

TRANSMISSÃO DE DADOS ATRAVÉS DA REDE ELÉTRICA

Jocemar Luiz Cardoso Flores Filho¹

Marcelo Rios Kwecko²

RESUMO

Este trabalho apresenta a implementação de uma rede de computadores com transmissão de dados através da rede elétrica, utilizando a tecnologia *PLC – Power Line Communication*, como proposta de Trabalho de Conclusão de Curso submetido como requisito parcial à obtenção do grau de Técnico em Manutenção e Suporte em Informática. Foram realizadas injeções de pacotes TCP para medir o desempenho da rede, utilizando o *software* Iperf, bem como a comparação da rede PLC com outras mais comumente utilizadas. O PLC é uma alternativa para utilizar a rede de energia elétrica como um canal de transmissão de dados, tornando-se, também, uma rede de comunicação de dados. A grande vantagem no uso desta tecnologia está no fato de utilizar toda a infraestrutura de distribuição de energia elétrica existente para, também, transmitir dados. Isso facilitaria o acesso à internet, pois qualquer ambiente (residência, escola, biblioteca, etc.) com energia elétrica poderia ter acesso à internet sem a necessidade de, por exemplo, uma linha telefônica. Por outro lado, é preciso monitorar o comportamento do sinal na rede elétrica, a fim de se verificar a possibilidade de alguma interferência ou ruído nas transmissões, que prejudicam a transmissão dos dados.

Palavras-chave: PLC, redes, transmissão de dados, rede elétrica.

ABSTRACT

This study presents the implementation of a computer network with data transmission through the power grid using PLC technology - Power Line Communication, as a proposal of a Final Paper submitted in order to obtain the degree of Technical in Maintenance and Support in Information Technology. TCP packet injections were used to measure network performance through the use of Iperf software as well as the comparison of the PLC network with other more commonly used networks. The PLC is an alternative to the use of the electricity network as a channel for data

¹ Estudante do Curso Técnico em Manutenção e Suporte em Informática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense, Câmpus Camaquã. E-mail: joce.filho@hotmail.com

² Professor Orientador do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense, Câmpus Camaquã. Mestre em Engenharia Elétrica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul PUCRS, 2005 e Bacharel em Ciências da Computação pela Universidade Católica de Pelotas UCPEL, 2002. E-mail: kwecko@camaqua.ifsul.edu.br

transmission, also becoming a network for data communication. The great advantage in using this technology is the fact that it uses all the infrastructure of power distribution existing to transmit data. This would facilitate access to the internet because any environment (home, school, library, etc) with access to the electric network could have access to the internet without the need of, for example, a telephone line. On the other hand, it is necessary to monitor the behavior of the signal in the power grid, in order to verify the possibility of some interference or noise in the transmission that impairs transmission of data.

Key words: PLC, networks, data transmission, grid.

INTRODUÇÃO

Atualmente, o acesso à comunicação, principalmente à comunicação de dados, é um fator quase indispensável no dia-a-dia do ser humano, tanto na vida profissional quanto na pessoal. Com isso, a busca por acesso à internet é uma constante. Porém, as empresas que oferecem esses serviços não acompanham essa demanda (Gráfico 1). Um dos motivos desse não acompanhamento, é a falta de interesse dessas empresas em levar a internet à locais mais remotos, onde não há grande concentração de população. Isso se deve ao fato de que o investimento em uma infraestrutura para essas localidades não compensam.

Para ajudar no combate ao problema, existe a possibilidade da aplicação de uma tecnologia que tem um alcance que as demais não possuem, o PLC (*Power Line Communication*). Com ela, é possível utilizar toda a estrutura de distribuição de energia elétrica para, também, transmitir dados. E este é o grande diferencial desta tecnologia, pois o acesso à rede elétrica chega à 98% da população brasileira. É por isso que o PLC é chamado de a democratização da internet, conforme afirmam Silva e Júnior (2010):

A transmissão de banda larga através da rede elétrica é a disseminação da internet para todos os lares. A PLC vai democratizar o uso doméstico da internet, chegando aos 129 milhões de pessoas que não têm acesso a internet, permitindo que a mídia cultural eletrônica possa ser de uso integral na cultura moderna existente.

Diante deste cenário, o objetivo deste trabalho consiste no estudo e implementação da transmissão de dados através da rede elétrica, como uma alternativa para facilitar o acesso à internet. Para tanto foram verificados os requisitos mínimos para aplicação desta tecnologia em uma rede local, analisando o comportamento do sinal e comparando com outras utilizadas comumente.

1. REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 O ACESSO À INTERNET

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, em sua pesquisa “Acesso à Internet e Posse de Telefone Móvel Celular para Uso Pessoal” com base na PNAD – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios entre os anos de 2005 e 2011, revela que quase metade da população brasileira possui acesso à internet, conforme exemplifica o gráfico a seguir:

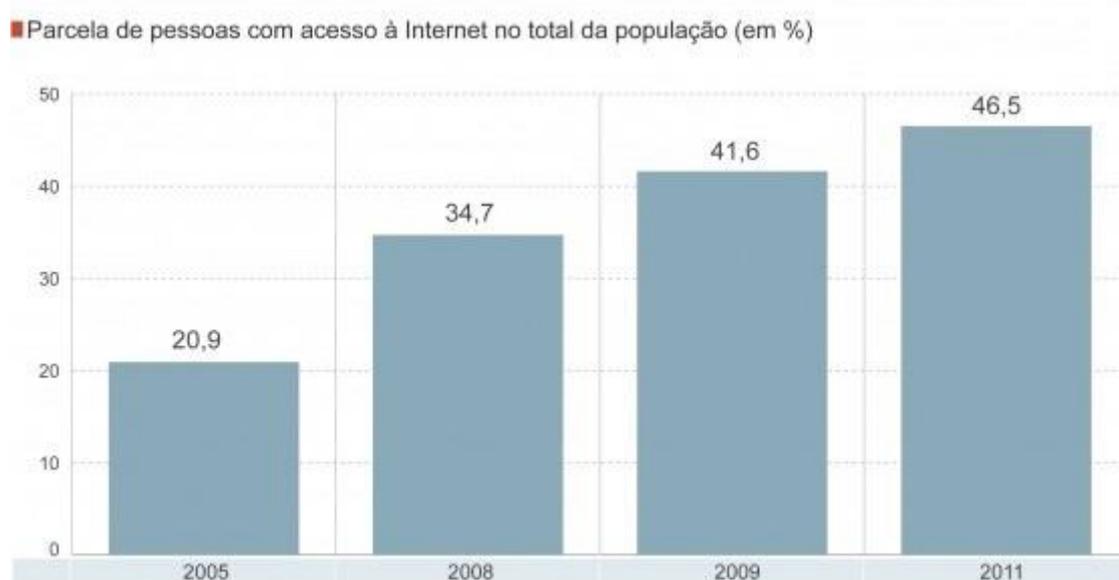


Figura 1 – Parcela de pessoas com acesso à internet no total da população (em %).

Fonte: IBGE – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios.

Segundo a UIT – União Internacional de Telecomunicações (agência do sistema das Nações Unidas dedicada a temas relacionados às tecnologias da informação e comunicação – TICs) citada por Ribeiro et al. (2012), pesquisas realizadas entre os anos de 2005 e 2010, revelaram que o Brasil passou de 2 para 6,8 assinantes de banda larga (por 100 habitantes), a frente de países como África do Sul e Índia, mas atrás de México e Argentina, conforme tabela a seguir:

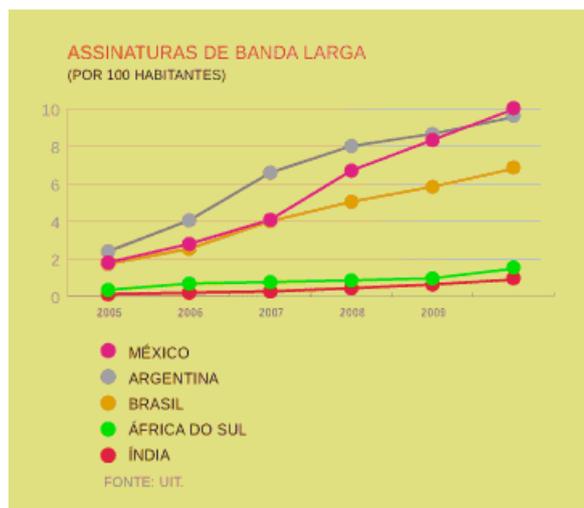


Figura 2 – Assinaturas de Banda Larga.

Fonte: <http://www.caminhosdabandalarga.org.br/2012/11/capitulo-7/>

Por outro lado, dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA mostram que apenas 20,8% dos domicílios do Brasil têm acesso à banda larga, conforme segue:

Somente seis estados têm banda larga em mais de 90% das cidades. Municípios pequenos não são considerados rentáveis

