

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ – UTFPR  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE  
SISTEMAS

EDUARDA FURLAN

**ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA PARA INSERÇÃO DA REDE PLC EM  
COMPARATIVO A REDE WI-FI**

TRABALHO DE DIPLOMAÇÃO

MEDIANEIRA

2016

EDUARDA FURLAN

**ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA PARA INSERÇÃO DA REDE PLC EM  
COMPARATIVO A REDE WI-FI**

Trabalho de Diplomação apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas – COADS – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: Prof. Dr. Neylor Michel

MEDIANEIRA

2016

## RESUMO

FURLAN, Eduarda. **ESTUDO DA VIABILIDADE TECNICA PARA INSERÇÃO DA REDE PLC EM COMPARATIVO A REDE WI-FI** 2016. 63 f. Trabalho de Diplomação (Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2016.

O presente trabalho tem como escopo apresentar os conceitos fundamentais acerca da tecnologia de transmissão de dados que utiliza a rede elétrica como meio de transporte, mais comumente conhecida como Power Line Communication (PLC). Primeiramente, é focado o viés econômico por trás do uso dessa tecnologia, qual seja a redução de custos, para em seguida ser abordado uma breve evolução histórica do tema, suas possíveis aplicações, vantagens e desvantagens. Por fim, o estudo busca demonstrar sua atual viabilidade de funcionamento comparado a uma solução Wi-Fi.

**Palavras-chaves:** Transmissão de Dados, Rede Elétrica, Energia Elétrica.

## ABSTRACT

**FURLAN, Eduarda. FEASIBILITY STUDY TECHNIQUE FOR NETWORK INTEGRATION PLC IN COMPARATIVE WI-FI NETWORK 2016. 63 f. Working graduation (Course of Technology Analysis and Systems Development). Federal Technological University of Paraná. Medianeira 2016.**

*This work has the objective to present the fundamental concepts about data transmission technology that uses the grid as a means of transport, more commonly known as Power Line Communication (PLC). First, it focuses on economic bias behind the use of this technology, which is to reduce costs, to then be addressed the historical evolution of the topic, its possible applications, advantages and disadvantages. Finally, the study seeks to show its current operational viability compared to Wi-Fi solution.*

*Keywords: Data Transmission, Electric Network, Electric Power.*

## LISTA DE SIGLAS

ADSL	<i>Assymetrical Digital Subscriber Line</i>
Anatel	Agência Nacional de Telecomunicações
CSMA/CA	<i>Carrier Sense Multiple Access with / Collision Avoidance</i>
DES	<i>Data Encryption Standart</i>
DHCP	<i>Dynamic Host Configuration Protocol</i>
DLC	<i>Digital Line Communication</i>
DNS	<i>Domain Name System</i>
DSSS	<i>Direct Sequence Spread Spectrum</i>
GMSK	<i>Gaussian Minimum Shift Keying</i>
HDLC	<i>High-level Data Link Control</i>
HE	<i>Head End</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
LAN	<i>Local Area Network</i>
MAC	<i>Medium Access Control</i>
NAT	<i>Network Address Translation</i>
OFDM	<i>Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i>
PLC	<i>Power Line Communication</i>
PPP	<i>Point to Point Protocol</i>
SCM	Serviços de Comunicação Multimídia Locais
SDH	<i>Synchronous Digital Hierarchy</i>

SNMP	<i>Simple Network Management Protocol</i>
SSID	<i>Service Set IDentifier</i>
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
UTC	<i>United Telecom Council</i>
VCS	<i>Virtual Carrier Sense</i>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Espectro de Frequência GMSK, OFDM e Spread Spectrum .....	25
Figura 2 - Modem PLC .....	32
Figura 3 - Espectro de frequência PLC .....	33
Figura 4 - Foto planta baixa ajustada .....	43
Figura 5 - Planta da casa com os 4 pontos e AP .....	44
Figura 6 - Alimentação do equipamento PLC através do sinal gerado pelo Modem ADSL .....	45
Figura 7- Ilustração da intensidade do sinal .....	47
Figura 8- Intensidade do sinal no Ponto1 .....	48
Figura 9 – Netbook no P1 e status da conexão local em 100 Mbps.....	48
Figura 10- Intensidade do sinal no Ponto 2 .....	49
Figura 11 - Netbook no P2 e status da conexão local em 100 Mbps .....	49
Figura 12 - Intensidade do sinal no Ponto 3 .....	50
Figura 13 - Netbook no P3 e status da conexão local em 100 Mbps .....	50
Figura 14 - Intensidade do sinal no Ponto 4 .....	51
Figura 15 - Netbook no P4 e status da conexão local em 100 Mbps .....	51
Figura 16 - Planta elétrica da casa .....	54

## LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Dados de SSID, Mac address, canal e força do sinal .....	52
Tabela 2 - Tempo de transmissão da média em milissegundos.....	53
Tabela 3- Tempo de transmissão X intensidade de sinal Wi-Fi Fonte: .....	53
Tabela 4 - Tempo de transmissão x Distância .....	55
Tabela 5 - Tempo de transmissão Wi-Fi x Tempo de transmissão PLC x tempo de transmissão com equipamentos ligados e rede elétrica .....	56



## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	13
1.1 OBJETIVOS .....	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1 ARQUITETURA DO SISTEMA PLC.....	16
2.2 ESTRUTURA E ELEMENTOS DA REDE DE ACESSO PLC .....	18
2.3 MÉTODOS E UNIDADE DE ACOPLAMENTO DE SINAIS PLC .....	19
2.3.1 ACOPLAMENTO CAPACITIVO .....	20
2.3.2 ACOPLAMENTO INDUTIVO.....	20
2.4 TECNOLOGIA PLC E AS TELECOMUNICAÇÕES .....	20
2.5 FUNDAMENTOS DA TECNOLOGIA PLC .....	22
2.5.1 FAIXAS DE FREQUÊNCIA E TÉCNICAS DE MODULAÇÃO PARA OS SISTEMAS PLC .....	22
2.6 TOPOLOGIA DA REDE PLC .....	25
2.7 PROTOCOLOS E CARACTERÍSTICAS DO CANAL DE TRANSMISSÃO .....	28
2.8 ADMINISTRAÇÃO DA REDE PLC .....	30
2.9 MEIOS DE TRANSMISSÃO .....	30
2.10 MODEM PLC .....	32
2.11 ESPECTRO DE FREQUÊNCIA UTILIZADO PELO PLC .....	33
2.12 HISTÓRICO.....	33
2.13 PLC NO BRASIL .....	34
2.14 CARACTERÍSTICAS QUE IMPULSIONAM A IMPLANTAÇÃO DO PLC ...	36
2.15 TIPOS DE PLC .....	36
2.16 REDE ELÉTRICA NO PLC .....	37
2.17 PRINCIPAIS PROBLEMAS DA REDE ELÉTRICA.....	37
2.18 PLC E A INCLUSÃO SOCIAL .....	38

2.19	PROBLEMAS ENFRENTADOS PELO PLC.....	38
2.20	SEGURANÇA NO SISTEMA PLC .....	39
2.21	PROJETOS DAS CONCESSIONÁRIAS PARA O PLC NO BRASIL .....	40
2.22	OBSTÁCULOS ENFRENTADOS PELA PLC .....	40
2.23	VANTAGENS DA TECNOLOGIA PLC.....	41
2.24	DESVANTAGENS DA TECNOLOGIA PLC .....	42
3.	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	43
4.	MATERIAL E MÉTODOS .....	46
4.1	MATERIAL.....	46
4.2	METODOLOGIA .....	46
5.	CONCLUSÃO .....	57
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	59

## 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, com a revolução tecno-científica, os sistemas de telecomunicações vêm sofrendo um crescente desenvolvimento com uma demanda cada vez mais tecnológica e acessível. Do século XIX ao século XXI as telecomunicações vêm revolucionando a vida das pessoas, colocando-as cada vez mais perto uma das outras. Se no princípio foi de forma tímida, agora as mudanças são profundas e rápidas impulsionando a economia do Planeta e influenciando no modo de vida das pessoas.

Atualmente o principal meio de comunicação mundial é a Internet, sendo considerada a mais importante ferramenta de acesso e disseminação à informação, seja para trabalho, entretenimento, comunicação, difusão cultural, entre outros.

Com sua popularização, nas últimas décadas, a demanda e necessidade de redes que possam oferecer e suportar os serviços de telecomunicações em altas velocidades e com qualidade só tende a crescer.

Para suprir essa exigência do mercado, existe a necessidade do desenvolvimento de novas redes e tecnologias de comunicações acessíveis, uma vez que do ponto de vista econômico, a expectativa é de grandes receitas para o setor. Porém um dos grandes empecilhos existente para a ampla disseminação do acesso à Internet no Brasil é, sem dúvida, a falta de um meio de transmissão de dados de baixo custo que possa atingir de forma global todas as residências.

*Power Line Communicantio (PLC)* é um sistema que permite a transmissão de sinais de telecomunicações através dos mesmos condutores usados na rede elétrica, apresenta-se como mais um meio de acesso à transmissão de sinais de dados, voz e imagem que, juntos, poderão ser transmitidos e recebidos em alta velocidade e com larga faixa de segurança e confiabilidade. Esta convergência de serviços é um dos grandes trunfos da tecnologia PLC, que acompanhando a tendência mercadológica oferece uma larga gama de serviços ao cliente em um único meio de transmissão de dados.

Segundo (2002 apud MORAES; SILVA 2009): A *Power Line Communication* (PLC) é a que utiliza os cabos da rede elétrica para transmissão de sinais de controle, de monitoramento de estado ou de emergência, usando sistemas ponto-a-ponto dentro de uma área sem o custo e a inconveniência de adicionar um cabeamento dedicado.

De acordo com (SANTOS, 2009), a tecnologia PLC é uma tecnologia que utiliza a rede elétrica para transmitir dados com uma grande largura de banda, porém alguns pesquisadores usam a denominação DLC (Digital Line Communication) que seria o PLC direcionado a redes menores. O PLC tem como definição básica a transmissão de quaisquer tipos de dados utilizando a rede elétrica disponível, sem a necessidade de haver um cabeamento específico para a transmissão desses dados.

Com o PLC a tendência é a redução de custos e melhoria da qualidade do serviço, apesar desta tecnologia ser, de certo modo, antiga, atualmente ela vem ganhando grande destaque em virtude da possibilidade de resolver o problema da chamada ‘última milha’ da internet, ou seja, conseguindo levar o acesso à internet a todas as pessoas.

Segundo o (IBOPE MEDIA), somos 105 milhões de internautas (10/2013), sendo o Brasil o 5º país mais conectado. De acordo com a Fecomércio-RJ/Ipsos, o percentual de brasileiros conectados à internet aumentou de 27% para 48%, entre 2007 e 2011. O principal local de acesso é a Lan House (31%), seguido da própria casa (27%) e da casa de parente de amigos, com 25%. O Brasil é o 5º país com o maior número de conexões à Internet.

A desigualdade social, infelizmente, também tem vez no mundo digital: entre os 10% mais pobres, apenas 0,6% tem acesso à Internet, entre os 10% mais ricos esse número é de 56,3%, somente 13,3% dos negros usam a internet, mais de duas vezes menos que os de raça branca (28,3%). Os índices de acesso à Internet das Regiões Sul (25,6%) e Sudeste (26,6%) contrastam com os das Regiões Norte (12%) e Nordeste (11,9%).

Sendo implantado o PLC no Brasil, aspectos positivos serão trazidos com ele, devido à grande extensão territorial do país o PLC poderá levar internet a pontos isolados e as famílias de baixa renda terão acesso à internet, assim cumprindo um dos principais objetivos do país a inclusão digital.

No entanto, por ainda se tratar de uma tecnologia pouca difundida, devido ao fato de ir contra os interesses econômicos de grandes companhias de telecomunicações, a PLC se

encontra em fase de estudos e testes no Brasil, o que impossibilita coleta de dados e resultados práticos para apresentação.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 OBJETIVO GERAL

Realizar um levantamento bibliográfico sobre a tecnologia PLC na demanda da Internet, a fim de analisar e conhecer seu funcionamento, estudar a inclusão da Internet nos lares brasileiros e evidenciar o grande potencial que temos para distribuir o serviço de banda larga a toda população, numa infra-estrutura já existente.

