via cabos, entretanto tais dados devem estar contidos dentro do seu raio de ação, *hotspot* [15]. Esse processo pode ser visto na Figura 3.

Atualmente, nos roteadores mais comuns a troca de dados ocorre em duas frequências, disponibilizadas pelo governo, a primeira é a de 2,4GHz e a segunda de 5GHz [16][17], padrão 802.11n, para aqueles que possuem as duas frequências e o padrão 802.11ac para os que operam somente na segunda frequência. Vale salientar que a frequência e a capacidade de transmissão de dados, são proporcionais, ou seja, na de 5GHz há uma maior possibilidade de transmitir um enorme número de dados.

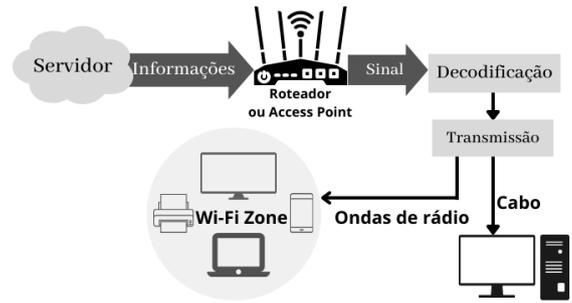


Fig. 3. Exemplo de processo de uma Rede sem fio [18]

O padrão 802.11 é um dos protocolos desenvolvidos pelo IEEE, para que assim seja possível que equipamentos de diferentes marcas se comuniquem. Além desse protocolo o instituto desenvolveu assim uma série de padrões, que são capazes de definir os métodos para acessar e controlar as redes. Entre ele tem-se o IEEE 802.3 para LAN *Ethernet*, o IEEE 802.1 para interligação das redes locais, o IEEE 802.11 para as redes locais sem fio e a IEEE 802.15 para redes pessoais sem fio [19]. Dentro do padrão do Wi-Fi, 802.11, existe uma série de variações, algumas delas podem ser vistas na Tabela 1.

Tabela 1
Variações do Padrão IEEE 802.11 [20]

Padrão IEEE 802.11			
Padrão IEEE	Frequência (GHz)	Taxa	Tecnologia de acesso Múltiplo
802.11	2,4	2 Mbps	
802.11a	5	54 Mbps	OFDMA
802.11b	2,4	11 Mbps	DSSS
802.11g	2,4	54 Mbps	DSSS e OFDM
802.11n	2,4/5	600 Mbps	SU-MIMO
802.11ac	5	3,6 Gbps	MU-MIMO

1) 802.11: Esse foi o protocolo inicial, ele possui somente duas taxas 1 e 2 Mbps, sendo a menor em situações com nível de ruídos mais elevados e a de 2 em ambientes com menos ruído. A modulação utilizada é a *Direct Sequence Spread Spectrum* (DSSS). E a banda é a de 2,4GHz, de acordo com Emanuel [21], é a faixa de frequência que possui mais desafios em relação a interferência, pois somente três canais sem sobreposição, dessa maneira se houver mais de três dispositivos poderá ocorrer interferência.

2) 802.11a: Utiliza o padrão de acesso múltiplo por divisão ortogonal de frequência (OFDMA). Ele possui uma capacidade máxima de transmissão de 54Mbps, em números reais é de cerca de 27 Mbps [22]. Além disso, esse padrão opera em duas bandas na *Industrial Scientific and Medical* (ISM), ele opera entre 5,745-5,802 GHz, já na *Unlicensed National Information Infrastructure* (UNII), a banda é 5,150-5,320 GHz, se comparado ao 802.11b e 802.11g ele tem um raio de alcance menor, utilizando a mesma potência. A mudança para a banda de 5GHz foi importante, pois possui 12

canais sem sobreposição, ou seja, 9 canais a mais se comparado a de 2,4GHz.

3) 802.11b: esse padrão utiliza a modulação DSSS. Além disso, ele opera na largura de banda ISM na faixa entre 2,4-2,495 GHz. Sua capacidade máxima de transmissão é de 11Mbps teoricamente, em números reais aproximadamente 5Mbps.

4) 802.11g: esse padrão utiliza a modulação OFDM. Além disso, ele opera na largura de banda ISM na faixa entre 2,4-2,495 GHz. Sua capacidade máxima de transmissão é de 54Mbps teoricamente, em números reais aproximadamente 22Mbps ou ainda 11Mbps DSSS.

5) 802.11n: nesse padrão a grande diferença em relação aos anteriores é a utilização do esquema, *Multiple-Input Multiple Output* (MIMO), com isso há a elevação das taxas de transferências de dados por meio da combinação das antenas [23]. Sua capacidade máxima de transmissão é de 600Mbps teoricamente, em números reais aproximadamente 300Mbps ou ainda no modo mais simples em 150Mbps. As faixas de frequência que ele opera é de 2,4 GHz e 5GHz. Ele também utiliza a OFDM, entretanto com algumas adaptações para o esquema MIMO. Sua área de alcance é maior do que os padrões anteriores.

6) 802.11ac: ele utiliza uma técnica de modulação mais moderna que é o esquema, *Multi-User MIMO* (MU-MIMU), por meio dele é possível enviar e receber sinais de diferentes terminais. Além dessa nova técnica em alguns modelos há o uso do *Beamforming* (TxBF), que possibilita o transmissor avaliar a comunicação e otimizar a transmissão. Sua capacidade máxima de transmissão é de mais de 6 Gbps teoricamente, em números reais aproximadamente 1,3Gbps ou ainda no modo mais simples em 433Mbps. A faixa de frequência que ele opera é de 5GHz.

D. Wi-Fi 6E

O Wi-Fi 6E é a tecnologia mais atual das redes sem fio que usam a padronização IEEE 802.11ax. Ela foi desenvolvida para suprir o elevado número de dispositivos conectados, pois as redes wireless anteriores não estavam conseguindo mais suportar. De acordo com um estudo da CISCO [24] a previsão é de que no ano de 2022 mais de 28 bilhões de equipamentos estarão ligados à internet, isto por conta do aumento de equipamentos inteligentes, na área da medicina, de vigilância, além de outros dispositivos que vem se desenvolvendo e atualmente dependem da internet.