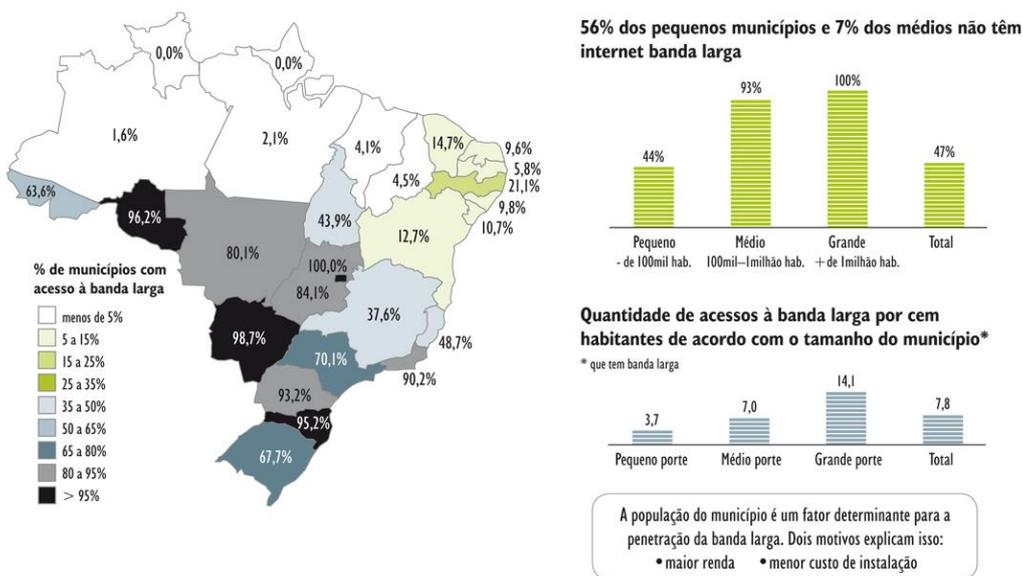


Figura 3 – Percentual de municípios com acesso à banda larga.

Fonte: Comunicados do IPEA nº 46 – Análise e recomendações para as políticas de massificação de acesso à internet banda larga.

Por conta desses dados, IPEA e Telebrás avaliam que as empresas que oferecem banda larga exploram apenas o melhor filão do mercado: domicílios de alta renda, que podem pagar caro pelo serviço, em áreas urbanas, com grande densidade de pessoas, onde a mesma infraestrutura pode atender a vários acessos (Senado Federal, 2013).

Nesse contexto, surge a tecnologia PLC – *Power Line Communication*, que utiliza a rede de energia elétrica para prover serviços de comunicação de dados, como a conexão à internet. Conforme dados do Censo IBGE 2010, a capilaridade da rede de energia elétrica alcança aproximadamente 98% da população brasileira (área urbana e rural). Segundo Silva (2009, p. 8), é importante frisar o ideal de penetração do PLC:

A *PLC* tem o potencial de penetração, pois, com ela, será possível integrar a internet a qualquer residência ligada à rede elétrica, desde que a operadora de distribuição de energia elétrica domine essa tecnologia. A capacidade de transmissão da PLC vai alterar drasticamente o mercado de soluções para a banda larga como, por exemplo, a videoconferência, a telemedicina, a educação à distância e o conceito de telecomandos como monitoração pela internet de controles de iluminação, segurança, ar-condicionado e outros, com base nas altas taxas de transferência de dados e por estar em contato direto com os equipamentos que necessita de energia elétrica para funcionar.

1.2 PLC – *POWER LINE COMMUNICATION*

Ainda segundo Silva (2009, p. 10), o PLC possui a vantagem de utilizar o meio de transmissão de informação através da rede elétrica, e por usar uma infraestrutura já existente, reduz custos de implantação e aumenta os limites de alcance.



Figura 4 – Ilustração de uma casa com PLC.

Disponível em: <http://bandaanha.eu/articulos/ieee-publica-estandar-plc-hasta-500-mbps-7798>

A grande vantagem do PLC em relação às demais tecnologias está na utilização da capilaridade da rede elétrica já existente, permitindo o acesso à internet apenas conectando um dispositivo na tomada, sem a necessidade da instalação de cabos. Em uma residência que utiliza a tecnologia PLC, cada tomada elétrica serve, também, como um ponto de acesso à internet.

1.2.1 Tipos de redes PLC

Há dois tipos de redes PLC, *indoor* e *outdoor*. Na rede *outdoor*, os dados circulam na rede pública, comunicando os usuários com a rede mundial de computadores. Na rede *indoor*, os dados circulam em uma rede local, ou seja, na rede elétrica de um prédio e, segundo afirma Parente (2011, p. 12), “A rede *indoor* é bastante simples, ela funciona de forma semelhante às antigas babás eletrônicas, ou seja, um dispositivo envia dados e outro os recebe, tudo via rede elétrica do próprio prédio. Nesse modelo de conexão, não há troca de dados com o meio externo”.