### 1.1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Dentre os objetivos específicos deste estudo estão:

- Investigar a escalabilidade do sistema, padrões aceitáveis de expansão;
- Identificar as vantagens e desvantagens do emprego da tecnologia PLC;
- Realizar um experimento, comparando com a tecnologia Wi-fi;

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 ARQUITETURA DO SISTEMA PLC

Atualmente existem diferentes módulos de aplicação da tecnologia PLC. Diversas soluções são apresentadas aos mercados competitivos tanto para redes empresariais de banda larga como para redes residenciais.

As soluções PLC propostas prevêm a comunicação com redes (Satélite, Cabo, RDIS) ligado a uma porta Ethernet da “gateway” permitindo assim a transmissão de dados, voz e imagem a alta velocidade e com uma ligação ADSL que integra um modem ADSL ligado a uma linha ADSL dando a possibilidade de qualquer tomada elétrica ser um potencial ponto de acesso.

Como já tínhamo-nos referido antes, a tecnologia PLC utiliza redes de distribuição de eletricidade para a transmissão de dados. A energia elétrica chega aos utilizadores em forma de corrente alternada de baixa frequência (50 a 60 HZ). O PLC utiliza sinais de alta frequência (entre 1 a 30 MHZ) para transportar os dados (Teleco, 2005).

Conceitualmente as redes elétricas podem dividir-se em (Hrasnical, 2004):

- **Redes de alta tensão** (entre 15 a 20 Kilovolts) que conduz a energia elétrica desde a Central Elétrica até a subestação;
- **Redes de Media Tensão** (entre 380V a 15KV) que conduz a energia elétrica desde a subestação aos transformadores;
- **Redes de Baixa Tensão** (entre 220V a 380V) que conduz a energia elétrica desde aos transformadores aos centros urbanos para o uso domestico, comercial e industrial.

Segundo (2009 apud MONQUEIRO; SILVA 2009): O princípio básico de funcionamento das redes PLC é que, como a Frequência dos sinais de conexão é na casa dos MHz 91,7 a 30, e a energia elétrica é da ordem dos Hz (50 a 60 Hz), 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.

Assim podemos afirmar que o sinal que trafega a partir do backbone Internet é injetado nos cabos da instalação elétrica através de um equipamento chamado Master instalado num ponto próximo do transformador de energia elétrica. 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 de acesso PLC.

Este sinal é compartilhado por todos os utilizadores desta rede, que são segregados em VLAN's para garantir privacidade e segurança. Em cada utilizador é instalado um repetidor de sinal.

Na residência no ponto da rede de acesso, um modem PLC é conectado a uma tomada elétrica para receber o sinal transmitido pelo Master. É esse modem que faz a descodificação dos sinais elétricos em sinais de informação.

Esse Master instalado próximo ao transformador, onde é realizado o acoplamento em paralelo com as três fases e o neutro da rede de energia elétrica, tem a função de gerir, distribuir e concentrar a transmissão das informações aos outros equipamentos Modems e repetidores que são instalados nos subscritores.

Nos casos onde a distância entre o Master e os Modems ultrapassa um certo limite, surge a necessidade de se instalar repetidores entre eles para regenerar o sinal e retransmiti-lo para que ele alcance uma cobertura adequada.

Portanto, em uma rede PLC os enlaces de Telecomunicações são estabelecidos no segmento da rede de distribuição de energia elétrica, entre o transformador de baixa tensão e as instalações dos subscritores, onde os equipamentos terminais Modems são conectados às tomadas de energia (Light, 2003).

Podem-se utilizar também as linhas de media tensão para a transmissão de dados. As linhas de media tensão ligam a subestação aos transformadores de corrente da rua e utilizam valores de tensões acima dos 380V.

## 2.2 ESTRUTURA E ELEMENTOS DA REDE DE ACESSO PLC

O sistema PLC faz a transmissão de diferentes tipos de informação e a realização de vários serviços de automatização.

Porém, o sinal de comunicação tem que ser convertido em uma forma que permite a transmissão por redes elétricas. Para isso as redes de PLC têm que ter elementos capazes de assegurar a conversão notável e sua recepção e transmissão ao longo da rede elétrica.

Diferentes Elementos são utilizados para estabelecer a comunicação em redes PLC como, por exemplo:

**Modems** - Um modem de PLC conecta equipamentos de comunicações standards, usado pelos subscritores, para um meio de transmissão PLC.

O Modem provê ao assinante um ponto de rede, ao qual podem ser conectados diversos serviços de telecomunicações, tais como, telefone, fax, microcomputador, Internet, vídeo, medição de consumo de energia, automação residencial e outros (Hrasnica, 2004).

**Repetidor** - Repetidores para regenerar o sinal e retransmiti-lo para que ele alcance uma cobertura adequada.

**Acopladores** - São necessários acopladores para se introduzir e adaptar os sinais de dados dos equipamentos PLC para as redes de baixa e média tensão.

- Acopladores capacitivos, que injetam os sinais de dados através do contacto diretor com as linhas de energia elétrica;
- Acopladores indutivos, que injetam os sinais por indução.

**Isolador de ruídos** - O isolador de ruídos deve ser utilizado para a conexão do modem PLC, quando no circuito aonde o modem será conectado existir um ou mais aparelhos eletrônicos. Isto permite um melhor desempenho do sistema PLC, com a redução do nível de ruído na rede.

**Estação Master** - Tem a funcionalidade de injetar o sinal nos cabos da instalação elétrica. Também denominada HE (Head End), foi projetada para comunicações de dados orientada a



pacotes. Pode tratar pacotes e tráfego em tempo real, típico de aplicações VoIP. Oferece taxas de transmissão, full duplex, ponto e multiponto, utilizando menos de 10 Mhz de espectro. Cada unidade pode tratar até 254 nós PLC, sendo sua gestão executado através do protocolo SNMP (Simple Network Management Protocol), (Hrasnical, 2004).

### 2.3 MÉTODOS E UNIDADE DE ACOPLAMENTO DE SINAIS PLC

Os acopladores são dispositivos que interligam duas redes de diferentes características. Neste projeto, estes dispositivos são responsáveis pela inserção/remoção adequada do sinal transmitido na rede elétrica.

Existem diversos modos de acoplar sinais de comunicações na rede elétrica. Os dois principais são:

O modo diferenciado de acoplamento, onde o fio ativo (fase) é usado como um terminal, e o fio do neutro como o segundo terminal. Nos casos onde não existem linhas neutras (redes de alta tensão), o fio terra age como o segundo terminal.

No modo comum de acoplamento, o fio ativo (fase) e fio neutro são usados juntos, servindo como um terminal, e o fio terra servem como o segundo terminal. Esta modalidade de acoplamento pode trazer problemas na presença de dispositivos de proteção de fuga ao terra (dispositivo DR). Em determinados países não é permitido o acoplamento desta modalidade por causa dos perigos concebidos aos clientes.

Considerando a implementação física do acoplamento, dois métodos são possíveis: o capacitivo e o indutivo.

### 2.3.1 ACOPLAMENTO CAPACITIVO

Um capacitor é responsável pelo acoplamento real das duas redes. Uma das vantagens deste método de acoplamento é poder trabalhar com frequências relativamente altas. Possui um baixo custo e fácil manuseio, porém tem como desvantagem o fato de que não existe isolamento elétrico entre as etapas. Neste método a eficiência do acoplador é normalmente determinada pelo ganho do estágio amplificador, que é dependente da frequência.

### 2.3.2 ACOPLAMENTO INDUTIVO

Um indutor é usado para acoplar o sinal de comunicação na rede elétrica. O acoplamento magnético proporcionado por essa solução fornece uma separação física entre a rede elétrica e a rede de comunicações, pois os dispositivos usados são os transformadores.

O transformador pode ser utilizado para isolamento, multiplicação de tensão ou corrente e casamento de impedâncias. A principal desvantagem do uso do transformador é seu volume e custo, juntamente com o fato de que a resposta de frequência é mais pobre do que a do acoplamento capacitivo.

## 2.4 TECNOLOGIA PLC E AS TELECOMUNICAÇÕES

A viagem no tempo vertiginoso da evolução das telecomunicações começou com o telégrafo visual e acaba, por agora, no satélite de última geração. O desejo humano, sempre insatisfeito, de comunicar mais rápido, mais longe, maior quantidade de informação e de um

modo mais eficaz, determinou decisivamente a invenção de sistemas de telecomunicações cada vez mais sofisticados, ao ponto de hoje imagem, voz e dados poderem ser transmitidos a alta velocidade através de linhas elétrica.

Portanto o setor das telecomunicações vem sofrendo profundas modificações por conta da combinação do processo de convergência tecnológica com a introdução da competição no sector. Esse cenário é marcado por uma elevada oferta de novas tecnologias, de novas empresas a entrarem no mercado e variados modelos de negócio.

O atendimento da crescente demanda por acesso em banda larga na última milha é um dos maiores desafios técnicos das instituições de telecomunicações na atualidade. As tecnologias disponíveis requerem, na maioria dos casos, serviços especializados para a instalação da infra-estrutura até o utilizador final.

A infra-estrutura existente quer seja cabo coaxial, fibra óptica ou par trançado, não é considerada alternativa real, a curto e médio prazo, para fomentar a competição, a queda de preços e a disseminação dos serviços nos patamares esperados pelas agências reguladoras.

Em razão disso, os órgãos governamentais, fabricantes e instituições de telecomunicações em todo o mundo têm trabalhado na busca de alternativas que consideram as infra-estruturas de redes existentes como forma de expandir a competição, introduzir melhorias nos serviços prestados, reduzir os custos de acesso em banda larga para o cliente final.

A desregulamentação do mercado de energia elétrica, em contrapartida, tem direcionado as empresas de energia elétrica a explorar novos mercados e novas oportunidades de negócio.

A rede de energia elétrica passou a ser então considerada uma infra-estrutura existente com capilaridade e cobertura inigualáveis, quer seja em média ou baixa tensão, estando presentes em residências de classe baixa, média e alta indistintamente (Teleco, 2005).

A grande vantagem desta tecnologia está no fato de se utilizar infra-estrutura existente, sem a necessidade de obras adicionais, caracterizadas pela grande capilaridade e capacidade de oferecer ampla cobertura.

## 2.5 FUNDAMENTOS DA TECNOLOGIA PLC

A comunicação de dados através da rede elétrica (Power Line Communication - PLC) a altas taxas surge como um grande desafio, pois deve contornar as restrições do meio de comunicação. Taxas de transmissão que anteriormente eram da ordem dos kbps chegam agora aos Mbps. Para atingir tais taxas, a tecnologia PLC emprega técnicas de modulação, de codificação e de processamento de sinais capazes de superar as adversidades do canal (Lee, 2003).

### 2.5.1 FAIXAS DE FREQUÊNCIA E TÉCNICAS DE MODULAÇÃO PARA OS SISTEMAS PLC

A introdução dos sistemas de transmissão digitais utilizando a tecnologia de Modulação no início da década de 1970 revolucionou os sistemas de telecomunicações impulsionando ainda mais o processo de reestruturação geral que elevou o nível de competitividade que passou a caracterizar os mercados de produtos e serviços.

Diversas técnicas são desenvolvidas visando baixar os custos dos meios de transmissão, procurando utilizar os canais de comunicação disponíveis da melhor forma possível.

A transmissão de dados via rede elétrica conhecida como PLC (Power line Communications), tem como base a transmissão de sinais de frequências diferentes pelo mesmo fio. Enquanto a eletricidade caminha na frequência de 50 a 60 hertz (ciclos por segundo), os dados voam na faixa de 5 a 30 megahertz (milhões de ciclos por segundo). (Biglieri, 2003).

A frequência pode ser definida como sendo o número de ciclos por segundo. Um ciclo também é denominado por Hertz = 1Hz, medida usual da frequência, e seus múltiplos, Kiloherz, Megahertz, Gigahertz, Terahertz. Enquanto que a modulação é o processo pela qual

a informação é adicionada a ondas eletromagnéticas. É assim que qualquer tipo de informação, até a voz humana ou transação de dados numa aplicação interativa é transmitida numa onda eletromagnéticas (Hrasnical, 2004)

Um processo de modulação consiste em modificar o formato da informação elétrica com o objetivo de transmiti-la com a menor potência possível, com a menor distorção possível, facilidade de recuperação da informação original e ao menor custo possível.