A mais nova tecnologia promete uma navegação mais rápida e a possibilidade de mais conexões simultaneamente, cerca de 4 vezes mais conexões [25], por conta do protocolo IEEE 802.11ax. Ele utiliza a *Orthogonal Frequency-Division Multiplexing* (MIMO-OFDM), com isso é possível aumentar a subdivisão dos sinais e diminuir a interferência. Sua capacidade máxima de transmissão é de mais de 10 Gbps, teoricamente. Além disso, ele utiliza *Quadrature Amplitude Modulation* 1024 (QAM 1024), o que permite taxas elevadas. A faixas de frequência que ele opera é de 6GHz [26]. Outra diferença é que nesse protocolo mais moderno, cada *symbol*, é uma banda de 80MHz, leva 10 bits ao invés de 8 bits [27], que era o que ocorria no IEEE 802.11ac. O aumento da largura de banda também é outro diferencial, de 80MHz para 160MHz.

O padrão OFDMA também [27], ajuda na melhoria. Pois, no outro acesso só era possível enviar um pacote de dados por vez para um dispositivo, com ele, podem ser enviados diversas parcelas para diferentes dispositivos.

Além disso, ele consegue otimizar o consumo de bateria e possibilita inserir uma quantidade maior de antenas no dispositivo sem que perca a capacidade de comunicação. Contudo para a utilização dessa rede é necessário que os equipamentos sejam todos compatíveis com essa recente tecnologia.

E. Internet via Satélite

É o modelo de internet mais usado em locais que ficam distantes dos grandes centros urbanos. O uso dela é bem simples, não necessita de grandes estruturas, apenas de uma antena, perto de sua casa ou em sua casa, que tenha unidade para a transmissão e recepção do sinal enviado pelo satélite do espaço. A comunicação satelital ocorre por meio das ondas eletromagnéticas que faz a conexão com os satélites que se localizam na órbita da Terra. As informações são transmitidas por meio de uma rede de comunicação iniciando nos equipamentos que estão conectados à internet, como notebook e celular, depois tais dados são enviados para o modem e por fim para a antena e assim chegam ao satélite, um modelo simplificado disso pode ser observado na Figura 4. Após isso, os dados regressam para as estações localizadas no solo, e continuam até conseguir transmitir as informações para os usuários [28][29].

Entretanto, como o equipamento responsável pela transmissão e recebimento das informações é a antena, algumas situações climáticas, como fortes tempestades, podem provocar interferência no sinal. Se isso ocorre, a empresa provedora pode tomar alguma atitude para manter a conexão, como elevar a potência do sinal.

Durante a instalação da antena é importante posicioná-la em um local que seja possível “ver” o satélite, delimitando assim a amplitude da utilização da rede. Outro ponto é que como os satélites estão localizados na órbita da Terra, alinhados à linha do Equador, à aproximadamente 36.000km da superfície na órbita geoestacionária, acaba ocorrendo uma latência no sinal. Ou seja, demora um certo tempo para receber os dados após a transmissão do sinal. Tal problema, pode ser notado principalmente em jogos online. Por isso, algumas empresas estão lançando os satélites em órbitas mais baixas.



Fig. 4. Modelo de uma internet via satélite.

Atualmente algumas empresas vem promovendo aos clientes internet de alta velocidade e com pouca latência, inclusive para atender os aviões e navios. As duas principais empresas são a *SpaceX* [30], [31] e a *OneWeb*, para conseguir

isso elas possuem uma enorme quantidade de satélites, localizados em uma órbita mais baixa, aproximadamente entre 340 e 1.200km [32] da superfície terrestre, ou seja, elas criaram sua própria constelação de satélite.

A *Starlink* internet da *SpaceX* já possuem mais de 10 mil satélites em órbita, entretanto o plano da empresa de Elon Musk é que no futuro a empresa possua mais de 40 mil satélites em órbita. Um dos grandes diferenciais dessa tecnologia é a queda na latência, isto é a velocidade em que ocorre a comunicação entre os equipamentos e o satélite, que foi de cerca de 600 milissegundos(ms) para aproximadamente 20ms [33]. Outro ponto é a velocidade que pode chegar a 200 Mbps logo após a instalação, que também é prática e fácil, basta fixar o suporte da antena, coloca-la nele e conectar no roteador que deverá ser conectado na rede elétrica. Após isso, a instalação e a configuração são realizadas no aplicativo *Starlink* de forma rápida e prática. A Figura 5 faz um comparativo entre três provedores, para obter tais dados William Ferreira [34] utilizou o programa *SpeedTest*.

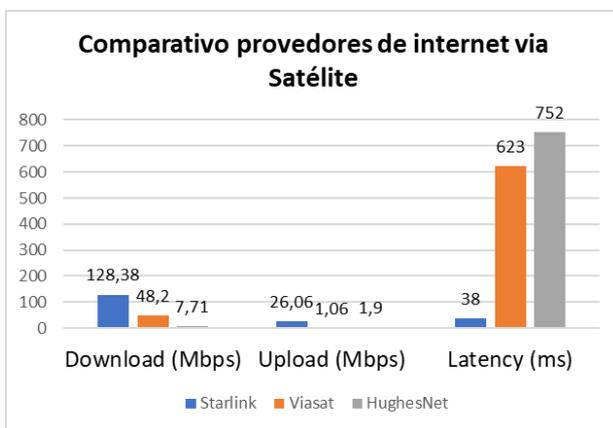


Fig. 5. Comparativo dos provedores de internet via satélite [34].

Como foi visto, a *Starlink* possui diversos satélites, os satélites da 1ª geração de acordo com Correia [35], têm uma largura de banda de cerca de 18Gbps e as versões atualizadas um pouco mais que isso, pesando em torno de 260 a 310Kg. Já a geração 2 que será lançada pesará em torno de 1,25 tonelada, tendo 7 metros de comprimento e a largura de banda com cerca de 140 a 160 Gbps.

Por ser uma tecnologia nova e moderna os preços atuais começam a partir de R\$ 230,00 mensais, além do custo inicial para a compra dos equipamentos de R\$ 2.000,00, mais o valor do frete e os impostos. Essa tecnologia se torna a opção mais viável para locais remotos, ou para zonas rurais. Com o passar dos anos a tendência é que ela se popularize. A verificação da disponibilidade e a contratação desse serviço, pode ser feita no website da empresa. Já a *OneWeb* ainda não está presente em muitos lugares, ela possui uma quantidade menor de satélites, porém promete diminuir a latência e entregar uma melhor qualidade se comparado aos satélites que ficam mais afastados. As informações dessa tecnologia, da mesma forma podem ser encontradas no site da empresa.

