

# Estudo da Influência do Ruído em Transmissão de Dados na Tecnologia PLC

Alan de Lima Gonçalves, Professora ME. Andrea Collin Krob

Centro Universitário La Salle (UNILASALLE)  
Ciência da Computação

Av. Vitor Barreto 2288 – CEP 92010-000 - Canoas – RS – Brasil

alanlimagoncalves@gmail.com, Andrea.Krob@unilasalle.edu.br

**Abstract.** *This work is a study of the influence of noise in the data communications by electricity network, directing its use in residential and building internal area. A real experiment using two PLC modems and analyzing the throughput achieved by the equipment, varying the noise imposed on communications was conducted.*

**Keywords:** *Power Line Communication, noise.*

**Resumo.** *Este trabalho é um estudo da influência do ruído na comunicação de dados pela rede elétrica, direcionando sua utilização na área interna residencial e predial. Foi realizado um experimento real utilizando dois modems PLC e analisando a taxa de transferência obtida pelos equipamentos, variando o ruído imposto nas comunicações.*

**Palavras chave:** *Comunicação pela rede elétrica, Ruído.*

## 1. Introdução

A rede elétrica inteligente já é uma realidade no mundo e sua popularização é uma questão de tempo. Apesar dos desafios associados a sua implementação, condicionado pelo rompimento de barreiras, grandes oportunidades e benefícios vão ser gerados para a sociedade e diversas partes relacionadas ao setor elétrico e telecomunicações. [1]

A escolha deste tema vem do fato de que o PLC (*Power Line Communication*), já se encontra no mercado há algum tempo, porém não é amplamente divulgado como uma alternativa para resolver certos problemas de infraestrutura, como por exemplo, casas e prédios antigos onde haja dificuldade de usar tecnologias existentes como fibra e cabos de par trançado.

Nesse sentido, o PLC se torna uma tecnologia importante visto a sua facilidade de instalação, pois utiliza a própria rede elétrica existente para transportar os dados. Outra utilização para a tecnologia é como um meio de melhora do sinal wireless, que muitas vezes precisa de passagem de cabo para instalação de novos repetidores.

As redes elétricas residenciais foram originalmente projetadas para transmitir energia elétrica de forma eficiente, de modo que não estão adaptadas para fins de comunicação.[7]

Devido às características atuais da rede elétrica, melhorias na tecnologia PLC devem ser feitas para garantir um bom funcionamento na transmissão dos dados.

Este artigo tem como objetivo apresentar uma análise na interferência sobre a tecnologia que emprega a comunicação de dados na rede elétrica como meio de transmissão conhecida como PLC. O experimento conta com uma verificação da influência dos ruídos na taxa de transferência na tecnologia PLC, identificando o nível em que estes equipamentos podem interferir no funcionamento, visto que esse é um dos desafios da implementação da tecnologia PLC no uso residencial.

## 2. PLC

Historicamente a tecnologia PLC não deve ser considerada como uma nova tecnologia, pois desde 1920 as empresas de energia elétrica utilizam o meio, rede elétrica, para dar suporte aos serviços, onde foram desenvolvidas as ideias de sistemas de portadoras para comunicação de voz em redes de alta tensão.

Em 1988 surge o primeiro protótipo de um modem usando a técnica de espalhamento espectral conhecida como *frequency hopping* ou salto de frequências, onde atingia taxas de 60 bps e distância máxima de 1 Km.

Em 1991 na Inglaterra, foram iniciados testes com comunicação de alta velocidade. Em 1997, foi anunciado pela Norweb e pela Nortel, duas empresas distribuidoras de energia elétrica na Inglaterra, que foi realizado testes de acesso à internet. Desse modo, surgiu a Digital Powerline (DPL), que era uma forma inovadora na área das telecomunicações.