O fato de poder operar em tempos curtos, permite que redes baseadas em modulação obtenham um aumento de número de canais na sua capacidade de transmissão, uma vez que existe um melhor aproveitamento do tempo ocioso dos sistemas de comunicação.

No entanto podemos ter diversos processos de modulação para o sistema de comunicação PLC, cada um com as suas vantagens e desvantagens das quais destacamos as três seguintes como as mais relevantes:

- Modulação de Espalhamento Espectral;
- Modulação GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying);
- Multiplexação por Divisão de Frequência Ortogonal (OFDM).

A técnica de modulação de Espalhamento Espectral consiste em distribuir a potência do sinal ao longo de uma faixa de frequência muito ampla, de modo a garantir que a densidade espectral da potência seja bastante baixa.

Em contrapartida, a largura de banda necessária para transmissão de taxas na ordem de megabits é bastante elevada (Hrasnica, 2004)

A Modulação GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying) é um tipo especial de modulação de faixa estreita que transmite os dados na fase da onda, resultando um sinal de envelope constante. Isto permite o uso de amplificadores menos complexos, sem produzir distúrbios harmônicos (Andrade, 2004).

O sistema de muitas ondas GMSK pode ser considerado como um sistema OFDM banda larga. O sinal é robusto contra interferências de banda estreita tais como sinais de rádio de Ondas Curtas. Esta modulação resulta em um espectro de forma gaussiana, de onde se origina a sua denominação.

Já a Multiplexação por Divisão de Frequência Ortogonal (OFDM) é a técnica de transmissão utilizada por possuir uma alta eficiência espectral ao dividir a banda disponível em muitas sub bandas estreitas, de menor taxa, mantendo as características de sobreposição. Esta modulação adapta-se facilmente às características de variação do canal, sendo as ondas interferidas eliminadas, obviamente havendo a correspondente diminuição na taxa de transmissão (Hrasnical, 2004).

A desvantagem do OFDM é a necessidade de um amplificador de potência altamente linear, para evitar as interferências nas faixas de frequências mais elevadas devido as harmônicas das ondas portadoras. Tais harmônicos são gerados na faixa não linear do amplificador de potência e representam um fato importante nas técnicas de modulação (Heo, 2002).

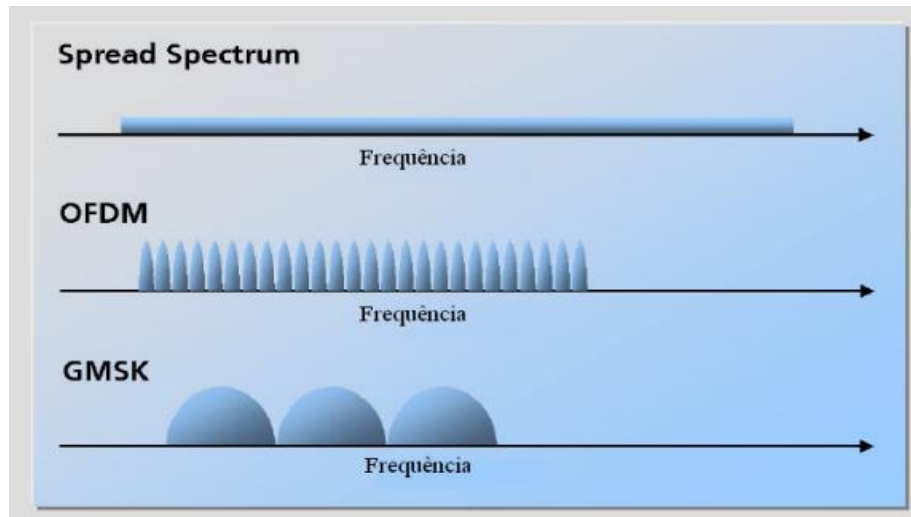
A OFDM é uma técnica que apresenta vantagens frente aos problemas de interferências entre frequências e de ruído impulsivo. Um sistema baseado em OFDM além de proporcionar uma maior taxa de transmissão, apresenta uma alta robustez aos ambientes com atenuações de frequência, portanto é o sistema de modulação ideal para ser utilizado nos sistemas de telefonia, redes de acesso como PLC, ADSL e redes *wireless*.

A grande diferença do uso da modulação OFDM na tecnologia PLC está na forma como é controlada essa modulação. As frequências são controladas em tempo real, com o sistema alternando o carregamento dos sinais de acordo com a presença ou não de ruídos.

Conforme realça ainda Hrasnica (2004), o ruído se propaga pelas diversas frequências, os sinais são carregados e transmitidos em várias frequências simultâneas, com níveis de carregamento diferentes, e aproveitando as melhores condições possíveis, garantindo assim altas taxas de transmissão, boa performance e confiabilidade.

Dessa forma, o sistema pode facilmente se adaptar às mudanças das condições de transmissão da rede elétrica, podendo ainda utilizar filtros para a proteção de serviços especialmente sensíveis a esses tipos de interferências.

A figura 1 mostra o espectro de frequência utilizado em OFDM, GMSK e DSSS (spread spectrum).



**Figura 1- Espectro de Frequência GSMK, OFDM e Spread Spectrum**

Fonte: (APTEL, 2003)

## 2.6 TOPOLOGIA DA REDE PLC

As redes elétricas de baixa tensão que utiliza o meio (cabos elétricos) para a transmissão de dados, voz e imagem são caracterizadas por terem diferentes tipos de topologias consoante o ambiente da aplicação, a estrutura de comunicação, a dispersão geográfica e número de nós e de utilizadores da rede de acesso.

O ambiente de operação influencia na escolha da topologia. Ambientes ruidosos e com problemas de segurança têm requisitos mais fortes quanto a escolha. A ocorrência de erros devido a ruídos exigirá também dos protocolos mecanismos de detecção e recuperação, em alguns casos.

O tipo de informação transmitida pode ser dados, voz e imagem. Os diversos tipos de transmissão vão adiar em termos de frequência, quantidade de informação transmitida, natureza analógica ou digital, requisitos de tempo real e de isenção de erros.

Transmissão de dados entre dispositivos em geral deve ser isenta de erros requerendo retransmissão através da estrutura do protocolo, quando estes erros são detectados.

Transmissão de voz e imagem, em geral, devem ser efetivadas sem interrupção em tempo real e tem uma tolerância a erros, até certo ponto (Hrasnica, 2004).

Integração de tráfegos heterogêneos em um sistema comum é desejável por razões econômicas e pela simplicidade de operação. A Integração vai oferecer a possibilidade de um compartilhamento dinâmico das facilidades de transmissão (Hrasnica, 2004).

O tipo de informação transmitida será determinante na escolha do tipo da topologia e de análise do tipo de meio de transmissão existente e do protocolo da rede a utilizar.

Neste contexto Hrasnica (2004), afirmam que diferentes topologias são apresentadas (Anel, Barramento, Estrela) e a escolha de uma dessas topologias ou a junção das mesmas tem que fornecer total segurança (redundância no caso de fracasso), confiabilidade e baixo custo.

A topologia em barramento pode ser uma opção de escolha satisfatória em ambientes de aplicação adequadas, por apresentar um baixo custo na sua implementação. Porém, o fato de custo não é o único critério para a decisão sobre a tecnologia da rede de distribuição a utilizar. Um Critério muito importante a ter em conta é a segurança ou a confiabilidade em caso de fracassos na ligação (Hrasnica, 2004).

Ela caracteriza-se pela ligação de nós (Transformadores) ao mesmo meio de transmissão (Distribution network). A Barra é geralmente compartilhada no tempo e na frequência ligado diretamente ao backbone da rede, permitindo a transmissão de informação.

A topologia em estrela é adequada para aplicações com outras tecnologias (ADSL, Satélite). Nesse tipo de topologia se uma ramificação falhar, somente esta ficará desconectada com o Backbone da rede ficando as outras ramificações de acesso a rede ligado ao Backbone.

Neste tipo de topologia cada nó é interligado a um nó central (Backbone network), através do qual todas as mensagens devem passar. Tal nó (Backbone network) age, assim, como centro de controle da rede, interligando os demais nós escravos (Transformadores de acesso a rede) que usualmente podem se comunicar apenas com um outro nó de cada vez. Isto não impede que haja comunicações simultâneas, desde que as estações envolvidas sejam diferentes (Hrasnica, 2004).

A Confiabilidade pode ser um problema nas redes em estrela. Falhas em um nó escravo apresentam um problema mínimo de confiabilidade, uma vez que o restante da rede



ainda continua em funcionamento. Falhas no nó central, por outro lado, podem ocasionar a paragem total do sistema.

O desempenho obtido em uma rede em estrela depende da quantidade de tempo requerido pelo nó central para processar e encaminhar uma mensagem, e da carga de tráfego na conexão, isto é, o desempenho é limitado pela capacidade de processamento do nó central.

A aplicação da topologia de rede em Anel consiste em nós (transformadores) conectadas através de um caminho fechado (Distribution Ring Network), evitando os problemas de confiabilidade de uma rede em estrela. O anel pode ou não interligar os nós diretamente, mas consiste de uma série de repetidores ligados por um meio físico, sendo cada nó ligado a estes repetidores (Hrasnica, 2004).

Quando uma mensagem é enviada por um nó, ela entra no anel e circula até ser retirada pelo nó de destino, ou então até voltar ao nó fonte, dependendo do protocolo empregado.

Os maiores problemas com topologia em anel são sua vulnerabilidade a erros e pouca tolerância a falhas. Qualquer que seja o controle de acesso empregado, ele pode ser perdido por problemas de falhas e pode ser difícil determinar com certeza se este controle foi perdido ou decidir qual nó deve recriá-lo. Erros de transmissão e processamento podem fazer com que uma mensagem continue eternamente a circular no anel (Hrasnica, 2004).

Finalmente, a topologia de uma rede PLC também pode ser uma combinação de quaisquer das três estruturas de rede apresentada acima. Porém, a escolha para uma topologia de rede depende de vários fatores como por exemplo (Hrasnica, 2004):

- A tecnologia de comunicação a utilizar;
- Disponibilidade de um meio de transmissão dentro da área de aplicação;
- A estrutura geográfica e o ambiente que a envolve.

## 2.7 PROTOCOLOS E CARACTERÍSTICAS DO CANAL DE TRANSMISSÃO

Os serviços de telecomunicações em uma rede PLC estão baseados no protocolo TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol).

A conexão entre o backbone e as portas do router pode ser realizada por enlaces seriais síncronos utilizando protocolos HDLC (High-level Data Link Control) ou PPP (Point to Point Protocol) sobre transporte SDH (Synchronous Digital Hierarchy).

Geralmente é utilizado o modelo de DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) como servidor e base de dados centralizada. O "DHCP Server" em conjunto com a base de dados irá prover autenticação aos assinantes e o endereçamento IP privado, dinamicamente designado aos assinantes (Hrasnica, 2004).

O DHCP também designa os parâmetros de Gateway de rede, DNS (Domain Name System) primário e DNS secundário.

O endereço IP designado pelo "DHCP Server" aos assinantes, será privado (não válido), ou seja, para trafegar na Internet será necessária uma tradução para um endereço público (válido), que é feita por um servidor NAT (Network Address Translation). Esta técnica visa diminuir a quantidade de endereços IP's públicos fornecidos e proteger o assinante de ataques externos.

Para proteger a rede de ataques e outros acessos indevidos será utilizado um sistema Firewall no qual este verifica apenas o cabeçalho de cada pacote, definindo o que ocorrerá com tais pacotes, atuando como um filtro de pacotes. Basicamente, só entende endereço IP, máscara de sub-rede, portas e tipos de protocolos. Não analisa o conteúdo do pacote.

As colisões não podem ser detectadas diretamente durante a transmissão, sendo necessário um protocolo de acesso ao meio que previna a ocorrência delas. O protocolo adotado é baseado no CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) usado nas redes sem fio (Não detecta colisões, apenas procura evitar que ocorram). O protocolo MAC (Medium Access Control) usa um mecanismo denominado VCS (Virtual Carrier Sense) para minimizar a ocorrência de colisões. O funcionamento básico desse

mecanismo consiste na recuperação e análise do campo de controlo do pacote, buscando as informações dos delimitadores e o tamanho do campo de dados.