F. Redes estruturadas

A rede cabeada é composta por cabos e por equipamentos por onde os dados irão deslocar. Ela é uma das opções para se construir uma rede LAN. Esse tipo de rede é padronizado por algumas normas de segurança, sendo as principais a ANSI, aplicação maior em grandes edifícios e instalações como *Data Centers*, a TIA, uso em *Data Centers*, a ABNT, aplicação maior no que diz respeito ao cabeamento. Tal modelo de internet é extremamente usado em empresas, que precisam de uma constância na conexão, para realizar a conexão entre os servidores e os locais de trabalho, como também com a parte periférica da rede.

Uma de suas características mais importante, é ser capaz de redirecionar os dados por diversos caminhos, utilizando uma estrutura comum para que diferentes pontos consigam se comunicar. Outras características importantes dessa rede é a segurança que ela oferece e sua flexibilidade [36][37][38].

Para a instalação da internet estruturada funcionar da melhor forma possível, o seu sistema deve ser muito bem projetado e organizado. Esse sistema é composto por cabeamento horizontal, que possibilita a interligação dos cabos que interligam o Armário de Telecomunicações às áreas de trabalho. Cabeamento vertical (*Backbone*), são os cabos que conectam as salas de telecomunicações, equipamentos e os pontos da entrada, ele também interliga cada andar do edifício. Sala ou Armário de Telecomunicações, é o local onde ficam os dispositivos de telecomunicações, como os RACKs. Sala de Equipamentos, área onde se localizam aparelhos, tal como, switches, servidores e roteadores. Área de trabalho, é o lugar que contém as tomadas, onde os computadores serão interligados na rede. Entrada do prédio, zona em que ocorre a interligação do cabeamento externo ao cabeamento vertical e horizontal. Um modelo mais simples dessa rede pode ser observado na Figura 6.

Outro ponto importante nesse modelo de rede é a escolha do cabo que será utilizado. O primeiro é o cabo de par trançado, que é o mais usado e mais barato. Do lado de lá tem-se a fibra óptica, mais leve e fino, além de ser livre das interferências eletromagnéticas e que possuem um potencial elevado de transmissão com uma excelente velocidade.

Os cabos UTPs são os mais utilizados, nos dias de hoje, eles são divididos em sete categorias, cada uma delas serve para situações específicas. O cat.1 é utilizado para transporte de voz. Para os projetos atuais, utiliza-se mais os cat. 5 e cat. 6., sendo um para transmitir até 100 Mbps e a outra para padrão Gigabit Ethernet, respectivamente. Além disso, a escolha da topologia da rede deve ser feita também. Existem três topologias principais.

A primeira é a topologia em ANEL, cuja característica é interligar os equipamentos em um formato de anel. Dessa forma apenas um cabo é compartilhado e os dados são transmitidos de forma unidirecional. Assim, cada estação fica interligada a outros dois equipamentos. A desvantagem desse tipo de ligação é que se apenas uma estação apresentar problema toda a rede pode ficar comprometida.

A segunda topologia é a em barramento, nesse caso apenas uma das máquinas consegue transmitir os dados, e todas as outras estações não são capazes de encaminhar qualquer informação.

A terceira topologia é a em Estrela, aqui todas as máquinas são interconectadas por meio de um HUB ou um Switch principal. Dessa forma, todos os equipamentos conseguem se comunicar. A maior vantagem é que como cada uma das estações se comunica com o dispositivo, quando ocorre o problema de transmissão de informações para a estação, só essa máquina ficará parada.

As principais vantagens da internet a cabo são a estabilidade, a alta segurança na transmissão de dados e também uma velocidade maior no tráfego de dados. Suas desvantagens são, a falta de mobilidade, pois o equipamento fica conectado ao cabo, custo maior para instalar e também para a manutenção, pois é necessária uma estrutura para empregar-la [39], [40].

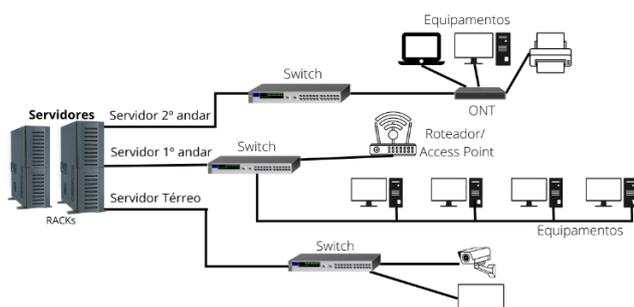


Fig. 6. Modelo de uma Rede estruturada simples.

G. Redes móveis

Assim como as redes Wi-Fi, as redes móveis também operam por meio das ondas de rádio. Por se tratar de uma rede móvel os sinais são transmitidos e recebidos por meio de antenas que estão em conexão com os transmissores e receptores de rádio, esses locais são denominados estação rádio base. Tal estação será conectada a uma central telefônica [41].

Cada uma dessas estações é uma célula que juntas compõem a área geográfica que estará dentro do raio de é preciso existir um número de estações capaz de cobrir uma determinada área geográfica. Cada uma dessas células possuem um limite de dispositivos conectados. Tal limite foi ampliando com o tempo, passando pelo 1G, 2G, 3G, 4G até chegar ao 5G, que é a rede móvel mais moderna. A rede 5G pode realizar a conexão de até 1 milhão de equipamentos. A seguir tem-se a Tabela 2 contendo as principais diferenças entre esses modelos.