1.2.3 Padronização

Um dos fatores que auxiliam na dificuldade de difusão do PLC é a falta de padronização. Sem um padrão, não existe interoperabilidade entre equipamentos de fabricantes diferentes. Da mesma forma, um provedor de PLC fica refém de um produto específico, bem como à mercê da evolução tecnológica da tecnologia escolhida. Alguns grupos foram criados para estudar e contribuir com a padronização do PLC, conforme cita Pereira (2011):

Buscando dentre outras, uma solução para este problema, diversos players atuantes na tecnologia Broadband PLC criaram alguns fóruns de discussão, que contribuem com os órgãos de padronização, principalmente na Europa, Estados Unidos e Japão. Dentre os fóruns podem ser destacados:

- PLCForum - www.PLCforum.com, criado no início de 2000, é constituído de 45 membros regulares e 15 convidados permanentes. 77% dos membros são entidades europeias, sendo a maioria constituída de fornecedores de produtos e desenvolvedores de soluções.
- PLC Utilities Alliance, criado no início de 2002, constituído de 8 empresas europeias de Energia Elétrica que atuam em 13 países da Europa de um total de 25 países no mundo todo. Essas empresas atendem a um mercado superior a 100 milhões de consumidores.
- A HomePlug Powerline Alliance, formada em grande parte por fornecedores de produtos, visa basicamente estabelecer padronização abertas dos equipamentos PLC de rede interna.

Com isso, em dezembro de 2010, o Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos - IEEE publicou a versão final do padrão IEEE 1901 como uma normalização do PLC e, segundo Pereira (2011), possui as seguintes características:

Produtos para redes totalmente de acordo com a IEEE 1901 poderão fornecer taxas que excedem os 500 Mbit/s em redes LAN. Em aplicações para *first-mile/last-mile*, compatíveis

com o IEEE 1901, poderão alcançar distâncias de até 1500m. A tecnologia empregada pela IEEE 1901 usa técnicas de modulação sofisticada, para transmitir dados sobre a corrente alternada padrão de qualquer voltagem na transmissão em frequências abaixo de 100 MHz.

No Brasil, a Agência Nacional de Telecomunicações – ANATEL e a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL publicaram algumas resoluções no intuito de definir regras para uso do PLC no país, tais como:

-Resolução 527/2009 da ANATEL: aprova o regulamento sobre condições de uso de radiofrequências por sistemas de banda larga por meio de redes de energia elétrica;

-Resolução ANEEL 357/2009: regulamenta a utilização das instalações de distribuição de energia elétrica como meio de transporte para a comunicação digital e/ou analógica de sinais

1.2.4 PLC no Brasil

1.2.4.1 Projeto Copel

A Companhia Paranaense de Energia Elétrica – COPEL é pioneira em experimentos com PLC no país. Em abril de 2001, a empresa anunciou a proposta de implementação da PLC em 50 domicílios na região de Curitiba/PR, todos com computadores já instalados, com o objetivo de ser viável a realização de comparações.

O investimento da COPEL girou em torno de 1 milhão de dólares. Foram adquiridos equipamentos com a empresa alemã RWE Plus que, em 2001, apresentou a linha de produtos RWE PowerNet. Esses equipamentos atingiam taxas de até 2 Mbit/s.

Os resultados foram considerados satisfatórios em conexões de curta distância (até 300 metros entre a fonte de sinal e o receptor), atingindo taxas de transferências de até 1,7 Mbit/s

1.2.4.2 Projeto CEMIG

A segunda empresa a anunciar experimentos nesta área foi a Companhia Elétrica de Minas Gerais – CEMIG, em dezembro de 2001 na cidade de Belo Horizonte/MG. A Companhia utilizou a tecnologia da empresa ASCOM, e a infraestrutura ficou sob responsabilidade da INFOVIAS – uma joint venture entre CEMIG e AES, que opera redes ópticas em Minas Gerais.

1.2.4.3 Projeto Eletropaulo

A concessionária de energia elétrica ELETROPAULO iniciou, em 2002, testes de viabilidade da PLC no estado de São Paulo, tanto na região metropolitana como no interior do estado. A empresa segue os moldes do projeto da CEMIG. O projeto segue a estratégia do grupo AES, que detém as ações da CEMIG e ELETROPAULO.

1.2.4.4 Projeto Restinga (Porto Alegre)

Inaugurada no final de 2006, a rede criada no bairro Restinga, em Porto Alegre, Rio Grande do Sul, é a maior em extensão no país. São 3,5 quilômetros de extensão, em uma iniciativa resultante de um convênio firmado entre a Companhia de Processamento de Dados do Município de Porto Alegre - PROCEMPA, Companhia Estadual de Energia Elétrica - CEEE, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS e Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI.

1.3 MODULAÇÃO

A modulação é um fator importante para o desenvolvimento do PLC. Essa técnica consiste em transformar um sinal para ser transmitido através de um canal (meio físico). Os tipos de modulação que podem ser utilizados na comunicação do PLC são citados por Silva (2009, p. 16):

Há muitas escolhas possíveis de modulação para o sistema de comunicação da PLC, cada uma tem suas vantagens específicas e desvantagens.

DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum):

Este tipo de modulação requer, conseqüentemente, uma largura de faixa muito grande para transmitir diversos Mbit/s. Como a largura de faixa disponível é limitada, essa técnica é ideal para transmitir taxas de dados mais baixas nos cabos de energia elétrica.

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing):

A ideia básica do OFDM consiste, ao contrário das técnicas tradicionais, transmitir todos os bits em um único *stream*, em dividir os bits em diversos *streams* de taxa menor, que serão transmitidos por subcanais paralelos.

GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying):

O GMSK é um tipo especial de modulação de faixa estreita que transmite os dados na fase da portadora, resultando um sinal de envelope constante. Isso permite o uso de amplificadores menos complexos, sem produzir distúrbios harmônicos. É um método robusto contra interferência em banda estreita, que é típico de radiodifusão em ondas médias.

1.4 PROBLEMAS DO PLC

Como os cabos de rede elétrica não são um meio ideal para transmissão de dados, alguns problemas surgem durante esta transmissão. O ruído, a atenuação (diminuição da força do sinal em função da impedância do meio em que se propaga), o efeito antena e a existência de transformadores são problemas que devem ser resolvidos para uma comunicação satisfatória. “Um dos principais problemas são as redes com altíssimos níveis de ruído, inviabilizando a transmissão via *PLC*, essa tecnologia pode ser utilizada com sucesso, após uma avaliação prévia do ruído presente na rede de transmissão de energia” (SILVA, 2009, p. 25).

2. METODOLOGIA

2.1 RECURSOS

Para implementação da rede, foram utilizados dois computadores que se comunicaram utilizando a tecnologia PLC através de uma rede elétrica criada com o uso de uma base em madeira que serve de suporte para as tomadas padrão NBR 14136/02, ligadas através de cordão flexível paralelo 300 V (condutor de cobre, capa de PVC, bitola $2 \times 4 \text{mm}^2$ - NBR 13249), conforme figura a seguir:

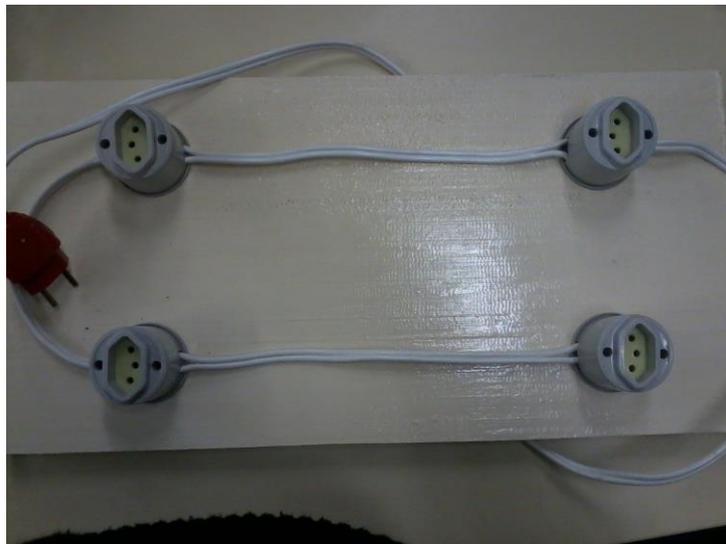


Figura 5: Base com tomadas para rede PLC.

Nas tomadas, foram plugados os adaptadores *powerline* que serviram para realizar a injeção dos dados na rede elétrica. Os adaptadores utilizados nos testes foram os modelos TP-LINK TL-PA211, que utiliza o padrão Homeplug AV. Este padrão foi criado pelo grupo HomePlug Powerline

Alliance, um consórcio de empresas que projetam e constroem equipamentos a serem utilizados na tecnologia PLC.

Para realização das transmissões de dados na rede, foi utilizado o software Iperf. Este software serve para medir o desempenho de uma rede de computadores, através de injeções de pacotes TCP (*Transmission Control Protocol*) e/ou UDP (*User Datagram Protocol*). A ferramenta Iperf não possui interface gráfica, mas pode ser usada juntamente com o Jperf (uma aplicação desenvolvida em Java para sistema operacional Windows®) que possibilita uma interação gráfica.



Figura 6: Visualização da ferramenta Iperf em linha de comando.