Tendo recolhido essas informações o receptor pode calcular o tempo estimado para transmissão completa desse pacote, o tempo de ocupação do canal é atualizado para esse valor encontrado.

Caso não seja possível descodificar o campo de controlo, o receptor assume o comprimento máximo de um pacote para o cálculo de tempo de ocupação do canal (pior caso).

O destinatário sempre deve enviar uma mensagem de confirmação ao transmissor. Se uma confirmação não chegar ao transmissor, ele assume que a mensagem foi perdida por uma colisão. Nesse caso o receptor pode enviar três tipos de respostas ao transmissor (Hrasnica, 2004):

- ACK - para confirmar a recepção do pacote;
- FAIL - para indicar ao transmissor que não pode processar o quadro (por alguma limitação do receptor);
- NACK - para indicar erros que não puderam ser corrigidos.

Os pacotes podem ser segmentados para evitar o trânsito de grandes quantidades de informações em uma única transmissão. Existe a atribuição de prioridades a pacotes, mas esses devem esperar que os pacotes atualmente em trânsito terminem sua transmissão. Ou seja, a segmentação de pacotes além de permitir que pacotes menores na rede, pode permitir menor tempo de espera a pacotes com maior nível de prioridade que precisam ser lançados aos receptores na rede.

Para garantir a privacidade no tráfego de informações é utilizado um padrão de criptografia de dados de 56 bits.

## 2.8 ADMINISTRAÇÃO DA REDE PLC

Segundo (Hrasnica, 2004), um controle da rede de acesso PLC tem que ser feito de forma eficiente, rigorosa e com poucos centros de administração para que a solução a implementar seja economicamente razoável.

A administração de uma rede PLC inclui configuração e reconfiguração de todos os seus elementos (estação básica (Master), modem, repetidores). As funções de administração podem ser feitas localmente pela a estação básica ou por um centro de administração que usa funções de controle remoto.

A Administração local é automaticamente feita sem qualquer ação do pessoal de administração. Por outro lado, a administração remota provê execução automática e manual de funções de controle.

A transmissão da informação é feita a partir da central de backBone que administra toda a informação distribuída para a rede de acesso PLC. Uma solução de administração eficiente e de otimização pode ser o autocontrole das instalações onde trafegam dados fazendo assim manutenções periódicas nas redes de distribuição e de acesso PLC e uma divisão de tarefas entre os elementos da rede.

## 2.9 MEIOS DE TRANSMISSÃO

É de realçar que o tipo de cabo utilizado pela rede elétrica dentro das casas possui uma topologia idêntica a topologia das redes de comunicação telefônica. Na rede elétrica os fios de cobres utilizados não são trançados, como na rede Ethernet, aumentando a emissão de sinais de alta frequência. Esta emissão provoca interferências entre os fios, prejudicando a transmissão em altas taxas.

Além das questões relacionadas à topologia e a qualidade dos fios da rede elétrica, deve-se considerar que, nestas redes, o meio físico é compartilhado com todos os aparelhos eletrônicos da casa.

Desta forma, o canal apresenta variações imprevisíveis de ruído, impedância e interferências causadas por uma diversidade de aparelhos, tais como, aspiradores de pó, máquinas de lavar roupa, secadores de cabelo, aparelhos de micro-ondas entre outros (Hrasnical, 2004).

O ato de ligar ou desligar estes aparelhos pode provocar mudanças significativas nas características do meio físico. Por esses motivos, a comunicação neste tipo de rede torna-se um desafio.

A criação de uma infra-estrutura de cabeamento para interligação de equipamentos pode ter custos elevados, uma vez que muitas construções não possuem uma estrutura preparada para tal finalidade, sendo necessário modificá-la. Tal modificação pode ser muito trabalhosa e pode trazer inúmeros transtornos a depender da complexidade das construções.

Em certos casos pode não ser permitida a execução de obras para modificação da estrutura do ambiente, ou o custo para implantar uma nova estrutura pode não ser justificado pela aplicação da rede desejada.

Portanto as características e estrutura da rede elétrica tornam a tarefa de utilizá-las para comunicação de dados muito difícil. Para vencer as dificuldades encontradas nesse canal extremamente hostil, a tecnologia PLC (Lee, 2003) possui uma camada física robusta, que combina várias técnicas de modulação, processamento de sinais e correção de erros.

Todas essas técnicas devem ser utilizadas em conjunto, para alcançar o desempenho desejado. Ainda assim, não é possível determinar com precisão um alcance máximo para a rede, pois este valor está diretamente relacionado as características do meio físico.

## 2.10 MODEM PLC

O Modem PLC adquire o sinal de dados diretamente da rede elétrica através de uma tomada simples. Neste modem existe um filtro passa alta para os sinais de dados e um filtro passa baixa para os sinais elétricos. A figura 2 mostra um modelo de placa modem PLC disponível no mercado.

Com este Modem PLC é possível conectar:

- Um Computador;
- Um Telefone IP;
- Outro equipamento com interface Ethernet ou USB.



**Figura 2 - Modem PLC**

**Fonte : Aatoria própria**

## 2.11 ESPECTRO DE FREQUÊNCIA UTILIZADO PELO PLC

O espectro de frequência utilizado pelo PLC dentro do sistema de energia elétrica é de 1,6Mhz a 35Mhz. O sistema elétrico é constituído de um faixa espectral de 60 HZ como frequência fundamental e geração de harmônicas de 120Hz a 1200Hz;

Pode-se verificar que não ocorre interferência de um sinal no outro devido a grande faixa de frequência que separa os dois sistemas, conforme mostrado na figura 3.



Figura 3 - Espectro de frequência PLC

Fonte : (ENDESA, 2003)

## 2.12 HISTÓRICO

Na história do PLC, a primeira técnica a fazer uso da linha de transmissão de energia para controle de mensagens foi o método - Ripple Control. Esta técnica é caracterizada pelo uso de baixas frequências entre 100 e 900Hz com uma taxa de transmissão muito baixa e alta taxa de energia, por volta dos 10kWs. O sistema fornecia a comunicação unidirecional, entre as aplicações utilizadas eram o gerenciamento de iluminação de ruas e o controle de cargas.

Em 1920, quando a OPLAT – Ondas Portadoras em Linhas de Alta Tensão, começaram a usar a tecnologia para: telemetria, comunicação de voz e operação remota para o sistema hidroelétrica, porém com a implementação das fibras ópticas, o sistema foi esquecido.

Em meados dos anos 1980, ocorreram experiências e concluíram ser possível a transmissão de dados em alta frequência na rede de distribuição elétrica. Frequências entre 5 a 500kHz foram testadas nas quais a relação sinal ruído demonstraram bons níveis nas medições de atenuação do sinal através da rede elétrica. A comunicação bidirecional foi desenvolvida no final dos anos 1980 e início dos anos 1990.

Em 1991, o Dr. Paul Brown da empresa Norweb Communications – uma empresa do sistema elétrico da cidade de Manchester, na Inglaterra, realizou o primeiro teste para transmissão de dados sobre energia.

Em 1995 e 1997, chegaram a uma conclusão, que a transmissão de dados via rede elétrica era possível. Em 1997, perceberam que os ruídos e interferências estavam solucionados, usando somente algumas faixas de frequência, portanto realizaram o primeiro teste de acesso a internet em uma escola de Manchester.

No ano de 1997 foi criado na Europa o PLC Fórum, no intuito promover a tecnologia e divulgar informações sobre o PLC, entre fabricantes, desenvolvedores da tecnologia PLC, os potenciais usuários desta tecnologia e também as entidades regulatórias, tais como agências reguladoras, entidades de classe e órgãos públicos.

### 2.13 PLC NO BRASIL

Desde abril de 2009, a Copel está testando a tecnologia em 90 residências localizadas na cidade de Santo Antônio da Platina, região do Norte Pioneiro do Paraná, com resultados satisfatórios. No que diz respeito à velocidade da conexão, foram detectadas taxas que variam entre 3 e 33 Mbps, com uma média de 20 Mbps, valor superior à maioria das alternativas hoje disponíveis no mercado.



Apesar de os resultados obtidos até agora terem sido satisfatórios, Faria afirma que ainda é muito cedo para pensar em implementar a rede em escala comercial ou falar em valores que o consumidor final poderia pagar pelo serviço. Segundo ele, atualmente a Copel está na fase de testar qual a melhor forma de implementar a tecnologia: primeiro é necessário saber quais procedimentos tomar e a melhor forma de resolver problemas que surgem, ao mesmo tempo em que se procuram soluções que diminuam os custos e facilitem a instalação.

Um exemplo de desafio enfrentado durante os testes em Santo Antônio da Platina está relacionado à interferência causada pelo uso de lâmpadas fluorescentes em residências onde a PLC está presente. A primeira solução encontrada para resolver o problema foi a instalação de filtros em cada lâmpada, um processo que se mostrou inviável, pois a variedade de filtros disponíveis no mercado, tanto os nacionais quanto os importados, costumam ter um preço elevado.

A segunda solução para o problema surgiu através de um fabricante capaz de produzir luminárias com reatores que não geram ruídos na rede elétrica. Porém, a solução que se mostrou mais fácil e barata foi utilizar ferrites – encontrados normalmente em fontes para notebook ou cabos para a transferência de dados em câmeras digitais-, que podem ser feitos de maneira simples por qualquer electricista com um pouco de experiência. Para quem não sabe, ferrite é um material ferro-magnético responsável por evitar a propagação de ruídos durante a transmissão de dados.

É este o tipo de desafio que a equipe da Copel enfrenta com o objetivo de descobrir soluções para que a Power Line Communication se torne uma opção viável de conexão quando comparada às redes disponíveis atualmente, seja através de linha telefônica, cabo ou Wi-Fi. O atual enfoque da pesquisa é buscar soluções para os problemas que surgem e formas de facilitar o percurso do sinal, tornando a instalação tão fácil quanto a de uma linha telefônica ou ponto de TV a cabo.

## 2.14 CARACTERÍSTICAS QUE IMPULSIONAM A IMPLANTAÇÃO DO PLC

Consoante Santos (2009), “infraestrutura de cabeamento já pronta e existente em cerca de 96% dos ambientes residenciais, prediais, governo, comerciais e industriais. ” Em reportagem, da Folha Online, (2008 apud ALEXANDRIA e CARVALHO; WIZIACK, et al.), “informa que, apesar de toda a burocracia e disputas de interesse, o PLC é aguardado pelos consumidores, pois traria velocidades de pelo menos 10 Mbps a preços até 50% menores que o DSL ou a Cabo”.

O fato de já existir a infraestrutura, estrutura para a implantação do sistema de PLC é um dos principais fatores impulsionadores para implantação da tecnologia, além de a tecnologia oferecer um serviço de internet melhor e mais barato.

## 2.15 TIPOS DE PLC

Conforme Alexandria e Carvalho (2008):

**Indoor:** a transmissão é realizada usando a rede elétrica interna de um apartamento ou de um prédio;

**Outdoor:** a transmissão é realizada usando a rede pública exterior de energia elétrica. Os dois tipos de PLC existentes hoje interagem entre si, sendo uma a infraestrutura externa e a outra a infraestrutura interna, assim formando toda a topologia do sistema.

## 2.16 REDE ELÉTRICA NO PLC

(SILVA, 2009) afirma que: A rede elétrica, inicialmente, não foi desenvolvida para ser utilizada como um canal de comunicação, pois contém ruídos que tornam quase impraticável a transmissão de dados, após várias pesquisas e testes foram desenvolvidas técnicas capazes de superar esses obstáculos tornando viável o uso dela para este propósito.

## 2.17 PRINCIPAIS PROBLEMAS DA REDE ELÉTRICA

De acordo com Santos (2009, p.29), “O ruído é uma designação para sinais indesejáveis que aparecem no meio de transmissão, distorcendo os sinais de informações. As fontes emissoras desses ruídos são inúmeras”.

Como exemplo pode se observar o caso de quando se liga um chuveiro, devido à grande demanda de energia elétrica que o equipamento precisa ocorre uma leve queda na iluminação da rede. Segundo Corrêa (2004 apud SILVA 2009).

