



FACULDADE CATÓLICA DO TOCANTINS
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

GUSTAVO MELO CARDOSO

**PESQUISA E ANÁLISE DA TECNOLOGIA POWER LINE
COMMUNICATIONS - PLC**

PALMAS – TO

2018

PESQUISA E ANÁLISE DA TECNOLOGIA POWER LINE COMMUNICATIONS - PLC

Monografia apresentada no Curso de graduação de Engenharia Elétrica da Faculdade Católica do Tocantins, como requisito parcial para obtenção do diploma de Bacharel.

Orientador: Dr. Vailton Alves de Faria
Co orientador: Ms. Caio César Costa Martins

RESUMO

O propósito deste trabalho é estudar e demonstrar a tecnologia de transmissão de dados via rede de energia elétrica denominada Power Line Communications. Podendo assim minimizar as dificuldades existentes no processo de transmissão de dados, se constituindo como fonte mais barata para tal. O estudo aborda a tecnologia PLC para acesso indoor e outdoor, e seus princípios de funcionamento.

Palavras chave: Power Line Communication, Energia Elétrica, Tecnologia da Informação e Comunicação.

ABSTRACT

The purpose of this work is to study and demonstrate the data transmission technology via the electric power network called Power Line Communications. It can thus minimize the difficulties in the data transmission process, being the cheapest source for this. The study addresses PLC technology for indoor and outdoor access and its operating principles.

Keywords: Power Line Communications, Electric Power, Information Technology and Communication.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. TECNOLOGIA POWER LINE COMMUNICATION (PLC).....	8
2.1. BREVE HISTÓRICO E DEFINIÇÕES DE PLC.....	8
2.2. O FUNCIONAMENTO BÁSICO DO PLC.....	11
2.2.1. PLC INDOOR	13
2.2.2. PLC OUTDOOR.....	14
3. VIABILIDADE DO USO DA PLC NO BRASIL.....	15
4. CONCLUSÃO.....	19
5. REFERÊNCIAS.....	20

1. INTRODUÇÃO

A contemporaneidade é considerada como a era digital. Essa titulação é fruto da necessidade humana de conseguir otimizar o seu tempo, estar conectada e realizar tarefas complexas da melhor maneira possível. Para tal, criou-se uma gama de equipamentos e eletrodomésticos.

Com a globalização do mundo, a expansão da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) e o indiscutível crescimento no Brasil dos serviços de tecnologia que usam a internet como meio de comunicação, trabalho e lazer, surge cada vez mais a necessidade de melhorar a infraestrutura de rede e levar acesso as localidades (PILARSKI, 2015).

Fato é que, mesmo com tanta evolução, ainda vivemos em um emaranhado de fios, seja nas ruas com os fios de energia elétrica e telefone, seja dentro de casa com o cabo da TV, os aparelhos elétricos e outros. Mesmo havendo muitas coisas que funcionam sem fio (*wireless*), nem tudo funciona sem falhas. Nesta perspectiva, surge a Power Line Communication. Consoante, se a opção wireless fosse perfeita, já não se utilizaria os fios como prioridade, o que ocorre como via de regra (SONEGO et al., 2017).

Embora não seja uma tecnologia recente, com registros já no século XIX (FACCIONI et al., 2008), assim como em outros tipos de tecnologia, a tecnologia Power Line Communication – PLC não é grandemente difundida e nem conhecida, mas pode tornar-se uma ferramenta importante na inclusão de pessoas no mundo digital, além de outras possibilidades.

Zattar e Freitas (2015), expressa que a PLC é uma tecnologia com baixo custo, porém com alta velocidade, fato que se deve a utilização da própria rede elétrica para o seu funcionamento. É válido ainda destacar que a crescente demanda pelos serviços de telecomunicação acaba por sobrecarregar o acesso à internet, sem contar na dificuldade de acesso à rede em determinadas regiões.

Neste sentido, a PLC é uma alternativa, viável e em conta, que pode ser utilizada para reduzir a quantidade de fios e melhorar a transmissão de dados. Todavia, o objetivo deste estudo é demonstrar como o uso da Power Line Communication, a tecnologia que emprega a comunicação de dados que utiliza a rede elétrica, pode minimizar as dificuldades existentes no processo de transmissão de dados, se constituindo como fonte mais barata para tal.

Contudo, os estudos nessa área ainda são singelos no Brasil, boa parte dos materiais ainda são estrangeiros. Assim, o presente trabalho busca por meio da pesquisa de revisão bibliográfica com autores que dissertam e pesquisaram sobre o assunto, dispostos no meio eletrônico em sites como o Google acadêmico, a Scielo, sites das companhias de energia elétrica e outros pertinentes, demonstrar as características técnicas da tecnologia PLC, suas técnicas de implantação, o funcionamento básico e as vantagens e desvantagens de sua aplicação.