Tabela 2
Evolução da Rede Móvel [41]

Evolução Rede móvel					
	1G	2G	3G	4G	5G
Padrões	TACS, AMPS	EDGE, GSM, GPRS	HSPA/UMTS	LTE	-
Tecnologia	Analógica	Digital	Digital	Digital	Digital
Taxa de transmissão	-	<80-100Kbps	>2Mbps	Experiência xDSL	Experiência por fibra
Funcionalidades	Somente transmissão de voz	MMS/SMS	MMS/ SMS	MMS/SMS	Mensagem instantânea
			INTERNET	INTERNET	INTERNET
			TV	Chamadas de Vídeo	TV e TV 3D
			TV	Jogos	Jogos
			Chamadas de Vídeo	Cloud	Emergência
					Telemedicina
		Equipamentos inteligentes			

Dessa forma a tecnologia mais nova desse modelo de rede, tem três larguras de bandas diferentes 600-700MHz, 26-28GHz e 38-42GHz [42]. Outra diferença da rede 5G para as anteriores, é a expansão do seu uso, não somente na rede móvel, mas também na educação, telemedicina. A transmissão de dados é acima de 10Gbps.

III. ANÁLISE DAS REDES DE COMPUTADORES NO AMBITO EDUCACIONAL

Cada uma dessas redes têm as suas características e dessa maneira se tornam opções mais viáveis para diferentes contextos presentes nos ambientes educacionais. Na Tabela 3 é apresentado algumas características relacionadas a essas tecnologias.

O primeiro quesito analisado foi a taxa de transmissão, como foi visto anteriormente, cada uma dessas tecnologias têm uma capacidade máxima de transmissão, porém na maioria das vezes a rede não irá atingi-la, pelo fato de depender de algumas variáveis, como a fiação, no caso da rede PLC, nos espaços em que estão inseridas.

O segundo aspecto é a instalação, isto é, qual a dificuldade para realizar a implementação da rede, por esse motivo a rede estruturada é a mais complexa, por necessitar de uma nova infraestrutura. O terceiro ponto também é sobre a implementação, de maneira geral trata o custo para realizá-la, contudo o preço pode variar conforme os equipamentos escolhidos, um exemplo é o Wi-Fi o custo dos roteadores e *access point* variam muito, logo pode-se desembolsar R\$200,00 ou R\$1000,00, depende do projeto e do orçamento disponível.

O quarto critério é a possibilidade da rede sofrer com a interferência. O quinto trata da probabilidade de alguém invadir a rede ou os dispositivos conectados a ela.

Em relação as últimas cinco características três delas estão relacionadas aos usuários, assim uma levará em conta a quantidade de equipamentos que poderão ser conectados, a outra a que aparelhos a tecnologia será compatível. E por fim, se existe a possibilidade do usuário se mover durante o uso da rede.

Os demais aspectos são a flexibilidade caso exista a necessidade de modificar a rede e a estabilidade que a tecnologia oferece durante o seu funcionamento.

Tabela 3
Características das Redes de Computadores

Características	PLC	Wi-Fi	Wi-Fi 6	via Satélite	Cabeada estruturada	5G
Taxa de transmissão	1Gbps	600Mbps	>10Gbps	200Mbps	2,5Gbps	10Gbps
Instalação	Fácil	Fácil	Fácil	Médio	Difícil	Fácil
Preço de implementação	Baixo Custo de implementação	Baixo custo de implementação	Baixo custo, porém mais cara que o Wi-fi	Muito cara	Cara	Custo Médio
Interferência	Depende da rede elétrica	Média	Pouca	Média	Pouca	Pouca
Segurança	Fraca	Fraca	Segura	Fraca	Muito segura	Fraca
Quantidade de conexão	Várias conexões	Várias conexões	Múltiplas conexões	Várias conexões	Uma por ponto	Mais de 100 conexões por área
Permite a mobilidade dos usuários	NÃO	SIM	SIM	SIM	NÃO	SIM
Uso	Dispositivos que sejam compatíveis com PLC	Dispositivos que sejam compatíveis com Wi-Fi	Dispositivos que sejam compatíveis com Wi-Fi 6	Dispositivos que sejam compatíveis	Dispositivos com entradas para o cabo de rede	Dispositivos móveis
Estabilidade de funcionamento da rede	Estabilidade varia com as cargas conectadas ao circuito	Estabilidade varia com o número de conexões	Estabilidade varia com o número de conexões	Estabilidade varia com o clima	Muito estável	Estável
Flexibilidade mudança na Instalação	Flexível	Flexível	Flexível	Pouco flexível	Pouco flexível	Flexível
Permite a mobilidade dos usuários	NÃO	SIM	SIM	SIM	NÃO	SIM

A seguir serão listados alguns locais que podem fazer parte das escolas e universidades. Ademais, será realizada uma análise sobre quais dessas tecnologias, de acordo com os parâmetros que estão em apreciação, será a melhor opção a se empregar.

A. Laboratórios de informática

Os laboratórios de informática são muito comuns nas escolas e universidades, neles existem muitos computadores. Para esse tipo de ambiente há algumas possibilidades. Analisando as características das *networks* da tabela 3 e contextualizando com esse modelo de ambiente, pode-se chegar algumas conclusões

- Estabilidade: nos laboratórios de informática é necessário que haja uma conexão estável para todos os computadores. Dessa forma, tem-se a rede estruturada como a tecnologia que possui a melhor estabilidade. Além da rede estruturada, por ser um local que não possua equipamentos que causam muita interferência na rede elétrica, a rede PLC também vai satisfazer essa necessidade.
- Mobilidade: nesse caso a mobilidade não é uma característica muito necessária, pois normalmente utiliza-se desktop. Logo, a rede PLC e a estruturada também satisfaz esse critério. Contudo, se houver o desejo de ampliar a rede para atender a situações,

como de alunos que levem seus próprios computadores, ou de fornecer conectividade para tablets e celulares, uma rede que possua mobilidade atenderá melhor esse contexto, como o Wi-Fi.

- Custo: Em relação ao custo, a rede via satélite e a rede 5G terão um custo elevado de implementação. As demais redes irão ser mais acessíveis, o Wi-Fi tem um custo bem baixo, o preço médio de um roteador é R\$200,00, e em geral ele suporta 15 conexões simultâneas. O modem da rede PLC, custa cerca R\$350,00. Já a rede cabeada é mais cara, pois necessita de uma nova infraestrutura, isto é, cabos, equipamentos como switch, que custam em média mais de R\$1000,00, conectores, racks.

Logo, uma primeira alternativa seria o uso da tecnologia PLC com o Wi-Fi. Se o laboratório possui uma rede elétrica mais nova e bem dimensionada, tendo o adaptador para PLC nos computadores a instalação será bem simples e levará uma tecnologia de qualidade para esses equipamentos. Vale ressaltar, a importância de conhecer a rede elétrica do local, pois essa tecnologia é suscetível a ruídos. Além dessa tecnologia como foi mencionado a melhor alternativa para ampliar essa rede é o Wi-Fi.