A atenuação da portadora causada por fatores que dependem do número e da natureza das cargas conectadas costuma ser associado tanto com a frequência do sinal como pela distância que ele percorre, um dos principais causadores das discontinuidades são as emendas dos fios, interruptores e tomadas. Estas, mesmo não estando ligadas a nenhum equipamento, são pontos problemáticos por serem pontos de rede sem terminação.

Sendo a rede elétrica no seu princípio de criação não sendo criada e preparada para a transmissão de dados, ela apresenta alguns empecilhos que dificultam a implantação do sistema PLC, já que o mesmo tenta evitar a perda de dados, o que é dificultado por problemas da rede elétrica como ruídos e atenuação.

## 2.18 PLC E A INCLUSÃO SOCIAL

Segundo Monqueiro (2009 apud SILVA, 2009). A cobertura geográfica da rede de baixa tensão em regiões habitadas é bem abrangente, facilitando o acesso quase universal à rede visto que não necessita de obras para cabeamento, não interfere na rede elétrica, o cliente só precisará de um equipamento de ligação modem PLC “plug & play”, auto instalável terá uma ligação permanente de dados ativa, 24 horas/dia, caso o cabo não se rompa isso quer dizer que essa tecnologia tem viabilidade para o cliente já que ele não precisará desembolsar muito dinheiro para ter uma tecnologia de ponta ao seu alcance.

Conforme Silva (2009). “O sistema PLC tem um potencial de penetração, pois, com ele, será possível integrar a Internet a qualquer residência ligada à rede elétrica, desde que a operadora de distribuição de energia elétrica domine essa tecnologia”.

(SANTOS, 2009) afirma que: Segundo dados da ANETEL, o mercado de distribuição de energia elétrica é atendido por 64 concessionárias, estatais ou privada, que abrangem todo o País, que atendem cerca de 60 milhões de unidades consumidoras, das quais 85% são consumidores residenciais, em mais de 98% dos municípios brasileiros.

Sendo o PLC transmitido pela rede elétrica, e o Brasil e os demais países tendo uma extensão geográfica com rede elétrica bastante abrangente, assim tornando possível chegar a lugares que as demais tecnologias não abrangem.

## 2.19 PROBLEMAS ENFRENTADOS PELO PLC

(SILVA, 2009) afirma que: Deve ser assegurado que a tecnologia PLC seja tratada de forma igual a outras tecnologias de banda larga e que uma regulamentação estável seja estabelecida de modo que os investidores se sintam confortáveis para suportar fortemente a implantação dessa tecnologia.

Segundo Santos (2008 apud SILVA 2009). Para que uma rede PLC funcione adequadamente em um determinado ambiente, o usuário deverá vencer algumas barreiras. Uma delas diz respeito ao projeto da rede elétrica, é bastante comum, por exemplo, que em determinado ponto da residência a fiação dê muitas voltas ao em vez de fazer o caminho logicamente mais curto, ou ainda se estiverem instalados nessa linha disjuntores fora de padrão, certamente haverá perdas importantes na potência de sinal, além da interferência de ruídos elétricos, o que gera quedas na taxa de transferência de dados.

Na implantação do PLC as concessionárias que oferecem o sistema terão que oferecer além do sistema uma avaliação da rede elétrica para terem certeza que é possível a implantação da tecnologia no local.

## 2.20 SEGURANÇA NO SISTEMA PLC

Segundo Ferreira (2009 apud SILVA 2009). Deve-se realizar uma análise da segurança da rede devido ao alto risco já que a rede PLC compartilha o meio com todas as residências ligadas ao mesmo transformador, com isso, poderíamos “escutar” outras transmissões, prejudicando não somente confidencialidade dos dados dos clientes, mas também às tentativas de fraudes e acessos indevidos a serviços não autorizados. Para resolver esse problema, a tecnologia PLC emprega o algoritmo de criptografia DES (Data Encryption Standart) de 56 bits.

(SANTOS, 2008) afirma que: A criptografia na rede PLC acontece na camada de enlace, garantindo confidencialidade ao enlace estabelecido pelo usuário. A autenticação ocorre no momento em que um equipamento tenta de associar a rede e auxilia o controle de acesso à rede e a utilização de seus recursos.

Sendo transmitidos os dados pela rede elétrica a segurança dos dados pessoais dos usuários enfrenta um grande perigo já que se várias pessoas compartilharem o mesmo disjuntor há a possibilidade de usuários diferentes terem acesso a dados que não lhes pertence.

Dado a problemática anterior há ainda a necessidade da implantação da tecnologia de criptografia de dados para evitar esse tipo de transtorno.

## 2.21 PROJETOS DAS CONCESSIONÁRIAS PARA O PLC NO BRASIL

(SILVA, 2009) afirma que: No Brasil, várias concessionárias de energia elétrica realizam testes com a tecnologia PLC. As pioneiras nos testes de campo foram ELETROPAULO, BARREIRINHAS, CELPE, COPEL e LIGHT. Embora existam outros experimentos em diversas distribuidoras de energia elétrica que também testam a tecnologia PLC. Além das companhias de energia elétrica, vários órgãos brasileiros estão envolvidos com o estudo e regulamentação da tecnologia.

Diversos órgãos do governo e concessionárias particulares de energia elétrica estão realizando pesquisas para a implantação da tecnologia no Brasil.

## 2.22 OBSTÁCULOS ENFRENTADOS PELA PLC

O funcionamento da rede PLC exige do usuário que ultrapasse alguns obstáculos. O projeto da rede elétrica pode ser um problema, quando em vez de fazer um caminho curto, fique fazendo várias voltas pelo estabelecimento em vez de chegar direto ao ponto, disjuntores fora de padrão causam perda de sinal, ainda há a questão dos ruídos elétricos que diminuem a capacidade de transmissão de dados.

- **RUÍDOS:** O ruído é um dos principais obstáculos da PLC. A tecnologia pode ser utilizada com sucesso após uma avaliação prévia sobre o nível de ruídos no local. A rede pode apresentar vários tipos de ruídos.

- **SÍNCRONO:** Ocorrem normalmente na utilização de dimmers. Quando é mudada a intensidade da luz um impulso de dezenas de volts é enviado à rede.
- **TONAL:** Dividido em dois tipos: O não intencional, gerado pelas fontes de alimentação, e o intencional, causado por intercomunicadores como babás eletrônicas.
- **ALTA FREQUÊNCIA:** Causados normalmente por equipamentos que utilizam motores universais, injetando na rede milhares de pulsos na rede. Barbeadores elétricos e aspiradores são exemplos de equipamentos que promovem tal distúrbio na rede.
- **CAPACITORES:** Gerado quando se liga/desliga equipamentos eletrônicos, já que os mesmos possuem capacitores, e esses são carregados para corrigir o fator de potência toda vez que são ligados, e descarregados quando desligados. A potência do ruído gerado depende diretamente do tamanho do capacitor.
- **ATENUAÇÃO:** A atenuação depende do número e da natureza das cargas conectadas, costuma ser associada tanto a frequência do sinal, como pela distância que percorre. Emendas de fios, tomadas e interruptores são associados à descontinuidade do sinal, mesmo se não estiverem em uso já que são pontos finas da rede.
- **IMPEDÂNCIA:** A impedância está ligada relacionada à transferência de energia entre dois meios. Quanto maior for a impedância maior terá que ser a potência. Mas a impedância da rede depende do tempo e com a frequência.

## 2.23 VANTAGENS DA TECNOLOGIA PLC

Mesmo a PLC não estando concluída e regulamentada há vários pontos positivos para demonstrar que a tecnologia é viável para transmitir dados em banda larga. Como os citados a seguir:

- Grande abrangência do sistema elétrico para reduzir custos na implantação do sistema;
- Sem necessidade de fazer novo cabeamento;
- Custo compartilhado;
- Oportunidade de novos negócios e diversificação de atividades;
- Rede doméstica com múltiplas aplicações;

- Instalação facilitada.

## 2.24 DESVANTAGENS DA TECNOLOGIA PLC

Os principais causadores de dificuldades que se tornam desvantagens estão ligados à falta de padronização dos serviços ligados à tecnologia, por parte pela diversificação e qualidade da distribuição da energia elétrica.

- Não há padronização mundial para o desenvolvimento da tecnologia, vários países têm suas próprias regulamentações conforme ocorre o avanço da tecnologia. No Brasil não existe se quer uma padronização só uma autorização concedida pela ANATEL para o desenvolvimento de projetos;
- Chegar a uma concordância para a padronização é outro grande obstáculo;
- A qualidade do serviço de distribuição de energia elétrica pode ser tão precária em algumas situações que mal atendem seu objetivo básico;
- Falta de produção de equipamentos, o que acarreta encarecimento;
- Ruído excessivo na rede elétrica;



### 3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está focada dentro de uma residência. Desta forma será possível avaliar o funcionamento do adaptador PLC, sendo que a utilização dos cômodos também está em atividade elétrica, como por exemplo, lâmpadas acesas, televisor ligado, chuveiro, microondas e geladeira ligados na tomada. A Figura 4, abaixo fornecem uma dimensão dos cômodos e abrangências.

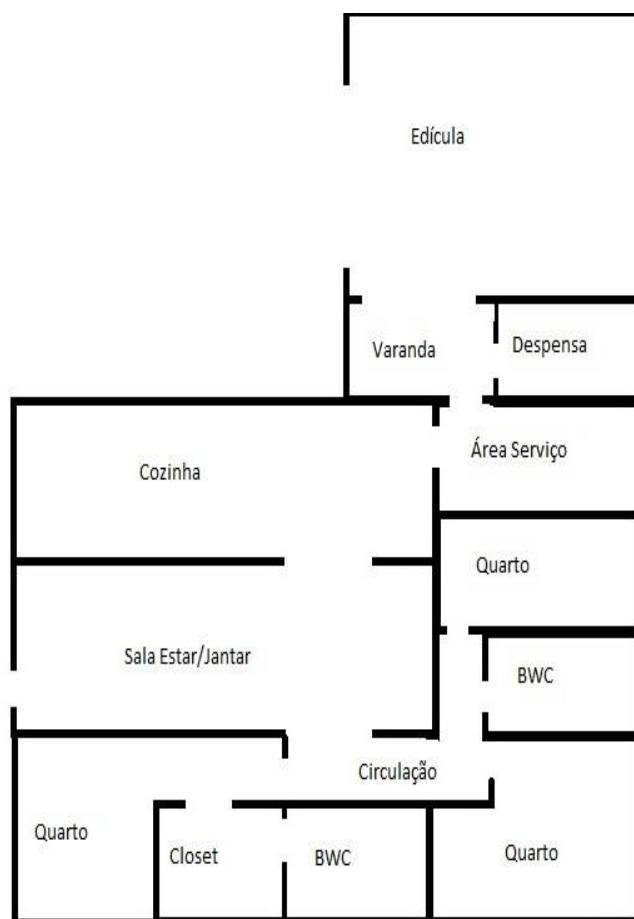
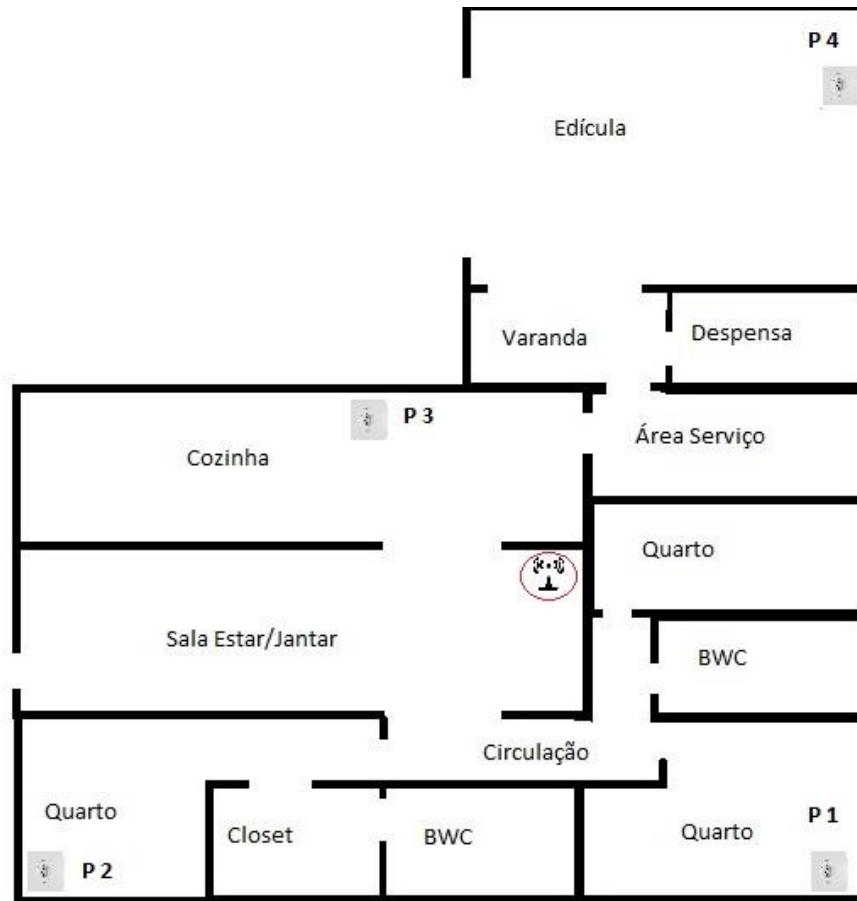


Figura 4 - Foto planta baixa ajustada

Fonte: Autoria Própria

A figura 5 tem por objetivo ilustrar a localização de onde está localizado o AP disponibilizado pela Operadora e os pontos onde foi realizada a medição da intensidade do sinal.