Para tanto, este estudo se divide em caracterizar a tecnologia PLC – em suas facetas *indoor* e *outdoor* – e a posteriori elencar alguns estudos práticos nesse viés, desmontando a viabilidade de seu uso, bem como as vantagens e desvantagens.

2. TECNOLOGIA POWER LINE COMMUNICATION (PLC)

Diferentemente da geração que viveu no final do século XIX ou até mesmo no século XX, a população atual possui necessidades distintas e o modo de vida é completamente diferente. A crescente demanda por meios de comunicação mais rápidos e eficazes fez com que a TIC se desenvolvesse ainda mais e que cada vez mais estudos voltados para a área como um todo se desenvolvessem. Todavia, muitos meios de comunicação e transmissão de dados ainda são caros e pouco viáveis de implantar. É necessário buscar meios que sejam acessíveis a população em geral.

Nesse sentido, de acordo com Picorone e Ribeiro (2014) a tecnologia Power Line Communication (PLC), também chamada de transmissão de dados através das redes de energia elétrica é uma solução real para os problemas de provimento de uma infraestrutura de telecomunicações para aplicações atuais e futuras, basta que seja explorada em potencial, além disso, é tida como tecnologia de comunicação verde, saudável e sustentável

Consequente, os autores dissertam que no caso de países emergentes como o Brasil, que “carecem de infraestrutura de telecomunicações ampla e diversificada de tecnologias de comunicações para atender às suas demandas, as quais são diferentes daquelas observadas em países desenvolvidos” (PICORONE; RIBEIRO, 2014, p. 1-2), a PLC é uma alternativa válida e possível de se implantar, visto que a maioria dos domicílios conta com fornecimento de energia elétrica no país.

2.1 Breve histórico e definições de PLC

A tecnologia Power Line Communication, não é algo tão recente, embora não tão difundida e com estudo moderados que vem se alargando a respeito. Todavia, é necessário compreender o que essa tecnologia representa. A mesma poder ser definida, de modo geral, como a “aplicação de fios de energia como duto responsável pela condução de sinais” (ANATEL, 2003).

Consoante, Pereira (2014) afirma que Power Line Communication é na verdade apenas um termo genérico utilizado para designar qualquer tecnologia que usa a rede de energia elétrica como um canal de comunicação. Em outras linhas, PLC é um método ou ferramenta em específico, mas as possibilidades de transmissão de dados com qualidade e velocidade.

É possível ainda definir PLC como:

Uma tecnologia de transmissão de dados que utiliza a infraestrutura já existente de transmissão de energia elétrica como canal de transmissão de dados, com a finalidade de reduzir os custos associados a implantação de nova tecnologia de telecomunicação. (SOUZA et al., 2009, p.1).

Ademais, a tecnologia Power Line Communication é empregada na transmissão de dados/sinais ou ainda que possibilite a comunicação. A mesma é alvo de pesquisas que visam diminuir os custos dos processos de transmissão de informações bem como melhorar a distribuição da mesma, de modo que não seja necessário o uso de fios.

Deste modo, Sonogo, Riveros e Wonzosk (2017), o conceito da tecnologia PLC está diretamente relacionado a uma tecnologia que permite o uso das redes elétricas para transmissão de dados, tais como serviços de voz ou banda larga. Outrossim, viabiliza a diminuição do uso de fios, visto que é perfil da sociedade atual o uso de vários eletrodomésticos e cada um possui uma fiação.

Por fim, em termos de substituição da fiação, Assunção Junior (2010 p. 15) disserta que “a tecnologia PLC consiste na aplicação dos fios da rede elétrica como meio físico para o transporte de dados. A tecnologia pode substituir os cabos UTP utilizados nos enlaces das redes de dados”.

O uso desta tecnologia não é algo recente. Segundo Faccioni, Trichez e Macedo (2008, p. 55), há relatos do uso da tecnologia PLC “desde 1838, com a primeira patente sendo registrada em 1897” e após de 1913 a tecnologia tornou-se comercial, entretanto, esclarecem que não da forma como se conhece hoje.

Consoante, Pereira e Betiol (2018, p. 4) complementam que foi o inglês Edward Davy em 1838, ao propor uma “forma de aferir remotamente níveis de tensão de baterias do sistema de telégrafo entre as cidades de Londres e Liverpool, sendo essa técnica patenteada em 1897, e registrada como a primeira patente de sinalização via rede elétrica na Grã-Bretanha”.