A segunda alternativa seria a rede estruturada mais a rede Wi-Fi. Se a instituição tem a possibilidade de desembolsar mais dinheiro, essa opção é ótima, pois traz um sistema com maior segurança, uma taxa de transmissão bem maior e mais

estabilidade. Contudo, tem-se a falta de mobilidade e a construção de uma nova infraestrutura para a rede lógica. Ademais, o computador deve ter uma entrada para o cabo de rede, para que seja possível conectar o cabo de rede. Assim, como na primeira alternativa o Wi-Fi seria uma forma de expandir tal rede e possibilitar a conexão de novos dispositivos, inclusive para aumentar o tempo de vida útil dos cabos de redes. Pois, a desconexão e conexão consecutiva, assim como a displicência no manuseio do mesmo pode acarretar danos aos cabos.

B. Laboratórios com equipamentos que precisam de acesso à internet

Esses locais estão mais presentes em universidades e escolas técnicas, na FAET um exemplo seria o laboratório de máquinas. Nesse ambiente existe diversos equipamentos industriais, painéis, máquinas. Portanto, realizando uma análise similar, para esses laboratórios, tem-se:

- **Interferência:** nesses locais, os equipamentos podem causar diferentes interferências nas redes. Como esses equipamentos costumam afetar a qualidade da energia elétrica a rede PLC deve ser descartada, visto que o desempenho da tecnologia depende diretamente da qualidade da rede elétrica. Outra interferência que pode ocorrer é a existência de ruídos, dessa forma se houver, deve-se verificar se eles podem prejudicar a rede estruturada, caso afete essa tecnologia também deve ser descartada.
- **Custo:** a rede via satélite tem um alto custo de implementação. As demais redes irão ter custo um pouco melhores, o Wi-Fi como foi visto, tem baixo custo, nesses locais provavelmente um roteador seria suficiente. A rede PLC, também é barata, porém não será viável, por conta da interferência. A rede estruturada é mais cara, porquanto exige uma nova estrutura.
- **Flexibilidade:** observando ainda a flexibilidade de mudança de instalação, pois pode-se com o tempo querer alterar a disposição dos equipamentos. Tem-se que a rede estruturada apresenta uma flexibilidade baixa, pois é difícil modificar sua infraestrutura. A rede Wi-Fi pode ser facilmente modificada, assim como a PLC e a rede móvel. A internet via satélite por conta da antena também possui uma certa inflexibilidade.

Assim, a opção que atenderá melhor esse contexto é o Wi-Fi, pois ele possui flexibilidade, baixo custo e pouca interferência. Em alguns casos a implementação da rede estruturada pode ser necessária para atender alguns equipamentos que são compatíveis somente com essa tecnologia.

C. Sala de estudos, Bibliotecas centrais e setoriais

As salas de estudos e as bibliotecas são locais, no qual estudantes tem a possibilidade de ficar na faculdade ou escola e desenvolver suas atividades. Logo, os alunos chegam com seus computadores, tablets e demais equipamentos. Assim

sendo, para esses locais, as características principais para atendê-los são:

- **Quantidade de conexões:** esses lugares exigem diversas conexões, pois existem muitos usuários neles. Dessa forma, tanto o Wi-Fi, como a via satélite, como a 5G atenderiam esse ponto. A rede estruturada e a PLC dependeriam da quantidade de pontos lógicos ou tomadas existentes para possibilitar muitas conexões.
- **Taxa de transmissão:** oferecer uma internet com uma taxa de transmissão boa é imprescindível para agilizar os estudos. Assim, a rede Wi-Fi e a rede 5G, são escolhas mais adequadas por possuir taxas maiores.

Enfim, a melhor opção para esses lugares seria o Wi-Fi, pois ele permite de maneira fácil a conexão desses diversos equipamentos. Além disso, ele possui uma excelente velocidade e a maioria dos equipamentos são compatíveis. A rede 5G que também atende os requisitos, não é uma alternativa ideal por conta do preço dos pacotes que seriam capazes de disponibilizar a quantidade de internet necessária para essa quantidade de usuários.

Contudo, assim como ocorre na Sala de Estudos do departamento de Engenharia Elétrica da UFMT, há a possibilidade de uma grande demanda de conexão resultando em uma perda considerável de desempenho dessa tecnologia, visto que os roteadores possuem um limite de conexões permitidas, muitas vezes não existe uma internet de qualidade nesses espaços.

Dessa maneira, um caminho para melhorar a internet seria a criação de uma rede híbrida tendo a tecnologia PLC, como uma forma de diminuir a demanda. Consequentemente alguns dos frequentadores dessas salas ao invés de conectar seus computadores a rede Wi-Fi, poderiam conectá-los a rede PLC. Porém, para que o usuário utilize essa rede o seu dispositivo precisa ser compatível.

Outra alternativa, para ambientes maiores como a biblioteca é a rede estruturada em uma pequena área para conectar desktops. Como ocorre na biblioteca da UFMT, que possui uma sala pequena com computadores e rede estruturada. Entretanto, como visto essa é uma possibilidade mais cara. Vale lembrar que para esses ambientes maiores há a necessidade de uso de vários roteadores ou *access point* para suportar a demanda e também para cobrir toda a área da biblioteca.

D. Corredores, Praças, Saguão, Restaurantes Universitários e ambientes similares

Os Campus universitários e as escolas, possuem a parte externa, ou seja, os locais em que os estudantes ficam nos horários livres. Esses pontos necessitam que as redes que os atendem possuam alguns aspectos principais.

- **Quantidade de conexões:** essas áreas costumam ter muitas pessoas, ou seja, muitos usuários. Por consequência precisam de redes que possibilitem várias conexões. Diante disso, tanto o Wi-Fi, como a via satélite, como a 5G conseguiriam atender esses espaços. A rede estruturada e a PLC não seriam adequadas para esses ambientes pois

dependem da quantidade de pontos lógicos e elétricos.