**Figura 5 - Planta da casa com os 4 pontos e AP**

**Fonte: Autoria própria**

A figura 6 exibe como será alimentado o equipamento PLC à rede elétrica através do sinal gerado pelo Modem ADSL.

Um dos cabos UTP é conectado na porta Lan do Roteador Wi-Fi e a outra extremidade no adaptador PLC.



**Figura 6 - Alimentação do equipamento PLC através do sinal gerado pelo Modem ADSL**

**Fonte: Autoria própria**

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

Esta seção tem como objetivo descrever as ferramentas e tecnologias utilizadas no desenvolvimento da aplicação experimental.

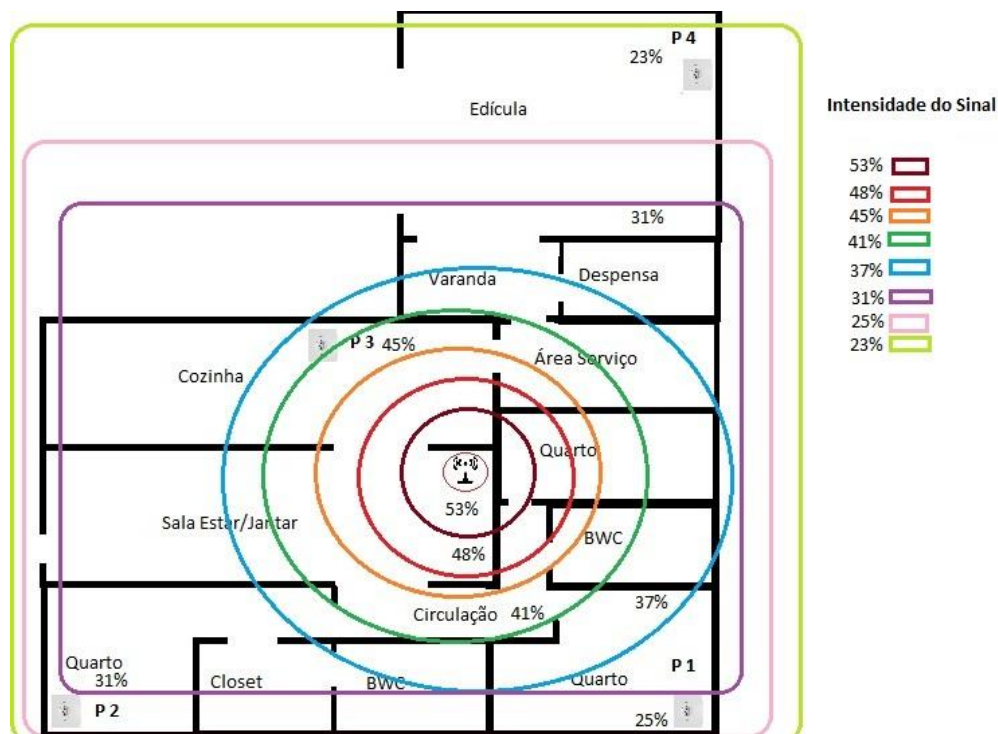
### 4.1 MATERIAL

Para instalação e utilização do Access Point e dos PLC's, foram utilizadas as seguintes tecnologias:

- Sistema Operacional Windows 7 Starter;
- Netbook Philco L123 WS;
- Software Wireless Mon 4.0;
- Modem ADLS Operadora OI;
- Conector PLC TP Link;
- Cabo rede UTP cat 6;
- Protocolo ICMP Request/Reply;

### 4.2 METODOLOGIA

A metodologia aplicada neste projeto foi à realização do site survey, para verificação da intensidade do sinal. Observado assim sua cobertura, conforme figura 7.



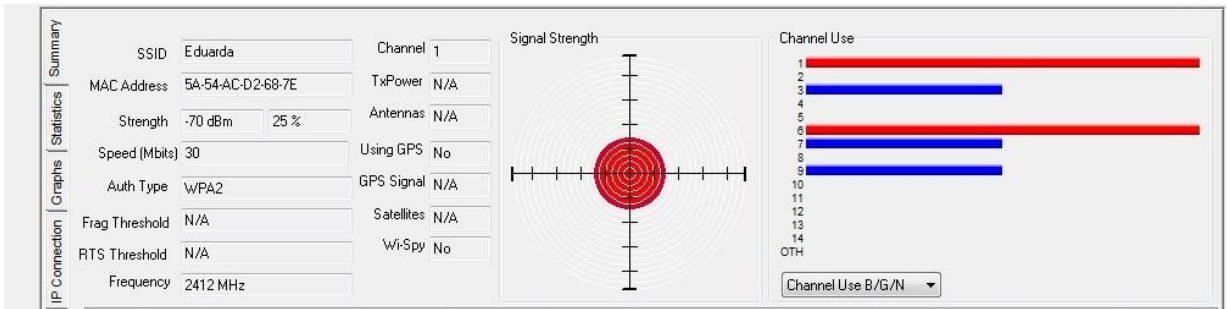
**Figura 7- Ilustração da intensidade do sinal**

**Fonte: Autoria própria**

Observa-se notoriamente que quanto mais próximo ao AP melhor a indução do sinal, porem na medida em que nos deslocamos, o sinal passa a ter uma grande atenuação devido às paredes, objetos e outros materiais.

Para um detalhamento mais apurado separou-se os quatro pontos marcados na planta conforme a figura 6 onde temos o P1, P2, P3 e P4.

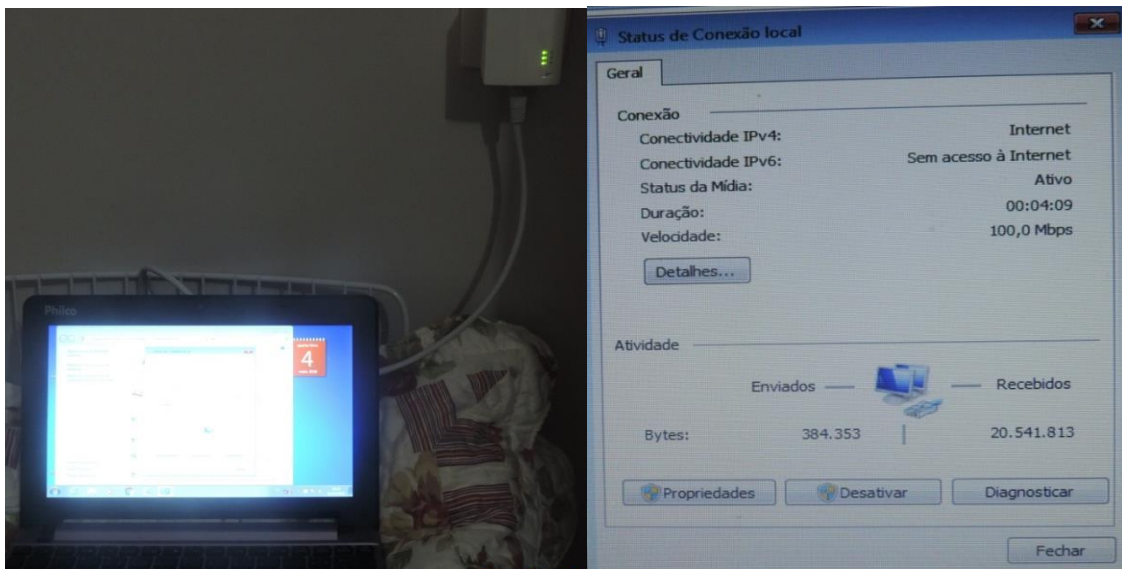
A figura 8 ilustra a intensidade do sinal medida no P1.



**Figura 8- Intensidade do sinal no Ponto1**

**Fonte: Autoria própria**

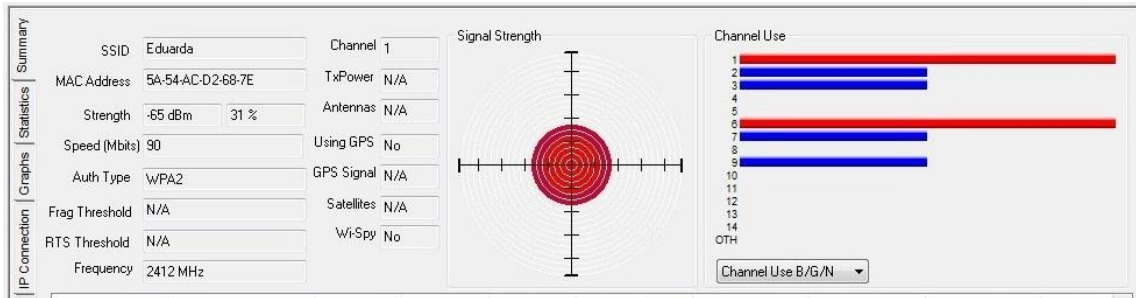
As figura 9, 11, 13 e 15 mostram o netbook conectado via Fast-Ethernet ao adaptador PCL nos Pontos 1, 2, 3 e 4. A velocidade da conexão em ambas as figuras exibem 100 Mbps, link ativo, enviando e recebendo pacotes, conforme observado em suas medições em bytes.



**Figura 9 – Netbook no P1 e status da conexão local em 100 Mbps**

**Fonte: Autoria própria**

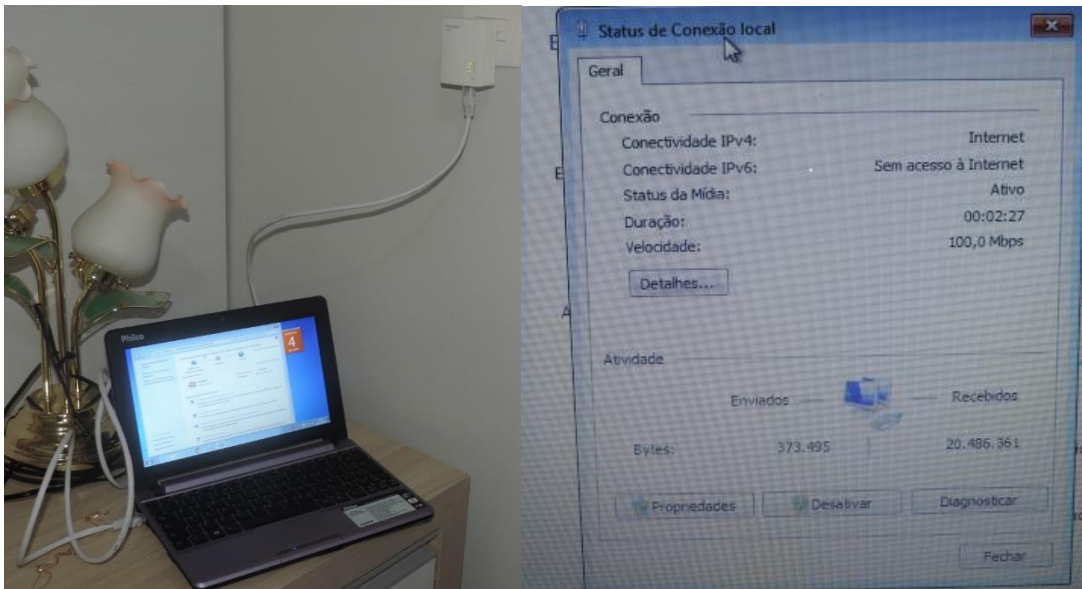
A figura 10 ilustra a intensidade do sinal medida no P2.