Em seus estudos, Pereira (2014. p. 2) consolida as informações acerca do histórico da PLC na seguinte linha do tempo, no intervalo entre 1920 – data registro reconhecido pela maioria dos autores como início do uso da tecnologia – e o ano de 2010:

- 1920: Na Europa, o primeiro sistema transmitindo com uma portadora, começa a operar em uma linha de alta tensão;
- 1950: Frequência de 10 Hz utilizada para comunicação de via única, para gerenciar iluminação de uma cidade;
- 1970: Padrão PLC X10 desenvolvido pela “Pico Electronics” para permitir o controle remoto de dispositivos residenciais e outras aplicações;
- 1980: Tecnologias como a INSTEON (X10 + RF technology) desenvolvidas para superar limitações do padrão X10 e penetrar em redes de banda larga;
- 1990: Tecnologia PLC utilizando modulação FSK se torna popular, propiciando baixa taxa de transferência (2,4 Kbps), e comunicação bidirecional para comando e aplicações de controle;
- 2000: Padrão HomePlug promove PLC de alta velocidade (14 Mbps a 200Mbps) para aplicações de multimídia e já utilizando modulação OFDM;
- 2010: Lançado o padrão G3-PLC com baixa frequência (abaixo de 500 KHz) e modulação OFDM, proporcionando alta confiabilidade, alta velocidade, segurança e comunicação bidirecional, desenvolvido especificamente para o “Smart Grid”.

Neste sentido, Faccioni, Trichez e Macedo (2008) complementam explicam que inicialmente a PLC era chamada de Power Line Carrie, bastante usada em concessionárias de energia, porém de baixa velocidade, com 9,6Kbps, operando na faixa de frequência de 30 a 400 KHz. Posteriormente, com a aplicação de novas pesquisa, na década de 80, operavam em até 144Kbps, e com frequências de até 500 KHz e na década de 90 atingiu a 10Mbps.

No início do século XX chega aos 45Mbps, e em 2008 atinge até 224Mbps. Ademais, os pioneiros em realizar pesquisas voltadas para transmissão de dados via energia elétrica, utilizando as características da rede para esse fim foram a Europa e os Estados Unidos (PEREIRA; BERTIOL, 2018).

Um marco para essa tecnologia foi a Resolução Normativa ANEEL n. 375, de 25 de agosto de 2009, publicada no Diário Oficial de 28 de ago. de 2009, seção 1, p. 110 que reconhecia e regulamentou o sistema de telecomunicações que utiliza a rede elétrica como meio de transporte para a comunicação digital ou analógica de sinais, tais como: internet, vídeo, voz, entre outros, incluindo Broadband over Power Line - BPL.

A resolução pode normatizar o funcionamento da tecnologia PLC, pois contou com as definições de quem poderia prestar e distribuir esses serviços, conforme lê-se abaixo no art. 2º:

I - Power Line Communications – PLC: sistema de telecomunicações que utiliza a rede elétrica como meio de transporte para a comunicação digital ou analógica de sinais, tais como: internet, vídeo, voz, entre outros, incluindo Broadband over Power Line – BPL.

II – Prestador de Serviço de PLC: toda pessoa jurídica detentora de autorização nos termos da regulamentação da Agência Nacional de Telecomunicações – Anatel para a exploração comercial de serviço de telecomunicações utilizando a tecnologia PLC.

III – Distribuidora: Agente titular de concessão ou permissão federal para prestar o serviço público de distribuição de energia elétrica. (ANEEL, 2009).

Conforme pode ser observado, toda e qualquer pessoa jurídica pode aplicar a tecnologia, porém, desde que esteja apta através de autorização fornecida pela Agência Nacional de Telecomunicações – ANATEL, além do que a distribuição deve ser realizada apenas com a concessão ou permissão federal, visto que se utiliza da rede de energia elétrica.

2.2 O Funcionamento básico do PLC

Até então foi discutido que a tecnologia Power Line Communication funcionada por meio da rede elétrica, mais afundo, essa tecnológica pode funcionar tanto internamente (*indoor*), com as instalações do prédio, como externamente (*outdoor*), com a rede pública.

A ANATEL dispõe na resolução 527/2009, publicada aos 13 dias de abril de 2009 no Diário Oficial da União, quais os parâmetros para instalação, comercialização e utilização dos serviços PLC ou Sistema de Banda Larga por meios de redes de energia elétrica. Para mais, tal resolução faz a aprovação do regulamento sobre as condições de uso de radiofrequências. Deste modo, estabelece que:

Art. 2º A comunicação a ser estabelecida pelo sistema BPL, confinada nas redes de energia elétrica, somente poderá ocorrer na faixa de radiofrequências de 1,705 MHz a 50 MHz.

Art. 3º Os equipamentos que compõem o sistema BPL serão tratados como equipamentos de radiocomunicação de radiação restrita e operam em caráter secundário. (ANATEL, 2009).