- Mobilidade: a mobilidade também é um fator fundamental, pois os estudantes costumam se movimentar nesses locais. Consequentemente, as redes PLC e estruturada não atenderiam a maioria dos usuários.
- Custo de implementação: Como pode ser visto as tecnologias mais baratas para implementação são a Wi-Fi e a PLC, pois a plano de rede 5G que seria capaz de proporcionar a quantidade de internet necessária, teria um custo muito elevado.

Por promover uma grande mobilidade, ser barato e permitir muitas conexões o Wi-Fi é a melhor opção, entretanto, deve-se investir em equipamentos que serão capazes de suprir a demanda e de atingir o raio necessário. Em ambientes como a FAET se faz necessário o uso de vários roteadores, pois o local é extenso e o número de usuários elevado.

Em alguns locais como a “rodoviária” na FAET, pode ser uma opção, para a criação de uma rede híbrida a rede PLC, porque de maneira similar a sala de estudos ela poderia diminuir um pouco da demanda de conexões do Wi-Fi, entretanto vale ressaltar a importância de observar as condições da rede elétrica, pois tanto uma fiação antiga como cabos com seções menores, são mais suscetíveis a interferências. Outro ponto é que os equipamentos precisam ser compatíveis, possuindo adaptadores PLC.

E. Coordenação e sala dos professores

Nesses espaços existem computadores, impressoras e equipamentos similares. Dessa forma a análise é muito parecida com os laboratórios de informática.

- Estabilidade: nesses espaços é preciso ter uma conexão estável para todos os dispositivos. Dessa maneira, a rede estruturada é a tecnologia com melhor estabilidade. Outra opção é a rede PLC, por se tratar de áreas onde não existam equipamentos que causam muita interferência na rede elétrica, também será uma alternativa.
- Mobilidade: muitos dos equipamentos desses pontos não precisam de mobilidade. Logo, a rede PLC e a estruturada também satisfazem esse critério. Entretanto, caso haja o desejo de ampliação da rede para oferecer conectividade para celulares, tablets e computadores adicionais, uma tecnologia que tenha mobilidade atenderá melhor esse contexto, como o Wi-Fi.
- Segurança: nesses ambientes a segurança é muito importante, pois há a transmissão de dados relevantes, além do armazenamento dos mesmos. Por consequência a tecnologia que tem a maior segurança é a rede cabeada. As demais redes são mais suscetíveis a roubo de informações.

Deste modo, investir em uma rede estruturada é o melhor caminho, por questões de segurança e estabilidade. A criação de uma rede híbrida com o Wi-Fi também é uma excelente alternativa, para conseguir promover uma conectividade maior com outros dispositivos que não são compatíveis com a rede cabeada.

A tecnologia PLC, pode se tornar uma escolha, no lugar da estruturada, desde que os equipamentos que serão conectados a ela sejam compatíveis. Ademais, deve-se observar na rede elétrica, se existe pontos elétricos suficientes, se a fiação não está velha e também se a seção dos cabos não é muito pequena, para evitar o surgimento ruídos indesejados, que afetaram a rede.

F. Locais que precisam de monitoramento.

Os lugares que são necessários monitoramento, são aqueles que precisam de câmeras. Logo, os pontos cruciais são:

- Segurança: as imagens devem ser armazenadas de maneira segura, para que não haja probabilidade de perder os dados. Com isso, como foi levantado a rede cabeada é a que possui melhor segurança.
- Uso: muitos dos modelos de câmeras são compatíveis com as redes cabeadas. Outras funcionam por meio do Wi-Fi. Assim, deve-se olhar os *datasheets* das câmeras desejadas para saber a qual tecnologia ela é compatível.

Dessa forma, a melhor maneira de guardar os dados em segurança é por meio da rede estruturada. Logo, em um projeto de um circuito interno de televisão (CFTV) as informações das diversas câmeras são encaminhadas para alguns equipamentos como o NVR, que é um gravador de vídeo em rede. Geralmente esses equipamentos ficam em RACKs juntamente com outros equipamentos como Switch, OLT, terminal de linha óptica. Todos eles, específicos para o gerenciamento de câmeras. Para monitoramentos mais simples a rede Wi-Fi também pode ser uma escolha.

G. Escolas e Universidades geograficamente distantes, Laboratórios remotos, fazendas experimentais e ambientes similares

As escolas e universidades que ficam distantes dos grandes centros urbanos, têm-se tornado uma preocupação para o governo conseguir disponibilizar a conectividade adequada nesses locais. Segundo o ministro da comunicação Fábio Faria [43], existem 14,5 mil escolas sem acesso à internet ainda. O plano do governo, por meio do programa WiFi Brasil é que em quatro anos um pouco mais de 82% dessas escolas tenham acesso à internet.

Assim sendo, por ter uma dificuldade maior de fornecer uma internet de melhor qualidade. Diferentemente dos grandes centros urbanos nesses lugares mais distantes, não há uma diversificação muito grande de provedores. Portanto, a análise nesse caso é diferente. A solução encontrada pelo programa WiFi Brasil, para esses campus, foi colocar internet via satélite. Logo essas áreas, recebem os dados do satélite brasileiro SGDC.

Por conseguinte, tomando como base as tecnologias apresentadas e o programa do governo, pode-se concluir que a melhor opção para universidades e escolas como a Escola Estadual Pedro Ferreira, é a internet via Satélite. Tal tecnologia é considerada cara para os lugares localizados nos centros urbanos, entretanto em locais mais afastados se torna a melhor opção. Isso devido ao fato de que os satélites conseguem enviar sinal, para a maioria desses lugares que muitas vezes não têm a disponibilidade de internet, por meio

das outras tecnologias. Outro fator que leva a internet via satélite ser a melhor alternativa é o dos planos de internet serem muito elevados e não conseguirem entregar uma boa conexão.

IV. CONCLUSÕES

Em suma cada uma dessas tecnologias apresentadas pode ser implementada no âmbito educacional, em alguns casos de maneira híbrida, em outros contextos uma só tecnologia já consegue suprir a demanda.

O que deve ser observado é que para locais em que é necessário mobilidade e existem muitos usuários as redes Wi-Fi e Wi-Fi 6E são as melhores opções, vale ressaltar que a IEEE 802.11ax ainda é uma tecnologia de custo elevado.