Com o tempo, foram surgindo comunidades para a discussão da comunicação PowerLine, como o PLC Fórum, criado em 1997 na Europa e o Power Line Telecommunications Fórum(PLTF), criado em 1998 nos EUA. Em 2000, a HomePlug Powerline Alliance surgiu como uma aliança principalmente entre fornecedores, com o objetivo de estabelecer um padrão aberto para a tecnologia PLC de rede doméstica.[6]

No Brasil a tecnologia PLC, foi regulamentada em 2009, Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel) publicou a Resolução nº527/2009, regulamentando o uso da tecnologia PLC e que aprova o Regulamento sobre Condições de Uso de Sistemas de Banda Larga por meio de Redes de Energia Elétrica (BPL), definindo a faixa entre 1.705 MHz e 50MHz.[2]

## 3. Metodologia

Levantamento de material bibliográfico: Pesquisa de materiais semelhantes que já foram publicados sobre os assuntos abordados neste artigo.

Experimento em um ambiente domestica: Elaboração de inúmeros testes e coletas.

O experimento consistiu em conectar dois computadores ligados em uma rede ponto a ponto via modem PLC em um ambiente domestico onde foram ligados equipamentos domésticos um a um, e medindo a taxa de transferência entre estes dois pontos utilizando o protocolo de comunicação UDP e TCP, através de uma ferramenta de medição de redes, o software JPERF (IPERF). Onde foi avaliada a taxa de transmissão de dados em relação à distância e ruído no ambiente domestico, foram executados os testes entre dois pontos com a distância entre um ponto a outro de 15m.

A figura 1 mostra a topologia usada no experimento onde constam dois notebooks ligados na rede através do modem PLC.

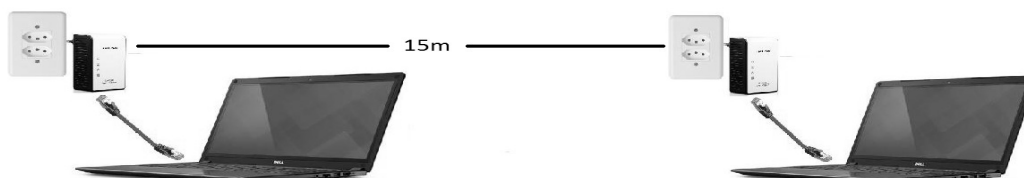


Figura 1 – Dois notebooks ligados em um PLC - autoria própria. [3]

#### 4. Coletas e Resultados

O experimento foi realizado aos domingos pela manhã devido ao resultado dos testes realizados identificarem este como o melhor dia da semana. O experimento foi composto de algumas etapas: Identificação do ambiente do experimento que contou com a identificação dos equipamentos, tomadas, metragem dos fios elétricos entre as tomadas, medições para determinar qual era o melhor dia e horário para as coletas.

Todas as medições do experimento foram realizadas em um domingo pela manhã entre as 6 e 8 horas, com o objetivo de ter o mínimo de ruído externo na rede elétrica, este experimento repetiu-se em 4 domingos com o objetivo de validar as medições anteriores.

Cada medição foi realizada em um tempo de 120 segundos e repetida três vezes consecutivas, e a cada intervalo foi realizado uma medição sem nenhum equipamento ligado com o objetivo de verificar se houve alteração na taxa de transferência.

**4.1- Primeira coleta:** Medição com cabo de rede e modem PLC entre dois notebooks para determinar o padrão de medição a ser utilizado na ferramenta Jperf. Os parâmetros utilizados na ferramenta JPERF para o protocolo UDP e TCP foram:

UDP: iperf -c 192.168.0.200 -u -P 1 -i 1 -p 5001 -l 1470 -f k -b 100M -t 120 -L 5001 -T 1

TCP: iperf -c 192.168.0.200 -P 1 -i 1 -p 5001 -l 100k -f k -t 120 -L 5001

Esta primeira coleta verificou-se dois itens, o primeiro item foi à relação distância com taxa de transferência a segunda se a taxa de transferência na distância máxima (15m), que o ambiente doméstico permitia, seria viável para realização do experimento.

**4,2- Segunda coleta:** A realização da segunda medição com PLC, após identificar a distância ideal para o experimento prosseguiram-se as medições dos equipamentos eletrônicos que mais interferem na transmissão de dados, foram realizadas medições com a presença individual de cada equipamento ligado na mesma rede elétrica do PLC:

Cafeteira; Liquidificador; Refrigerador; Forno de Microondas; Chuveiro; Estufa; Luminárias; Máquina de lavar roupa.

Os resultados das medições estão na tabela 1 onde foram obtidos da ferramenta JPERF configurada para o protocolo TCP.