Silva e Santos Júnior (2010) esclarecem que nesta frequência a rede de transmissão não causaria danos e nem interferências na rede elétrica, assim é possível a coexistência correta e a separação entre os 2 sistemas. Além do que “os dois sinais podem conviver harmoniosamente, no mesmo meio. Com isso, mesmo se a energia elétrica não estiver passando no fio naquele momento, o sinal da Internet não será interrompido” (2010, p. 6).

Nesse cenário, a resolução 527/2009 expressa os limites da interferência indesejada na tabela 1:

Tabela 1: Limites de radiações indesejadas causadas por sistemas PLC na Rede de Baixa Tensão

Faixa de Frequência (MHz)	Intensidade de Campo (microvolt por metro)	Distância da Medida (metro)
1,705 - 30	30	30
30 - 50	100	3

Fonte: Silva e Santos Júnior (2010)

Assim, quanto ao funcionamento, Sonego, Riveros e Wonzosk expressam que ocorre:

Através de um adaptador conectado em sua tomada você transforma todo o sistema elétrico da sua casa em uma rede. Assim, cada tomada é um ponto de acesso. Quando se fala em utilizar a rede elétrica para algo que não seja abastecer eletrônicos, já pensamos que pode dar errado e queimar os aparelhos. O fato é que a energia elétrica funciona na frequência entre 50 e 60 Hz, enquanto a conexão PLC usa de 1 a 30 MHz. Dessa maneira, um sinal supostamente não deve causar interferências ao outro. (2017, p. 5).

No tocante a frequência, Pinheiro, Coelho e Corrêa (2014) discorrem que a tecnologia PLC se subdivide em duas: transmissão em banda estreita (NPLC - narrowband power line communication) e em banda larga (BPLC - broadband power line communication). Os autores esclarecem ainda que a mesma pode ser dividida ainda quanto aos níveis de tensão sendo: de baixa tensão (LVPLC - low voltage power line communication) e média tensão (MVPLC - medium voltage power line communication).

Pereira et al. (2010), em termos de sinais de alta frequências, estes não conseguem romper as barreiras dos transformadores e nem os bancos de capacitores. Nesse segmento, é necessário o uso de dispositivos externos que tratem os sinais de dados e voz na baixa tensão. A partir daí serão entregues nas residências, condomínios e empresas atuando deste modo como última milha.

Consoante, Zattar e Fontes (2015) explicam que funcionamento da PLC se dá com instalação de um equipamento em ponto próximo ao transformador de energia elétrica, deste modo, o sinal passa pelos cabos da rede de energia elétrica, o que possibilita que todas as residências ligadas ao circuito possam receber o sinal. Para tanto, deve ser aplicado outro adaptador em qualquer tomada da residência, para que o sinal seja propagado aos aparelhos.

Em consonância com os autores supracitados, Pereira e Bertiol (2018), discorrem que para a instalação da tecnologia PLC utiliza-se equipamentos específicos, os sistemas que irão gerenciar o serviço e os softwares. Todavia, os autores citam com principais: adaptadores PLC, a estação base PLC, repetidores de sinais, filtros de bloqueio de ruídos e acopladores de fase.

Para que ocorra a ligação entre o adaptador PLC e o computador, pode se usar um cabo UTP categoria 5, cabo USB ou cabo coaxial. Assim, “todas as funções da camada física, incluindo modulação e codificação podem ser implementadas como o adaptador PLC” (ZATTAR; FONTES, 2015, p. 4). Convém esclarecer que a modulação consiste na transformação de um sinal em uma forma mais adequada para a transmissão.

Todavia, posteriormente, teremos a camada de enlace, que tem por finalidade detectar e opcionalmente corrigir os erros que possam ter sido gerados na camada anterior. A mesma possui subcamadas de controle de acesso e controle ao meio. Deste modo, há ainda o filtro PLC, que faz o bloqueio dos ruídos na rede, atuando “na faixa de frequência de 100 KHz – 100 MHz, com nível de atenuação de ruído acima de 50 dB” (ZATTAR; FONTES, 2015, p. 4). Adiante, diferencia-se o funcionamento da tecnologia *indoor* e *outdoor*.

2.2.1 PLC *indoor*

A tecnologia PLC, também conhecida como Power Line *Indoor* Communications (PLIC), pode ser transmitida dentro das residências, nesse sentido, Machado (2013), a condução que utiliza a rede elétrica interna é conhecida como *indoor*, ou seja, ocorre na parte interna do prédio ou apartamento.

Pereira et al. (2010) explicam o funcionamento da PLC *indoor*. Para os autores, dentro das residências se instala um equipamento switch, que terá a função de realizar a conversão do óptico em uma saída UTP. Deste modo, tal cabo é conectado a outro equipamento, o MASTER, que é instalado na Caixa de Distribuição, “que se acopla aos ramais de carga dos medidores, assim o sinal PLC fica disponível em toda a estrutura elétrica ligada ao circuito desse transformador fazendo com que qualquer tomada de energia se transforme num ponto da rede PLC” (PEREIRA et al., 2010, p. 13). Assim, na outra ponta do sistema, é conectado um modem a uma tomada, para que se receba o sinal a ser transmitido pelo MASTER. A função deste modem é decodificar os sinais elétricos em sinais de informação.