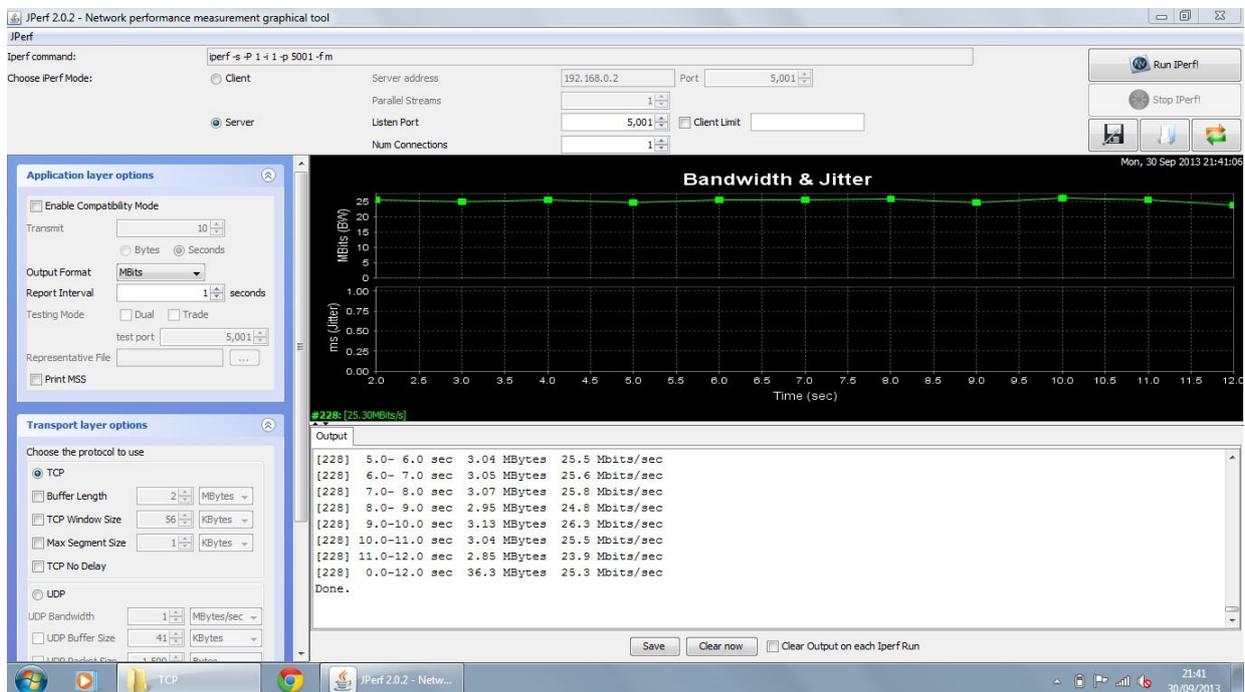


Figura 7: Visualização da ferramenta Iperf com interface gráfica.

2.2 REALIZAÇÃO DOS TESTES

Com os adaptadores PLC conectados às tomadas da base criada, passou-se para instalação do *software* Iperf em dois computadores do tipo *notebook*, que funcionaram no modo cliente/servidor. Com o objetivo de facilitar a visualização das taxas de transmissões dos dados, utilizou-se o Jperf para interação através de interface gráfica, inclusive com a utilização de gráficos, conforme ficou representado na Figura 7.

Cabe ressaltar que, mesmo utilizando um adaptador PLC com o padrão *Homeplug AV*, com taxa de transmissão na rede elétrica de 200 Mbit/s em modo *half-duplex*³, a comunicação entre este adaptador e o computador é realizada através de uma porta IEEE 802.3u⁴. Este fator limita a transmissão em até 100 Mbit/s, mesmo esta operando em modo *full-duplex*⁵, tendo em vista que o cenário utilizado pelo Iperf utilizou uma transmissão por vez.



Figura 8: Adaptadores PLC na rede elétrica

2.2.1 Testes com PLC

Após configuração dos computadores e confirmada a comunicação entre os mesmos, começaram as injeções de pacotes TCP na rede. Como o Iperf funciona no modo cliente/servidor,

³ O dispositivo pode transmitir e receber dados, mas uma coisa de cada vez (Morimoto, 2005a).

⁴ Padrão da família IEEE 802, que denomina a comunicação *fast ethernet*.

⁵ O dispositivo pode enviar e receber dados simultaneamente (Morimoto, 2005a).

um computador ficava aguardando os dados (servidor) enquanto o outro transmitia (cliente). Foram realizadas dez transmissões, cada uma com duração de dez segundos. No final, obtivemos os seguintes resultados:

Transmissões	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a	9 ^a	10 ^a	Média
Mbit/s	17,5	18,3	25,6	19,2	19,2	26,1	25,3	18,5	20,4	25,3	21,54

Tabela 1: Taxas de transmissões na rede PLC.

Com estas informações, verificou-se que a taxa de transmissão média neste cenário ficou em torno de 21,54 Mbit/s, variando entre 17,5 e 26,1 Mbit/s.

2.2.2 Testes com cabo de rede

Neste cenário, não utilizou-se a rede elétrica e os adaptadores PLC. A comunicação entre os dois dispositivos se deu através de cabo de rede. Segundo Torres (2007), para comunicação entre dois computadores utilizando um cabo de rede do tipo par trançado, é necessário um cabo *cross-over*, pois usando um cabo pino-a-pino (também chamado de cabo reto) você precisa de um terceiro elemento (*hub*, *switch*) entre os dois dispositivos.