Medição	Protocolo	Equipamento	Bandwidth Mbits/Sec	Transfer Mbytes
1	TCP	Nenhum	60,052	733,9
2	TCP	Cafeteira	49,166	720,9
3	TCP	Liquidificador	48,198	706,8
4	TCP	Refrigerador	49,344	723,6
5	TCP	Micro-ondas	48,008	703,9
6	TCP	Chuveiro	41,495	608,5
7	TCP	Estufa	49,922	731,4
8	TCP	Luminárias	23,696	348,2
9	TCP	Máquina Lavar	32,071	470,3

Tabela 1 - Medições dos equipamentos com Protocolo TCP - autoria própria.

**4.3- Terceira coleta:** Realização da terceira medição com PLC, após identificar na segunda coleta que a luminária teve o pior resultado na taxa de transferência, foram

realizados novos testes com os tipos de lâmpadas mais comuns encontradas no mercado para uso residencial com o objetivo de identificar qual o melhor tipo de lâmpada para ser utilizada na luminária de um ambiente doméstico com instalação de PLC. Os tipos de lâmpadas utilizados nesta coleta foram:

Lâmpada incandescente; Lâmpada fluorescente; Lâmpada Fluorescente compacta; Lâmpada de LED.

Os resultados das medições foi gerado uma tabela que deu origem a o gráfico 3.

Com o objetivo de analisar os resultados obtidos foram gerados três gráficos.

O gráfico 1 é o resultado da coleta 1 onde foi extraído de uma tabela da coluna da largura de banda obtida com protocolo UDP. Com o objetivo de analisar a taxa de transferência em relação à distância entre os modems.

De acordo com o resultado obtido conclui-se que à medida que um modem é afastado do outro a taxa de transferência diminui, isso se deve ao fato da impedância dos cabos que não são apropriados para transmissão de dados.

Com este resultado da distância máxima, foi possível definir que esta taxa de transferência (61,34Mbps/s), seria viável para realização dos demais experimentos.

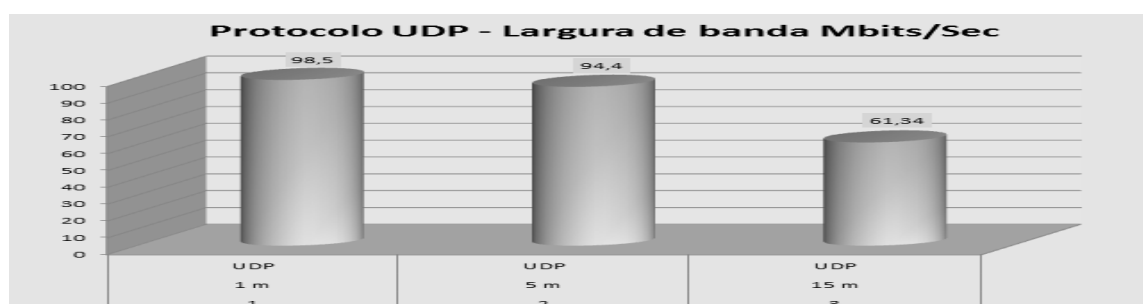


Gráfico 1 – Resultados da coleta distância - autoria própria.

O gráfico 2 extraído de uma tabela 1 onde demonstram as diferenças entre cada equipamento ligado num período de 120 segundos. Analisando o gráfico é constatado que a coleta com a luminária teve o pior resultado entre os equipamentos com 23,69 MBits/s, seguido pela máquina de lavar roupa com 32,07 MBits/s. Como a máquina de lavar não fica ligada o tempo todo em uma residência, e a luminária é o equipamento que mais fica ligado podemos definir que é o equipamento elétrico eletrônico que mais degrada o sinal em uma ambiente doméstico.