Por complemento, para Pilarski (2015), a delimitação *indoor* é compreendida como sendo o perímetro que vai desde o medidor de energia do usuário final até as tomadas presentes no interior do imóvel, onde será usado. Por isso, pode ser preciso instalar algum equipamento repetidor de sinal na entrada do medidor de energia

2.2.2 PLC *outdoor*

Power Line Outdoor Communication (PLOC) é referente à parte externa da tecnologia PLC, ou seja, onde a transmissão é conduzida usando a rede pública exterior. Com o uso da tecnologia *outdoor*, é possível ainda a conexão de aparelhos de som e vários outros eletroeletrônicos em rede (SILVA; SANTOS JUNIOR, 2010).

Segundo Pilarski (2015, p. 14) “a topologia Outdoor é constituída pela rede elétrica que vai desde o transformador de distribuição (baixa tensão) até o medidor de energia”. Esse tipo de tecnologia é composta pelo MASTER, (chamada também de Head-End). A função deste aparelho é recepcionar e transformar os dados recebidos pela óptica em sinal PLC. Neste sentido, realiza também a injeção deste sinal no barramento da rede de distribuição. Outrossim, as linhas de transmissão que são usadas nesta ocasião as de baixa e média tensão.

3. VIABILIDADE DO USO DA PLC NO BRASIL

Nesta sessão serão analisadas experiências em relação a Power Line Communication a fim de verificar a viabilidade de sua utilização, bem como será exposto as vantagens e desvantagens desta.

O Brasil participa do Projeto OPERA, om um Consórcio de 37 empresas de países interessados que se interessam em a promover e padronizara a tecnologia, sua participação é através da Associação de Empresas Proprietárias de Infraestrutura e Sistemas Privados de Telecomunicações – APTEL (FRANÇA et al., 2006).

França et al. (2006) explicam que no país, No Brasil, a iniciativa da tecnologia PLC se deu com a implantação do Projeto Ilha Digital de Barreirinhas em dezembro de 2004. O Projeto visava levar à população do município, permitindo assim o acesso em escolas, na prefeitura, postos de saúde e centro de artesanato. Dentre as diversas empresas envolvidas no projeto, citou-se as concessionárias ELETROPAULO, CELG, CEMAR e a fabricante de equipamentos EBA.

Contudo, o projeto obteve êxito e teve como vantagens citadas o seu curto período de implantação e execução, o que vai ao encontro com o objetivo em demonstrar sua viabilidade e facilidade da instalação e uso da PLC.

Outro estudo interessante realizado foram os estudos de Souza et al. (2009). O trabalho de pesquisa do conjunto de autores foi desenvolvido no âmbito do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica regulado pela ANEEL, constando inclusive nos Anais do V Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica (V CITENEL), e foi realizado em Belém/PA, no período de 22 a 24 de junho de 2009. A ideia central era averiguar as possibilidades da inclusão digital na Amazônia.

O desenvolver da pesquisa se dá com o uso de um protótipo PLC *indoor* na rede de energia elétrica da Eletronorte (ELN) ligando a à Universidade Federal do Pará (UFPA, em Belém. Assim, de acordo com Souza et al. (2009, p. 2) seria possível, com o protótipo, “estudar o comportamento de uma comunicação PLC, exposta às condições reais de uma cidade típica da Amazônia”. Assim os autores expressam que:

Adicionalmente, está em uso um protótipo PLC indoor, que procura reproduzir as condições de uma rede de acesso interna de um usuário. Para efetuar a análise de desempenho da tecnologia PLC, primeiramente foi realizado um

conjunto de aferições no protótipo indoor da UFPA, a partir do qual se obteve as características estatísticas da perda de pacotes na rede PLC. Esta informação de perda de pacotes foi utilizada para a elaboração de simulações de rede PLC, nas quais se constatou viabilidade do uso desta tecnologia para fins de inclusão digital. (2009, p. 2).

Contudo, os autores concluem seu estudo afirmando que a execução do protótipo comprovou que seria possível utilizar a tecnologia PLC, reforçando que há grande viabilidade, como forma de inclusão digital, visto que, com o experimento, os dados aferidos e apresentados, se constatou que a tecnologia PLC possui um grande potencial para prover acesso em regiões com pouca infraestrutura de telecomunicações devido à sua capilaridade e largura de banda.