**Figura 10- Intensidade do sinal no Ponto 2**

**Fonte: Autoria própria**

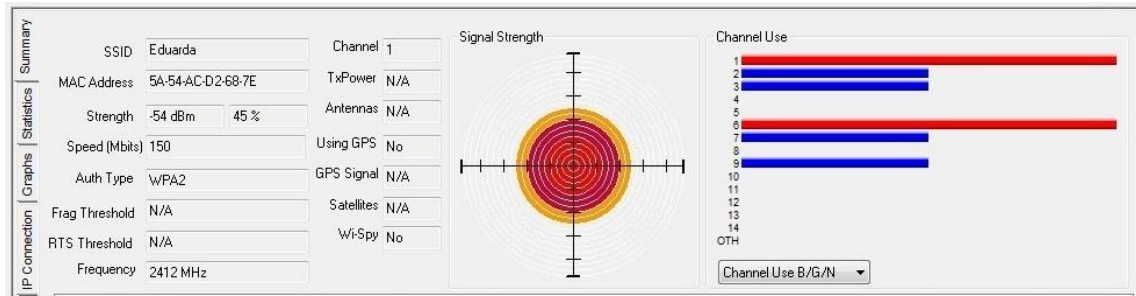
A Figura 11 mostra o netbook no ponto 2 e conexão em 100 Mbps.



**Figura 11 - Netbook no P2 e status da conexão local em 100 Mbps**

**Fonte: Autoria própria**

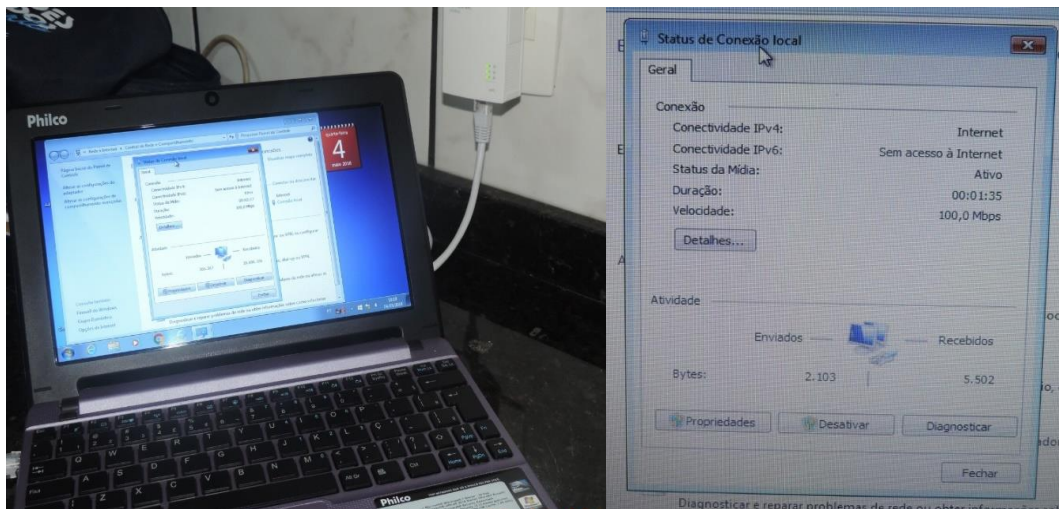
A figura 12 ilustra a intensidade do sinal medida no P3.



**Figura 12 - Intensidade do sinal no Ponto 3**

**Fonte: Autoria própria**

A figura 13 mostra o netbook no ponto 3 e conexão em 100 Mbps.

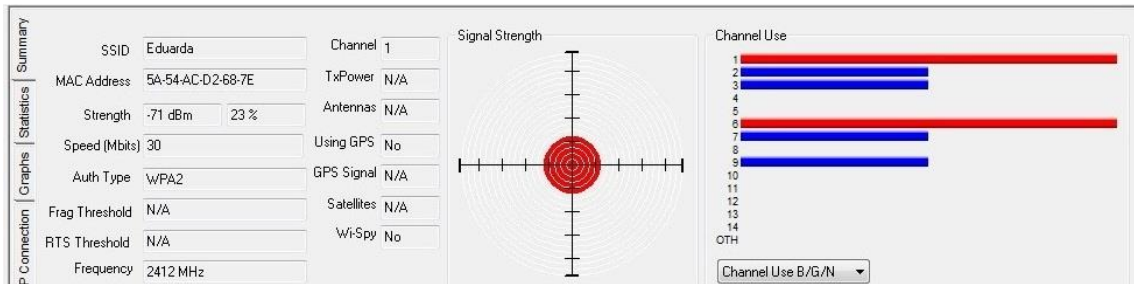


**Figura 13 - Netbook no P3 e status da conexão local em 100 Mbps**

**Fonte: Autoria própria**

A figura 14 ilustra a intensidade do sinal medida no P4.

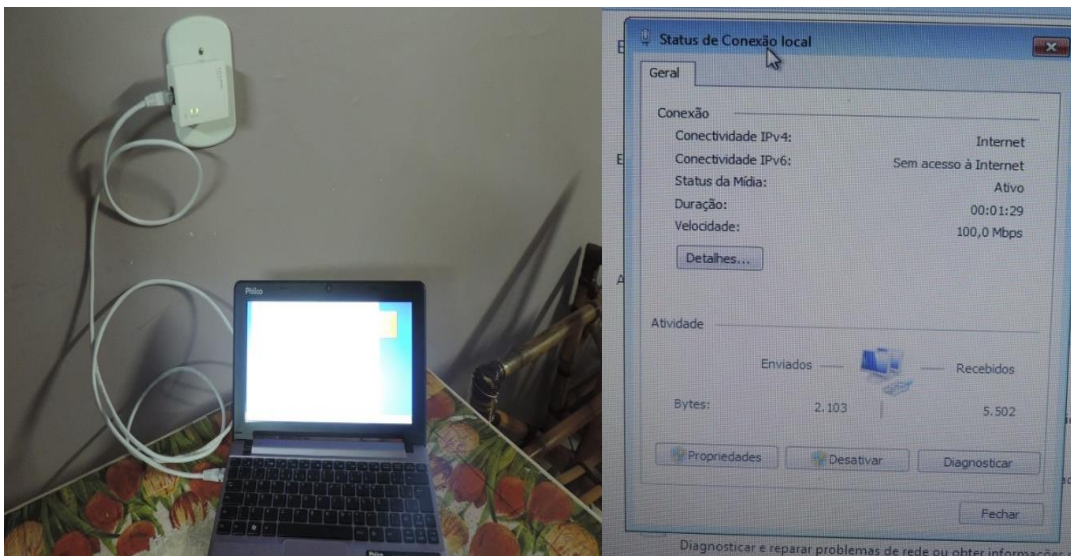




**Figura 14 - Intensidade do sinal no Ponto 4**

**Fonte: Autoria própria**

A figura 15 mostra o netbook no ponto 4 e conexão em 100 Mbps.



**Figura 15 - Netbook no P4 e status da conexão local em 100 Mbps**

**Fonte: Autoria própria**

A tabela 1 abaixo, informa os dados de SSID, mac address, canal e força do sinal nos 4 pontos da casa conforme figuras dos testes feitos no software Wireless Mon.

<b>Pontos</b>	<b>SSID</b>	<b>Mac Address</b>	<b>Canal</b>	<b>Força do sinal</b>
P1	Eduarda	5A-54-AC-D2-68-7E	1	25%
P2	Eduarda	5A-54-AC-D2-68-7E	1	31%
P3	Eduarda	5A-54-AC-D2-68-7E	1	45%
P4	Eduarda	5A-54-AC-D2-68-7E	1	23%

**Tabela 1 - Dados de SSID, Mac address, canal e força do sinal**

**Fonte: Autoria própria**

O segundo teste foi realizado para visualizar o tempo de transmissão e comparar os mesmos utilizando a rede Wi-Fi e o PLC.

Foi realizado através de testes de ping pelo prompt de comando do Windows, nos 4 pontos da casa, primeiro na rede wifi depois utilizando os conectores PLC.

Disparado um ping no gateway 192.168.1.1 IP que esta no modem ADSL e anotado os tempos de transmissão da média em milissegundos, depois disso foi conectado o aparelho PLC, uma extremidade no Modem ADSL e a outra no laptop e na tomada em cada um dos 4 pontos, realizado teste de ping no gateway 192.168.1.1 e anotado os tempos de transmissão da média em milissegundos, como podemos observar na tabela abaixo, o tempo de transmissão com o conector PLC foi menor em relação ao Wi-Fi nos pontos P1 e P4, nos pontos P2 e P3 o tempo de transmissão foi menor utilizando Wi-Fi.

A tabela 2 abaixo informa a Média em milissegundos utilizando transmissão Wi-Fi x PLC .

Local	Tempo de transmissão Wi-Fi	Tempo de transmissão PLC
P1	8 ms	3 ms
P2	3 ms	4 ms
P3	1 ms	3 ms
P4	11 ms	7 ms

**Tabela 2 - Tempo de transmissão da média em milissegundos**

**Fonte: Autoria própria**

Verificou-se que a transmissão via PLC no P1, obteve um aumento de velocidade de 62,5% melhor quando comparado a solução Wi-Fi. Certamente prejudicada devido aos obstáculos entre os cômodos. Observado que o P4 por estar na maior distância do Access-Point observa-se que o PLC conseguiu uma melhora da velocidade em resultando em 36,3%.

Um fator claro na transmissão Wi-Fi que pode ser comprovado na tabela 3 é quanto melhor a intensidade no sinal menor é o tempo de transferência, ou seja, melhor a taxa de transferência.

Local	Tempo de transmissão Wi-Fi	Intensidade do Sinal Wi-Fi
P1	8 ms	25%
P2	3 ms	31%
P3	1 ms	45%
P4	11 ms	23%

**Tabela 3- Tempo de transmissão X intensidade de sinal Wi-Fi Fonte:**

**Autoria própria**

Os testes nos Pontos P2 e P3 conforme tabela 2 apresentaram uma piora da transmissão via PLC quanto comparada a rede Wi-Fi.

A figura 16 exibe a planta elétrica da casa, o local em vermelho representa a parte da fiação e a localização do disjuntor responsável pela distribuição da fiação elétrica.

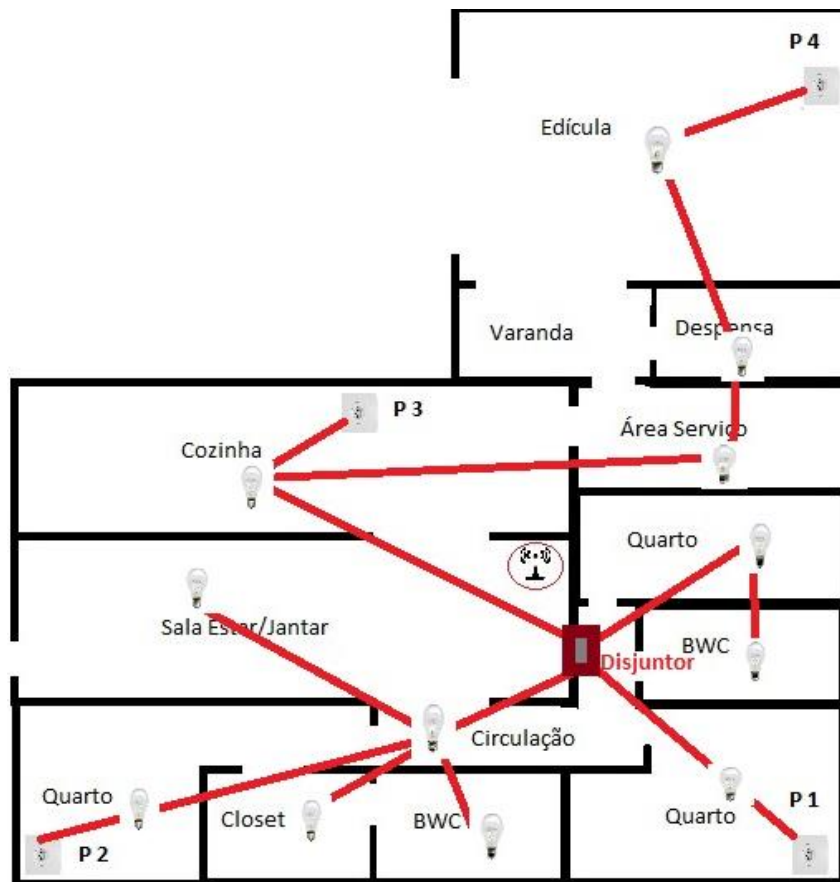


Figura 16 - Planta elétrica da casa

Fonte: Autoria própria

Outro fator de relevância para a devida análise dos dados é que quanto maior a distância em metros dos cabos elétricos maior é a atenuação do sinal. Resultando num tempo de transferência maior devido sua perda de qualidade. Na tabela 4 observa-se as devidas relações entre tempo de distância.