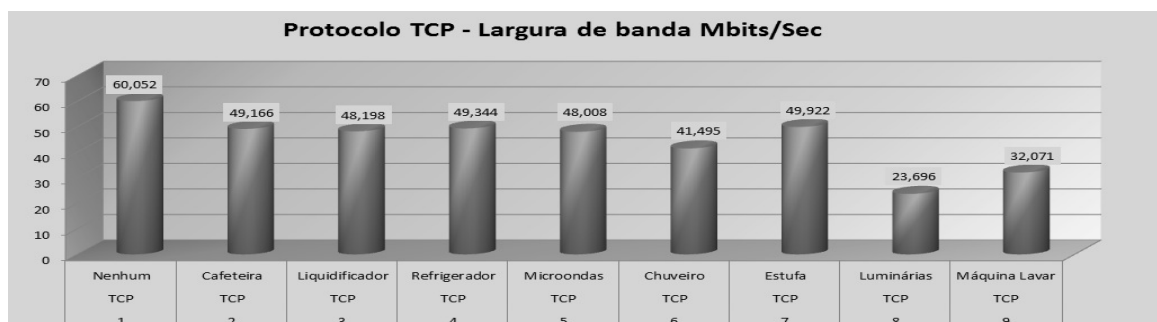


Gráfico 2 - Resultados da tabela Equipamentos - autoria própria.

O gráfico 3 foi obtido da tabela de resultado das medições com quatro luminárias diferentes, a primeira com lâmpada incandescente e resultado de 54,45 MBits/s, a

segunda luminária com lâmpada de LED e resultado de 48,11Mbps/s, a terceira luminária com lâmpada fluorescente e resultado 41,88Mbps/s e a quarta é uma luminária com lâmpada fluorescente compacta e resultado de 46,24 Mbps/s.

Com estes resultados podemos analisar que a luminária com lâmpada fluorescente é o meio eletrônico que mais degrada a taxa de transferência, e a lâmpada incandescente é o que apresenta o melhor resultado dos testes.

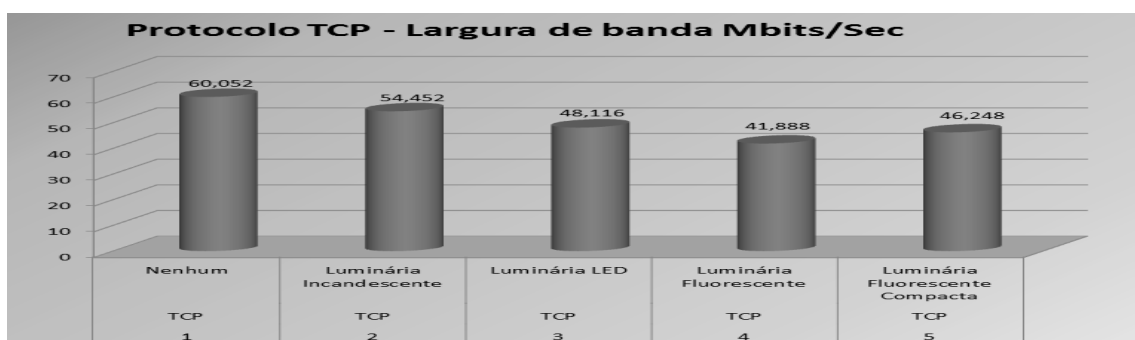


Gráfico 3 - Resultados da tabela Luminárias - autoria própria.

Com esta análise dos resultados obtidos no experimento, podemos definir que mesmo com o pior cenário que foi a luminária com lâmpada fluorescente, ainda a taxa de transferência do equipamento PLC teve um resultado satisfatório para esta tecnologia em um ambiente doméstico.

Com os dados obtidos foi possível chegar a um resultado satisfatório e surpreendente, onde foram identificados diferentes resultados para cada tipo de lâmpada, conseguindo assim saber que tipo de lâmpada seria mais adequada usar em uma luminária em ambiente doméstico com tecnologia PLC em que o ruído da mesma não interfira tanto na taxa de transmissão de dados.

## 5. Conclusão

O propósito do trabalho que é um estudo da influência do ruído na comunicação de dados pela rede elétrica, direcionando sua utilização na área interna residencial e predial atingiu seu objetivo imediato, que foi mapear de uma forma simples os equipamentos de uso doméstico que interferem na transmissão de dados, com isso procurando um caminho para amenizar esta causa, que de acordo outros artigos estudados são considerado um dos fatores que contribuem para baixa taxa de transferência de dados em rede elétrica. Por meios de experimentos com software de testes realizou-se comparações individuais de equipamentos do meio doméstico com o meio livre de interferência.