Entretanto, os autores mencionam a perda de dados e os ruídos como fatores negativos, porém aceitáveis, na ocasião, frente aos resultados. Vale ressaltar que as resoluções que regulamentam o uso, instalação e distribuição da tecnologia foram instituídas apenas em 2009, ano de desenvolvimento do estudo. É sabido que posteriormente se investiu na redução dos ruídos e radiações eletromagnéticas vêm sendo discutidas em congressos e seminários sobre PLC (SONEGO et al., 2017).

Adiante, em 2010 a Companhia Paranaense de Energia – COPEL divulgou um relatório técnico feito a partir da análise prática da tecnologia PLC. Os testes foram realizados em 2009 na rede, porém em 2008 já havia se realizado testes no laboratório da empresa em Curitiba, no qual foi possível verificar as necessidades de correção em equipamentos e sistema, para posteriormente expandir para a cidade escolhida. De acordo com o relatório técnico apresentado, a concessionária de energia elétrica está presente em cerca de 98% dos municípios do estado do Paraná.

A COPEL seguiu todos os passos de legislações vigentes para a realização do estudo e dispôs todos os dados no relatório. A cidade em que se realizou o estudo foi na em Santo Antônio da Platina, no norte do estado do Paraná. Vários testes foram realizados antes da implantação, tais como teste de ruídos, Panasonic, teste de voz etc.

Após explicar todo o processo de execução do projeto, a COPEL (2010) conclui que, na cidade pesquisada a tecnologia funciona, sendo que cerca de 90% dos usuários se mostraram satisfeitos em relação à velocidade do serviço. Porém, a empresa cita que a cidade não conta com modelos modernos de conexão, o que dificulta o processo, além do mais, o processo na época foi caro, mas poderia ter sido mais em conta se utilizasse a fibra ótica. Aponta como grande vantagem a

consolidação da energia e telecomunicação e reconhece o uso da tecnologia como alternativa ao acesso de internet. Na ocasião, a empresa cita os equipamentos da época como um empecilho para desempenhar um papel melhor. Todavia, vale ressaltar que em 2001 a empresa já havia tentado o experimento, mas não obteve êxito, mas 8 anos depois, conseguiu enorme avanço.

Adiante, um trabalho recente, datado de 2016 estudou a viabilidade do uso da tecnologia PLC. Pesquisadores do Curso de Tecnologia em Redes de Computadores - Faculdade de Tecnologia de Bauru (FATEC), realizaram sua pesquisa voltado a utilização da tecnologia de comunicação de dados Power Line Communications para o uso das Redes Elétricas Inteligentes (Smart Grids).

De acordo com os autores, o trabalho se desenvolveu em duas etapas: revisão bibliográfica e a parte prática. Na segunda etapa “foram realizados os testes práticos utilizando uma rede local, onde foi criado um ambiente com os dispositivos PLC na rede local junto com a tecnologia Wi-Fi” (FERREIRA NETO et al., 2017, p. 8). Os autores reforçam que os testes foram realizados em diversos ambientes a exemplo do: Xirrus Wi-Fi Monitor, com a finalidade de medir a intensidade do sinal da rede; o SIMET, para aferir a taxa de transferência de downloads na rede; e o Lan Speed Test, para medir o envio de dados na rede local.

Os testes foram realizados em um Notebook e um Desktop e como a aplicação dos testes e análise dos resultados, concluiu-se que:

Através dos resultados obtidos, é possível concluir que a tecnologia PLC possui um maior alcance de sinal na rede Wi-Fi e mobilidade em relação à rede local Wi-Fi convencional. Os testes foram realizados com apenas um repetidor PLC, mas se o usuário desejar adquirir mais dispositivos PLC e distribuí-los pelo ambiente, irá aumentar a intensidade e o alcance de sinal. Observa-se que a rede local Wi-Fi supera o PLC em velocidade de download de acordo com os testes realizados pelo SIMET, porém na transferência de dados na rede, o PLC leva vantagem apenas perdendo em alguns quesitos com o Desktop distante do PLC. (FERREIRA NETO et al., 2017, p. 15).

Os pesquisadores verificaram que há viabilidade e possibilidades de implantar a tecnologia PLC no sentido dos benefícios em relação à rede de Wi-Fi comum e possuir custos acessíveis.

Frente aos estudos aqui apresentados vislumbra-se que a tecnologia Power Line Communication tanto *indoor* como *outdoor* são viáveis de aplicar. Posto isso, Ferreira Neto et al. (2016), Pereira e Betiol (2018) e Machado (2013) dissertam que o baixo custo, ou ainda, o custo compartilhado, é uma das vantagens de utilização da PLC, visto que utiliza a rede de energia elétrica não a interferindo. Outra vantagem é a velocidade alta e constante da transmissão dos dados.

Zattar e Fontes (2015. p. 2), corroboram citando que entre as vantagens pode se citar “a ampla infraestrutura elétrica disponível, a facilidade de transmissão ao longo de toda a malha de energia elétrica, a transmissão eficaz de dados, vídeo e voz simultaneamente e a grande mobilidade na conexão” que se encontram alcançáveis.