Local	Tempo de transmissão PLC	Distância aproximada da fiação
P1	3 ms	5,6 mts
P2	4 ms	9,2 mts
P3	3 ms	7,5 mts
P4	7 ms	13,5 mts

**Tabela 4 - Tempo de transmissão x Distância**

**Fonte: Autoria própria**

Quando realizada a análise das distâncias do cabeamento elétrico chega-se a conclusão que este é um fator de importância ao projeto, pois o ponto P2 possui a segunda maior distância nesta topologia, resultando numa piora no tempo de resposta que resultou em 25% inferior em comparação a rede Wi-Fi.

Por sua vez o ponto P3, possui a terceira maior distância de cabeamento elétrico, o que também compromete o projeto, além do fato que o ponto encontra um canal livre para transmissão Wi-Fi, resultando num excelente tempo de resposta de 1ms, sendo assim 66,6% superior a rede PLC. Vencida pela atenuação em relação à distância no cobre da fiação elétrica.

Outro fator de destaque é a rede elétrica estar sobrecarregada quando também estiver realizando a transferência dos dados, na tabela 5 observa-se o quanto à atenuação do sinal é comprometida quando a mesma está sendo utilizada por outros equipamentos elétricos.

<b>Local</b>	<b>Tempo de transmissão Wi-Fi</b>	<b>Tempo de transmissão PLC</b>	<b>Tempo de transmissão PLC com alguns equipamentos ligados a rede elétrica</b>
P1	8 ms	3 ms	6 ms
P2	3 ms	4 ms	6 ms
P3	1 ms	3 ms	5 ms
P4	11 ms	7 ms	9 ms

**Tabela 5 - Tempo de transmissão Wi-Fi x Tempo de transmissão PLC x tempo de transmissão com equipamentos ligados e rede elétrica**

**Fonte: A autoria própria**

Observa-se que o ponto P1 teve seu sinal comprometido, na sua qualidade de sinal em 50% quando comparado aos tempos de resposta em milissegundos com os equipamentos ligados a rede elétrica. O ponto P2 por sua vez resultou numa piora em 33% seguido pelo ponto P3 com 40% em seu aumento no tempo de resposta. Já o ponto P4 teve uma piora de 22%.

## 5. CONCLUSÃO

Os estudos e pesquisas que estão sendo desenvolvidos para o funcionamento e implantação do PLC vem se tornando cada vez mais atrativo e promete trazer forte competição para o mercado de telecomunicações já que o seu alcance é imenso devido à tecnologia usar a capilaridade da rede elétrica. A falta de manutenção e o uso clandestino das redes elétricas acabam se tornando o principal empecilho para a tecnologia não alavancar em território nacional, já que esses mesmos problemas acarretariam em mau funcionamento da tecnologia. Para que a PLC se torne mesmo real concessionárias de energia elétrica e empresas de telecomunicação precisam entrar em parceria, já que a tecnologia atende suas necessidades e possibilita a venda do serviço de comunicação em banda larga.

Ao usar a infraestrutura da rede elétrica já existente, torna-se possível levar o acesso à Internet a regiões remotas com relativamente pouco investimento. Sua rápida implantação também permite que seja possível se realizar instalações massivas em períodos de alto crescimento da demanda. Além disso, devido a sua forma de acesso, torna-se mais fácil a conexão de aparelhos eletroeletrônicos, como televisões, geladeiras, aparelhos de som, rádios, entre outros, ao sistema.

Essa estrutura de alta capilaridade aliada ao baixo valor de investimento pode atingir uma gama significativa de consumidores, o que certamente contribui para uma inclusão digital (acesso aos dados) de uma parte da população carente de informação e excluída digital e socialmente, podendo ser o ponto de partida para sua aplicação como uma fonte alternativa e barata. Não há tecnologia que solucione estes problemas isoladamente e de forma instantânea.

Um fator muito importante é que quanto maior a distância dos cabos elétricos, maior será a atenuação do sinal, resultando assim em um tempo de transferência maior, devido à perda de qualidade.

Nos testes realizados nos 4 pontos da casa foi possível observar que no ponto 2 como possui a segunda maior distância de cabeamento, obtivemos uma piora de 25% em comparação a rede Wi-Fi, por sua vez o ponto 3 como possui a terceira maior distância o sinal também foi comprometido, além do fato que o sinal Wi-Fi possui um canal livre, sem nenhum

obstáculo que impeça o sinal ou atenuação, resultando em um tempo de 1 milissegundo, sendo 66,6% superior ao PLC.

Por fim podemos observar que se a rede elétrica estiver sobrecarregada ao realizar a transferência de dados o sinal também será comprometido.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDRIA, Francisco Carlos de; CARVALHO, Sergio Silva de. **A Incidência do ICMS sobre um novo serviço de comunicação: PLC - Comunicação sobre linhas de energia.** In: *Âmbito Jurídico*, Rio Grande, XIV, n. 84, jan 2011. Disponível em: <[http://www.ambitojuridico.com.br/site/index.php?n\\_link=revista\\_artigos\\_leitura&artigo\\_id=8896](http://www.ambitojuridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=8896)>. Acesso em maio 2016.

**ANATEL:** <http://www.anatel.gov.br/> - Acedida em Maio de 2014

ANATEL, Brasília: **Agência Reguladora de Telecomunicações.** Disponível em <<http://www.anatel.gov.br>> Acesso em 22 novembro 2014.

Andrade, Reginaldo Pereira de Andrade, Renato Kronit de Souza, (2004), **Uma Visão Geral sobre a Tecnologia PLC**, Universidade Federal de Goiás - Escola de Engenharia Elétrica, Goiania,.

Biglieri, (Maio de 2015), **E. Coding and Modulation for a Horrible Channel.** IEEE Communications Magazine.

CORRÊA, Josias Rodrigues. **Modelagem de tráfego de redes PLC (POWER LINW COMMUNICATIONS)** utilizando cadeias de Markoy. 2009. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica e de Computação)- Universidade Federal de Goiás, Goiás,2009.

CORRÊA, Josias Rodrigues. **PLC – Power Line Communications**. 2004. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Sistemas de Informação)-União Educacional De Minas Gerais, Minas Gerais, 2004.

ENDESA-PLC, Barcelona: **Projeto PLC Endesa**. Disponível em < <http://www.plcendesa.es> > acesso em 12 setembro 2014.

FERREIRA, Marcus Vinicius de Almeida. **PLC – Power Line Communication**. Universidade Federal Fluminense. Departamento de Telecomunicações –Laboratório MIDIACOM. Disponível em: <<http://www.radiocb.com/main/images/pdf/PLC.pdf>>. Acesso em: 15 março 2016

FERREIRA, Marcos V De A. PLC Departamento De Telecomunicações Universidade Federal Fluminense (Uff).

Disponível em <<Http://Www.Radiocb.Com/Main/Images/Pdf/PLC.Pdf>> Acesso Em 20 outubro 2015

Halid Hrasnica, Abdelfatteh Haidine e Ralf Lehnert, (2004) **Broadband Powerline**

**Communications Networks - Network Design** - Editora John Wiley & Sons Ltd –Londres;

Heo, K. L., Cho, S. M., Lee, J. W., Sunwoo, M. H. E OH, S. K., (Outubro de 2002) **Design of a High Speed OFDM Modem System for Powerline Communications**. Em *IEEE Workshop on Signal Processing Systems - SIPS'02*.

**IBOPE MEDIA**. Disponível em <http://tobeguarany.com/internet-no-brasil/>

Lee, M. K., Newman, R. E., Latchman, H. A., Katar, S. E Yonge, (Junho de 2003)

**L.Homeplug 1.0 Powerline Communications LANs - Protocol Description and Performance Results.** *International Journal of Communication Systems.*

Light – **Companhia Energética do Estado do Rio de Janeiro**

<<http://www.lightplc.com.br/bra/index.htm>> - Acesso em: maio de 2015. OFDM Tutorial, <http://www.wavereport.com/tutorials/OFDM.htm>

Little, **White Paper on PLC and its impact on the development of Broadband in Europe** - Arthur D. Little for PUA (2004).

Malathi, P. e Dr. Vanathi, P.T., "**Power Line Communication using OFDM and OGA**", AIML Journal, Volume 7, Issue 1, Junho, 2007, [www.icgst.com](http://www.icgst.com).

MORAES, Daniel Calixto Fagundes. **A Viabilidade Da Transmissao De Dados Em Redes De Energia Elétrica De Baixa Tensão.** Universidade Federal de Santa Catarina UFSC Maio de 2002.

MONQUEIRO, Júlio César Bessa.**Entendendo a Internet sob rede elétrica.** Disponível em < <http://www.guiadohardware.net/artigos/internet-rede-eletrica/> > acesso em 23 outubro 2015.

PLCFORUM, **Site com discussões sobre PLC:** Disponível em: <<http://www.plcforum.com>>. Acesso em: Maio de 2015

**Projeto de Redes de Computadores** - <http://www.Projetoderedes.com.br> - Acesso em Junho 2014.

ROCHA, André Luiz. **A tecnologia powerlinecommunication – transmissão de dados via rede elétrica**. 2009. 78 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós Graduação)- Escola Superior Aberta do Brasil, Espírito Santo, 2009.

SANTOS, Marçal. **Internet Via Rede Elétrica**, Centro De Computação Da Unicamp. <[Http://Www.Ccuec.Unicamp.Br/Revista/Infotec/Artigos/Marcal4.Html](http://Www.Ccuec.Unicamp.Br/Revista/Infotec/Artigos/Marcal4.Html)> Acessado Em 19 Agosto 2014.

SANTOS, Christiane Borges. **Modelagem de tráfego em redes PLC utilizando cadeias de Markov**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica e de Computação) - Programa de Pós-Graduação da Escola de Engenharia Elétrica e de Computação - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.

Disponível em: <[http://bdtd.ufg.br/tesesimplificado/tde\\_arquivos/18/TDE-2010-04-16T113400Z-717/Publico/Dissertacao%20Christiane%20Santos%20EEC.pdf](http://bdtd.ufg.br/tesesimplificado/tde_arquivos/18/TDE-2010-04-16T113400Z-717/Publico/Dissertacao%20Christiane%20Santos%20EEC.pdf)>. Acesso em: 10 março. 2016.

Silva, Augusto Ricardo B. Silva, (2005), **Provimento de inclusão digital utilizando PLC**, Universidade Federal da Bahia – Instituto de Matemática – Departamento de ciência da computação, Salvador.

SILVA, Fabrício De Carvalho. **Comunicação Através Da Rede Elétrica Redes & Cia Soluções Inteligentes Em Redes De Computadores**. Disponível Em <[Http://Www.Redesecia.Com.Br/Site/Artigos/Tecnologia\\_PLC.Pdf](http://Www.Redesecia.Com.Br/Site/Artigos/Tecnologia_PLC.Pdf)> Acesso Em 20 Agosto 2014.

SILVA, Aislan Correia da. **Estudo sobre a viabilidade da implantação da tecnologia PLC**. 2009. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Sistemas de Informação)- Faculdade Sete de Setembro, Bahia, 2009.

**PLC no Brasil**, Disponível em: <http://www.tecmundo.com.br/energia/3172-como-anda-o-avanco-do-power-line-communication-no-brasil.htm>. Acesso em 10 março 2016.

**Teleco**: <http://www.teleco.com.br/> - Acedida em Julho 2014