Com os resultados obtidos foi possível identificar que antes de implementar uma rede PLC, deve-se analisar alguns fatores do ambiente como distancias entre os pontos, aparelhos luminárias adaptadores elétricos, indicando assim possíveis ações como troca de modelo lâmpadas nas luminárias dessa forma contribuindo para amenizar o ruído causado por equipamentos em uma transmissão de dados com modem PLC (*Power Line Communcation*).

## 6. Referências

- [1] Toledo, Fabio. Desvendando as Redes Elétricas Inteligentes. Rio de Janeiro : Brasport, 2012.
- [2] ANATEL. Anatel regulamenta sistemas de banda larga pela rede elétrica. [Online] ANATEL, 13 de Abril de 2009. <<http://www.anatel.gov.br/Portal/exibirPortalPaginaEspecialPesquisa.do?acao=&tipoConteudoHtml=1&codNoticia=17976>>. Acesso em: 27 de Abril de 2014.
- [3] Robert Christian Moritz Cantarutti Junior, Felipe Greco e Carlos Marcelo Pedroso. Análise de Tecnologias Disponíveis para Infraestrutura Doméstica em Sistemas IPTV. 16 de setembro de 2012. <<http://www.eletrica.ufpr.br/pedroso/Artigos/SBRT2012-Versao-Final.pdf>>. Acesso em: 3 de Abril de 2014.
- [4] Joabe Araújo de Andrade, Robson Hebraico Cipriano Maniçoba, Marcelo Alves Guimarães, Alex Ferreira dos Santos, Lucas Santos de Oliveira, Murilo Silva Santana. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Análise da Qualidade de Redes PLC Por Meio da Aplicação do Serviço Voip. 2 de Dezembro de 2013 <<http://www.dpf.gov.br/simba/produtos-quimicos/programas/programas-para-download-novo>>. Acesso em: 5 de Abril de 2014.
- [5] IPERF. Iperf Features. Disponível em: <<http://iperf.fr/>>. Acesso em 14 de junho de 2014.
- [6] SANTOS Túlio Ligneul. Power Line Communication <[http://www.gta.ufrj.br/ensino/eel879/trabalhos\\_vf\\_2008\\_2/tulio/Historico.htm](http://www.gta.ufrj.br/ensino/eel879/trabalhos_vf_2008_2/tulio/Historico.htm)> Acesso em 15 de junho de 2014.
- [7] COSTA, André Filipe; SOUZA, Douglas Silva; VIANA, Bruna Jovita; SANTOS, Carlos José Giudice dos. Uma análise dos motivos da não implantação desta tecnologia em escala comercial no estado de Minas Gerais . Julho 2012. <[http://www.oficinadapesquisa.com.br/ARTENS/ARTIGOS/ARTIGO\\_PLC\\_JUL\\_2012.pdf](http://www.oficinadapesquisa.com.br/ARTENS/ARTIGOS/ARTIGO_PLC_JUL_2012.pdf)>. Acessado em: 20 de junho 2014.
- [8] HomePlug Alliance. Disponível em: <<http://www.homeplug.org>>. Acesso em 9 de julho de 2014.
- [9] VITAL, Ricardo Brandão Nogueira. Caracterização do Canal de Comunicação em Rede de Distribuição de Energia Elétrica de Baixa Tensão. Abril de 2010 <[http://www.inatel.br/biblioteca/component/docman/doc\\_download/3944-caracterizacao-do-canal-de-comunicacao-em-rede-de-distribuicao-de-energia-eletrica-de-baixa-tensao.pdf](http://www.inatel.br/biblioteca/component/docman/doc_download/3944-caracterizacao-do-canal-de-comunicacao-em-rede-de-distribuicao-de-energia-eletrica-de-baixa-tensao.pdf)>. Acessado em: 6 de setembro 2014.
- [10] VELLOSO Pedro Braconnot; CUNHA Daniel de Oliveira; AURELIO Amodei Junior; RUBINSTEIN Marcelo Gonçalves; OTTO Carlos Muniz Bandeira. Redes Domiciliares: Principios e Desafios das Tecnologias Sem Novos Fios. <<http://www.gta.ufrj.br/ftp/gta/TechReports/VCAR04.pdf>>. Acessado em 20 de setembro 2014.