Para tanto, foi confeccionado um cabo *cross-over* e feita a comunicação entre os dois computadores. Da mesma forma utilizada na rede PLC, utilizou-se o software Iperf operando no modo cliente/servidor. Após os testes, chegou-se aos seguintes resultados:

Transmissões	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a	9 ^a	10 ^a	Média
Mbit/s	93,6	92,7	93,4	92,1	93,5	92,6	93,4	92,7	90,9	92,5	92,74

Tabela 2: Taxas de transmissões utilizando cabo de rede.

A taxa de transmissão média, neste cenário, ficou em torno de 92,74 Mbit/s, variando entre 90,9 e 93,6 Mbit/s.

2.2.3 Testes com conexão sem fio (*wireless*)

A terceira fase dos testes realizou a transmissão dos dados através de uma comunicação sem fio entre os dois dispositivos. Segundo Morimoto (2005b), assim como é possível comunicar dois computadores utilizando um cabo *cross-over*, também podemos usar uma rede *wireless* entre

dois dispositivos, sem um terceiro elemento na rede (ponto de acesso). Este modo de operação denomina-se *ad-hoc*.

Salientamos que as placas de rede *wireless* dos dispositivos utilizados nos testes utilizam uma velocidade de transmissão de até 54 Mbit/s. Após confirmada a comunicação entre os dispositivos, e utilizando o software Iperf nas mesmas condições dos testes anteriores, chegaram-se aos seguintes resultados:

Transmissões	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a	9 ^a	10 ^a	Média
Mbit/s	5,68	5,64	5,67	5,61	5,63	5,67	5,68	5,67	5,73	5,67	5,67

Tabela 3: Taxas de transmissões na rede sem fio (*ad-hoc*).

A taxa de transmissão média, neste cenário, ficou em torno de 5,67 Mbit/s, variando entre 5,61 e 5,73 Mbit/s.

Ainda utilizando a comunicação sem fio, testou-se a transmissão em uma rede entre dois computadores que utilizaram um terceiro elemento para comunicação. Para tanto, usou-se um roteador marca TP-Link modelo TL-WR841N com velocidade *wireless* de 300 Mbit/s. Os resultados foram os seguintes:

Transmissões	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a	9 ^a	10 ^a	Média
Mbit/s	12,3	11,4	12,1	12,0	11,7	12,3	12,3	12,1	11,9	11,7	11,98

Tabela 4: Taxas de transmissões na rede sem fio.

A taxa de transmissão média, neste cenário, ficou em torno de 11,98 Mbit/s, variando entre 11,4 e 12,3 Mbit/s.

2.2.4 Comportamento do sinal na rede elétrica

Nas transmissões com PLC, os testes foram realizados em um ambiente sem interferências. Porém, estudos revelam que existem alterações nas taxas de transmissões caso a rede sofra essas interferências, tais como as geradas por ruídos. Portanto, realizaram-se novamente os testes com o *software* Iperf na rede PLC nos mesmos moldes dos anteriores. Porém, durante a comunicação, foram inseridos equipamentos elétricos nessa rede para verificar a possibilidade de alteração nas taxas de transmissões. Foram utilizados os seguintes equipamentos: ventilador de mesa, aspirador de pó, forno micro-ondas e um termo ventilador. Com isso, chegaram-se aos seguintes resultados:

Transmissões	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a	9 ^a	10 ^a	Média
Mbit/s	22,0	18,3	15,7	15,8	17,5	16,9	18,4	19,4	18,1	18,9	18,1

Tabela 5: Taxas de transmissões na rede PLC, com interferência.

A taxa de transmissão média, neste cenário, ficou em torno de 18,1 Mbit/s, variando entre 15,7 e 22,0 Mbit/s. Verificou-se uma diminuição nas taxas de transmissões de dados em comparação com um cenário sem interferências. Isso também pode ser verificado ao injetar essa interferência durante a transmissão, conforme pode ser observado na figura abaixo:



Figura 9: Efeito da interferência na taxa de transmissão da rede PLC.

Nota-se que a transmissão transcorria dentro da normalidade, em torno de 24 Mbit/s, até que o equipamento elétrico foi ligado, gerando interferência na rede e causando a queda da taxa para 16 Mbit/s.

3. CONCLUSÃO

Após todos os testes, pode-se verificar que, em relação às tecnologias mais utilizadas, o PLC é inferior à comunicação através de cabo de rede no que diz respeito à velocidade nas transmissões de dados. Em relação à rede sem fio, o PLC mostrou-se mais eficaz mesmo em um ambiente com interferência. Dessa forma, essa tecnologia pode ser um grande atrativo em ambientes que não possuem uma estrutura cabeada pronta e a velocidade na conexão não exija uma grande demanda, como em uma residência.