Sonego, Riveros e Wonzosk (2017) citam ainda como vantagem do uso da tecnologia a disponibilidade de tomadas, estando acessíveis para plugar o computador em qualquer cômodo. Outra vantagem é a possibilidade de inclusão digital, já que a maior parte do país conta com rede elétrica, seria mais viável a utilização da PLC como forma de levar o acesso à internet.

Entretanto, o uso da tecnologia é fonte de estudos constantes, a fim não apenas de conhecer e aplicar a PLC, mas também de melhorar os seus déficits. Nesse sentido, Pereira e Betiol (2018) afirmam que embora essa disponibilidade ou possibilidades de acesso por meio das tomadas de casa seja uma vantagem, pode se tornar uma desvantagem, pois está, portanto, mais suscetíveis a interferências.

Outrossim, Machado (2013) expressa que o fato de todas as tomadas se tornarem um ponto de acesso nessa tecnologia, ou seja, da conexão ser compartilhada, assim, se não houver uma divisão clara dos cômodos, a conexão pode cair drasticamente. E “a maior desvantagem da tecnologia é o fato de a conexão PLC ser prejudicada por filtros de linha, estabilizadores e no-breaks” (MACHADO, 2013, p. 5).

Para Pilarski (2015), as desvantagens do uso da PLC estão na falta de padrão em relação aos equipamentos, o que acaba fazendo com que cada pesquisador crie seu padrão. Além do mais, a qualidade da rede elétrica, principalmente interna, visto que instalações de má qualidade comprometem o uso desta. E a segurança, posto que há um compartilhamento e acesso fácil a rede, isso põe em dúvida as questões de segurança.

Entretanto, é um setor que tem mercado, está em fase de crescimento e precisa ser mais estudado e testado para chegar a resultados satisfatórios, que comprovem a sua viabilidade com a maior precisão possível.

4. CONCLUSÃO

O presente estudo buscou, por meio da revisão bibliográfica com autores que dissertam e pesquisaram sobre o assunto, discutir sobre a viabilidade do uso da tecnologia PLC como ferramenta capaz de transmitir dados em rede de energia. Todavia, no decorrer do desenvolvimento da pesquisa, observou-se que a tecnologia Power Line Communication possui viabilidade para este fim.

Nesse segmento, o uso da tecnologia ainda não é tão difusa e percebe-se que ainda há alguns pontos a se resolver antes de expandir o uso desta, como por exemplo a falta de padrão, os ruídos e a insegurança. Porém, a área da Tecnologia da Informação e Comunicação pode, futuramente, fornecer os subsídios para a resolução destes.

Ademais, denota-se que a PLC é viável em virtude da sua fácil instalação, baixos custos de manutenção e implantação, uma vez que compartilha a rede de energia elétrica. Assim é uma possibilidade para a diminuir fios e cabos, além de ser expectativa de expansão ao acesso à internet, visto que pode alcançar comunidades remotas que as redes comuns não conseguem no momento. Outrossim, o Brasil sendo um país subdesenvolvido, o uso da tecnologia poderá alavancar o seu desenvolvimento.

Contudo, buscou-se neste estudo refletir sobre o uso da PLC. Para trabalhos futuros, sugere-se que sejam abordados estudos práticos que possam comprovar quantitativamente e qualitativamente o seu uso, bem como pesquisas que visem amenizar as desvantagens de sua utilização.