A internet via satélite é a escolha mais propícia, quando a escola ou universidade se encontra distante geograficamente dos centros urbanos. Nos centros urbanos não se torna uma boa opção, pois as outras alternativas de redes do mercado tem um melhor custo. Já a rede cabeada estruturada é o melhor caminho, para o contexto que exija segurança e estabilidade.

A tecnologia PLC, vem se desenvolvendo nos últimos anos, é uma excelente opção de rede alternativa ou de uma rede mais barata se comparada a estruturada. Contudo, deve lembrar de observar se a rede elétrica será capaz de promover o melhor desempenho dessa *network*.

Assim, todas essas tecnologias, são viáveis, entretanto o contexto e o objetivo devem ser analisados. Na maioria dos casos, deve-se levar em conta a criação de uma rede híbrida, para atender a todos os usuários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] OLIVEIRA, E. D. S; COUTINHO, R. D. S. IMPLEMENTAÇÃO DE REDE SEM FIO, PADRÃO IEEE 802.11AC, NA ESCOLA DO NOVO SABER: COLÉGIO AMAPAENSE. INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAPÁ-IFAP CAMPUS MACAPÁ, Macapá, v. 1, n. 1, p. 14-76, dez./2020. Disponível em: <http://repositorio.ifap.edu.br/jspui/bitstream/prefix/269/1/OLIVEIRA%20282020%29%20-IMPLEMENTA%C3%87%C3%83O%20DE%20REDE%20SEM%20FIO.pdf> . Acesso em: 28 nov. 2022.
- [2] MELO, E. M. L. D. Rede e Aplicações no Sistema de Informação de Escolas Básicas e Secundárias: 1. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, v. 1, n. 1, p. 2-106, fev./2010. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/60223/1/000142628.pdf> . Acesso em: 29 nov. 2022.
- [3] TODA MATÉRIA. História da Internet. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/historia-da-internet/> . Acesso em: 5 out. 2022.
- [4] TANENBAUM, Andrew S. Computer Networks. 4. ed. AMSTERDAM, HOLANDA: Campus, 2003. p. 15-632.
- [5] CONTROLE NET. Redes Locais: O que é LAN ou Local Area Network?. Disponível em: <https://www.controle.net/faq/rede-local-lan-ou-local-area-network> . Acesso em: 28 set. 2022.
- [6] VASCONCELOS, R. R. D. PLC/: Power Line Communications. UFRJ, Rio de Janeiro, dez./2009. Disponível em: https://www.gta.ufrj.br/ensino/eel879/trabalhos_vf_2009_2/renan/index.html . Acesso em: 16 nov. 2022.
- [7] TELECO. Redes PLC I: Conceitos e Características. Disponível em: https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialredesplc1/pagina_2.asp . Acesso em: 10 out. 2022.
- [8] D-LINK. DHP-W221AV. Disponível em: www.dlink.com.br . Acesso em: 28 nov. 2022.
- [9] PLC . PLIC Power Line Indoor Communication. Disponível em: https://plc2010.webcindario.com/index.php?entry=entry_100818-150142 . Acesso em: 11 out. 2022.
- [10] ZATTAR, H.B.T. . Análise, medidas e avaliação de desempenho de uma rede PLC em ambiente indoor de casas populares. Repositório Universidade Federal de Uberlândia. p. 09-223, 2011.
- [11] ZATTAR, H.B.T; Reis, S.S; FABRIS, J.V. . Desempenho da rede PLC em função do aumento da corrente e da temperatura do cabo elétrico. RTI. Redes, Telecom e Instalações, v.235, p. 64-71, 2019.
- [12] IEEE STANDARDS ASSOCIATION. Disponível em: <https://standards.ieee.org/ieee/1901/7598/> . Acesso em 30 nov 2022.
- [13] AVILA, F. R. D; PEREIRA, Carlos Eduardo. TECNOLOGIA PLC - A NOVA ERA DA COMUNICAÇÃO DE DADOS EM BANDA LARGA. TIC, Porto Alegre, jul./2007. Disponível em: https://www.senairs.org.br/sites/default/files/documents/tecnologia_plc_-_a_nova_era_da_comunicacao_de_dados_em_banda_larga.pdf . Acesso em: 19 nov. 2022.
- [14] TECHTUDO. Como um Wi-Fi funciona? Entenda a tecnologia. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/noticias/2015/02/como-um-wi-fi-funciona-entenda-tecnologia.ghtml> . Acesso em: 4 out. 2022.
- [15] BLOG COMPUTER. As Vantagens e Desvantagens de Wi-Fi. Disponível em: <http://ptcomputador.com/Networking/wireless-networking/82097.html> . Acesso em: 4 out. 2022
- [16] EUNERD. **Wi-Fi 5: características da tecnologia atual e diferenças para a nova versão.** Disponível em: <https://encontreunerd.com.br/blog/wifi-5> . Acesso em: 4 out. 2022.
- [17] JÚNIOR, Nilton Alves. Como funciona o Wi-Fi?. CIÊNCIA HOJE, Rio de Janeiro, v. 56, n. 336, mai./2022. Disponível em: <https://cienciahoje.org.br/artigo/como-funciona-o-wi-fi/>. Acesso em: 8 out. 2022.
- [18] BUSINESS TECH WEEKLY. Understanding Wireless Networking: A simple guide for business. Disponível em: <https://www.businesstechweekly.com/operational-efficiency/wireless-networks/wireless-networks/> . Acesso em: 18 nov. 2022.
- [19] INSTITUTO FEDERAL SANTA CATARINA. Redes Locais. Disponível em:

- <https://moodle.ifsc.edu.br/mod/book/view.php?id=312208&chapterid=52708> . Acesso em: 17 nov. 2022.
- [20] FOCUS CONSULTORIA & OUTSOURCING. WIRELESS FIDELITY – SABE O QUE É ISSO? Disponível em: <https://focusconsultoria.net/wireless-fidelity-sabe-o-que-e-isso/> . Acesso em: 18 nov. 2022.
- [21] EMBARCADOS. A evolução do protocolo Wi-Fi (IEEE 802.11). Disponível em: <https://embarcados.com.br/a-evolucao-do-protocolo-wi-fi-ieee-802-11/> . Acesso em: 26 nov. 2022.
- [22] FLICKENGER, Rob. Redes sem fio no Mundo em Desenvolvimento: Um guia prático para o planejamento e a construção de uma infra-estrutura de telecomunicações. 2. ed. Brasil: Hacker Friendly LLC, 2008. p. 1-397.
- [23] WEB PÓVOA. Entenda os principais padrões IEEE 802.11. Disponível em: <https://webpovoa.com/entenda-os-principais-padroes-ieee-802-11/> . Acesso em: 26 nov. 2022.
- [24] CISCO. Cisco Visual Networking Index: Forecast and Trends, 2017–2022. With Paper, Estados Unidos, p. 1-38, 2018. Disponível em: <https://cyrekdigital.com/uploads/content/files/white-paper-c11-741490.pdf> . Acesso em: 9 out. 2022.
- [25] MUNDO CONECTADO. Saiba tudo sobre o Wi-Fi 6 e entenda como ele vai mudar a conexão sem fio. Disponível em: <https://mundoconectado.com.br/artigos/v/9357/saiba-tudo-sobre-o-wi-fi-6-e-entenda-como-ele-vai-mudar-a-conexao-sem-fio-atualizado> . Acesso em: 11 out. 2022.
- [26] INFRA NEWS TELECOM. Conheça o novo padrão Wi-Fi 802.11 ax. Disponível em: <https://infranewstelecom.com.br/conheca-o-novo-padrao-wi-fi-802-11-ax/> . Acesso em: 26 nov. 2022.
- [27] TP-LINK. Conheça a 6th Geração do WiFi. Disponível em: <https://www.tp-link.com/br/wifi6/> . Acesso em: 18 nov. 2022.
- [28] CANALTECH. **Internet via satélite: como funciona a internet vinda do espaço?**. Disponível em: <https://canaltech.com.br/espaco/como-funciona-a-internet-via-satelite-210774/> . Acesso em: 1 out. 2022.
- [29] MELHOR ESCOLHA. Internet via Satélite I O que você precisa saber antes de contratar!. Disponível em: <https://melhorescolha.com/blog/internet-via-satelite/> . Acesso em: 5 out. 2022.
- [30] TUDOCELULAR.COM. Internet via satélite da Starlink é mais rápida e supera concorrentes, indica Speedtest. Disponível em: <https://www.tudocelular.com/tech/noticias/n177848/internet-via-satelite-starlink-supera-concorrentes.html> . Acesso em: 4 out. 2022.
- [31] VIASAT. Como a internet via satélite funciona. Disponível em: <https://news.viasat.com/pt-br/blog/como-a-internet-via-satelite-funciona> . Acesso em: 11 out. 2022.
- [32] RIGUES, Rafael. Saiba tudo sobre o projeto Starlink. Olhar Digital, abr./2021. Disponível em: <https://olhardigital.com.br/2021/04/07/ciencia-espaco/saiba-tudo-sobre-o-projeto-starlink/> . Acesso em: 18 nov. 2022.
- [33] NATIONAL GEOGRAPHIC. Satélites Starlink: o que são e como funcionam. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/espaco/2022/09/satelites-starlink-o-que-sao-e-como-funcionam> . Acesso em: 18 nov. 2022.
- [34] FERREIRA, Willian. Starlink é a internet via satélite mais rápida do Brasil, mostra levantamento: Estudo do Speedtest aponta que a internet do Elon Musk é superior a diversos concorrentes globais. Mundo Conectado, set./2022. Disponível em: <https://mundoconectado.com.br/noticias/v/28523/starlink-e-a-internet-via-satelite-mais-rapida-do-brasil-mostra-levantamento> . Acesso em: 18 nov. 2022.
- [35] OLHAR DIGITAL. Elon Musk revela detalhes técnicos da segunda geração de satélites Starlink. Disponível em: <https://olhardigital.com.br/2022/05/30/ciencia-espaco/elon-musk-revela-detalhes-tecnicos-da-segunda-geracao-de-satelites-starlink/> . Acesso em: 28 nov. 2022.
- [36] ALCTEL. Entenda o que é o cabeamento estruturado e sua importância. Disponível em: <https://www.alctel.com.br/entenda-o-que-e-cabeamento-estruturado-e-sua-importancia/> . Acesso em: 1 out. 2022.
- [37] ALOO TELECOM. Entenda como funciona o sistema de cabeamento estruturado. Disponível em: <https://blog.aloo.com.br/sistema-de-cabeamento-estruturado/#:~:text=Um%20sistema%20de%20cabeamento%20estruturado%20%C3%A9%20composto%20por%20cabos%2C%20conectores,uso%20de%20telefone%20e%20Internet> .. Acesso em: 1 out. 2022.
- [38] OMS ENGENHARIA. Projeto de cabeamento estruturado: tudo que você precisa saber para instalar a rede lógica certa em sua empresa! Disponível em: <https://omsengenharia.com.br/blog/cabeamento-estruturado-projetos/> . Acesso em: 1 out. 2022.
- [39] DOMINANDO REDES. **Rede sem fio ou cabeada: Como Escolher Corretamente a Melhor Opção.** Disponível em: <https://dominandoredes.com.br/rede-sem-fio-ou-cabeada/> . Acesso em: 8 nov. 2022.
- [40] WELIVESECURITY. Wi-Fi ou cabo de rede: qual é a conexão mais rápida e segura?. Disponível em: <https://www.welivesecurity.com.br/2018/04/05/wi-fi-ou-cabo-de-rede/> . Acesso em: 7 nov. 2022.
- [41] TECMUNDO. 1G, 2G, 3G, 4G e 5G: entenda a evolução da internet móvel. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/5g-no-brasil/217230-1g-2g-3g-4g-5g-entenda-evolucao-internet-movel.htm#:~:text=As%20redes%20m%C3%B3veis%20funcionam%20por,ligados%20a%20uma%20central%20telef%C3%B4nica> .. Acesso em: 4 out. 2022.
- [42] MUNDO EDUCAÇÃO. Rede 5G. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/informatica/rede-5g.htm> . Acesso em: 11 out. 2022.
- [43] VILELA, Pedro Rafael. Governo vai instalar 12 mil pontos de internet em escolas públicas: Meta é que conexões estejam disponíveis em quatro meses. Agência Brasil, Brasília, abr./2022. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/educacao/noticia/2022-04/governo-vai-instalar-12-mil-pontos-de-internet-em-escolas-publicas> . Acesso em: 10 nov. 2022.