5. REFERÊNCIAS

- [1]. ANEEL, (Agência Nacional de Energia Elétrica). Regulamenta a utilização das instalações de distribuição de energia elétrica como meio de transporte para a comunicação digital ou analógica de sinais, Resolução Normativa no 375, 25 de agosto de 2009.
- [2]. ANATEL, (Agência Nacional de Telecomunicações. Resolução nº. 527, 8 de abril de 2009.
- [3]. ASSUNÇÃO JÚNIOR, Alfenio Rodrigues de. **CIONAMENTO DE DISPOSITIVO UTILIZANDO TECNOLOGIA PLC X-10 (POWER LINE COMMUNICATIONS) EM AMBIENTE INDOOR**. 2010. 63 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Computação, Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas, Brasília- Df, 2010.
- [4]. COPEL, Companhia Paranaense de Energia. Relatório Técnico da Avaliação da Tecnologia Powerline Communications (PLC), Curitiba, mar. 2010. Disponível em: <https://www.academia.edu/7868667/PLC_-_Relat%C3%B3rio_Copel>. Acesso em: 20 de nov. 2018.
- FACCIONE, André Umberto; TRICHEZ, Lucas Marcon; MACEDO, Ronaldo Lopes. **Análise sobre a tecnologia PLC. E-Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial**. Florianópolis, v. 1, n. 2, p. 54-74, jul./dez. 2008.
- [5]. FRANÇA, André Morelato et al. **A Tecnologia PLC: Oportunidade para os setores de Telecomunicações e Energia**. TELECO, 2006. Disponível em: <[Elétrica.www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialkbns/default.asp](http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialkbns/default.asp)> acesso em 21 de nov. 2018.
- [6]. FERREIRA NETO, Antônio et al. **Teste comparativo de uma rede local com Wi-Fi e a tecnologia Power Line Communication**. Caderno de Estudos, 2017.
- [7]. MACHADO, M. R. V. **Power line communication: A rede na tomada**. Instituto Federal De Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - IFRS CÂMPUS Porto Alegre, 2013. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~mittmann/ELETRICIDADE_APLICADATRABALHO-PLC.pdf>. Acesso em: 20 de nov. 2018.
- [8]. PEREIRA, Alexandre Cesar Pereira et al. **A Viabilidade da Tecnologia PLC como Alternativa para o PNBL**. TELECO, 2010. Disponível em: <www.teleco.com.br/pdfs/tutorialplcalt1.pdf> acesso em 19 de nov. 2018.
- [9]. PEREIRA, Henrique Reginaldo; BETIOL, Anderson Duarte. **TRANSMISSÃO DE DADOS VIA REDE ELÉTRICA**. 2018. Disponível em: <https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/14_ago_plc.pdf> acesso em 19 de nov. 2018.
- [10]. PEREIRA, Samuel C. **Estudo sobre a transmissão de dados via rede de energia elétrica em ambiente industrial através do padrão G3-PLC**. Dissertação [11]. (Mestrado) — Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), 2014.
- [12]. PICORONE, Antonio Angelo Missiaggia; RIBEIRO, Moises V.. Sistema PLC Brasileiro para Aplicações de Telecomunicações e Smart Grids em Redes de Baixa Tensão. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 21., 2014, Santos - Sp. **SENDI 2014**. Sao Paulo: Cemig, 2014. p. 1 - 12. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/272024082_Sistema_PLC_Brasileiro_par

a_Aplicacoes_de_Telecomunicacoes_e_Smart_Grids_em_Redes_de_Baixa_Tensa
o>. Acesso em: 20 nov. 2018.

[13]. PILARSKI, A. L. **Pesquisa e análise da tecnologia Power Line Communications**. 2015. 30 f. Monografia (Especialização em Gerenciamento de Redes) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

[14]. PINHEIRO, A. P.; COELHO, J. C.; CORRÊA, F. A. C. Transmissão de dados usando a rede elétrica no contexto de redes smart grids e micro-redes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AUTOMÁTICA, 20., Belo Horizonte, MG, 2014. **Anais...** Belo Horizonte, MG, 2014. Disponível em: <
<http://www.swge.inf.br/cba2014/anais/PDF/1569935743.pdf>>. Acesso em: 15 de nov. 2018.

[15]. SILVA, Elisângela dos Santos; SANTOS JUNIOR, Josafá Alves dos. **Redes PLC I: Alternativa para Acesso Banda Larga**. TELECO. Inteligência em Tecnologia, 2010. Disponível em:
<http://www.teleco.com.br/tutoriais/pdf2011/tutorialredesplc1.pdf>> Acessado em: 18 de nov. 2018.

[16]. SONEGO, A.; RIVEROS, L. J. M.; WONZOSKI, F. O. Estudo sobre comunicação de dados via rede elétrica – PLC. **Anuário pesquisa e extensão Unoesc**, Videira, v.2, p. e15226- e15239, 2017. Disponível em: <
<https://editora.unoesc.edu.br/index.php/apeuv/article/download/15226/7809>>. Acesso em: 20 mar. 2018.

[17]. SOUZA, J. A. M. de et al. Um estudo de viabilidade no uso de tecnologia Power Line Communication para inclusão digital na Amazônia. In: CONGRESSO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA EM ENERGIA ELÉTRICA, V., 2009, Belém. **V CITENEL**. Belém: Ufpa, 2009. p. 1 - 8. Disponível em:
<<http://www.cgti.org.br/publicacoes/wp-content/uploads/2016/03/Um-estudo-de-viabilidade-no-uso-de-tecnologia-Power-Line-Communication-para-inclus%C3%A3o-digital-na-Amaz%C3%B4nia.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

[18]. ZATTAR, Haroldo; FONTES, Jusiel. PLC – Qualidade da energia elétrica. **Portal o Setor elétrico, PLC – Qualidade da energia elétrica, São Paulo**, Edição 108, p. 1-14, jan. 2015. Disponível em: 15 < <https://www.osetoreletrico.com.br/plc-qualidade-da-energia-eletrica/>>. Acesso em: 20 fev. 2018.