A rede elétrica e a grande maioria dos equipamentos elétricos (geradores de ruídos) utilizados atualmente, ainda não estão preparados para trabalhar em conjunto com esta tecnologia. Outro fator que atrapalhou a popularização do PLC foi a falta de padronização. Com o lançamento do IEEE 1901, espera-se que este problema tenha sido superado.

O PLC não veio para substituir os padrões comumente utilizados, mas para oferecer uma nova opção na comunicação de dados. Em ambientes sem cabeamento de rede pronto, ou locais onde a rede sem fio não alcança, podemos utilizar essa terceira opção de comunicação de dados utilizando uma rede elétrica já existente.

Este trabalho apresentou, basicamente, a transmissão de dados utilizando a tecnologia PLC, através de uma simples rede elétrica, simulando uma rede *indoor*. Durante esse processo, pode-se verificar o funcionamento da tecnologia, bem como sua eficácia. O próximo passo nesse estudo, poderá dar um enfoque em uma rede maior, saindo do ambiente de simulação e aplicando efetivamente em uma rede *indoor*. Essa rede poderia ser criada dentro de, por exemplo, uma escola que necessite ampliar sua rede de comunicação de dados, e que não possua uma infraestrutura pronta. Neste caso, poderiam ser avaliados os custos para implantação da rede, comparando com uma instalação comum via cabo de rede e/ou sem fio, bem como verificada a taxa de transmissão.

REFERÊNCIAS

CAMPOS, Antonio Luiz Pereira de Siqueira; **ARAÚJO**, Lincoln Machado; **MOREIRA**, Ricardo César de Oliveira. “**Investigação Experimental da Vazão de Uma Rede Local de Computadores Homeplug 1.0**”. 2006. CEFET/RN, Universidade Potiguar. < <http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/17/16> >. Acesso em: 25 agosto 2013.

CUNHA, Alessandro F. “**PLC – Power Line Communication**”. 2009. Portal O Setor Elétrico. < <http://www.osestoreletrico.com.br/web/a-revista/edicoes/141-plc-power-line-communication.html> > Acesso em: 26 agostos 2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. “**Acesso à internet e posse de telefone móvel para uso pessoal**”. 2011. PNAD. < http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/acessoainternet2011/default_pdf_internet.shtm >. Acesso em: 19 agosto 2013.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. “**Comunicados do IPEA nº 46 - Análise e recomendações para as políticas de massificação de acesso à internet banda larga**”. 2010. < http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/100426_comunicadodoipea_n_46.pdf > Acesso em: 19 agosto 2013.

LAGES, Walter Fetter. “**Comunicação de Dados Através da Rede Elétrica**”. 2007. UFRGS. < <http://www.ece.ufrgs.br/~fetter/plt/rel2q1.pdf> > Acesso em: 26 agosto 2013.

MORIMOTO, Carlos E. “**Half-Duplex**”. 2005a. Hardware.com.br < <http://www.hardware.com.br/termos/half-duplex> > Acesso em: 18 novembro 2013.

MORIMOTO, Carlos E. “**Ad-hoc**”. 2005b. Hardware.com.br < <http://www.hardware.com.br/termos/ad-hoc> > Acesso em: 18 novembro 2013.

PARENTE, Dante Aguiar. “**Estudo de Sistemas PLC (Power Line Communications)**”. 2011. Universidade Federal do Ceará. Disponível em: < http://www.cgeti.deti.ufc.br/monografias/DANTE_AGUIAR_PARENTE.pdf >. Acesso em: 26 de agosto de 2013.

PEREIRA, Alexandre Cesar; **SILVA**, Lucas Reis; **MARTINS**, Luciano da Rocha; **CAETANO**, Luciano Simões; **MORAES**, Reginaldo Gomes. “**Tecnologia PLC II: Estudo Mercadológico**”. 2011. Teleco. < http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialplcalt2/pagina_2.asp > Acesso em: 07 setembro 2013.

RIBEIRO, Carolina Teixeira; **MERLI**, Daniel; **SILVA**, Silvaldo Pereira. “**Exclusão digital no Brasil e em países emergentes: um panorama da primeira década do século XXI**”. 2012. Caminhos da Banda Larga. Disponível em: < <http://www.caminhosdabandalarga.org.br/2012/11/capitulo-7/> >. Acesso em: 19 agosto 2013.

SENADO FEDERAL. “**Banda larga: distribuição no Brasil, por região e renda, ainda é muito desigual**” < <http://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/banda-larga/mercado-telecomunicacoes/distribuicao-no-brasil.aspx> >. Acesso em: 19 agosto 2013.

SILVA, Aislan Correa. “**Estudo Sobre a Viabilidade da Implantação da Tecnologia PLC**”. 2009. Faculdade Sete de Setembro – FASETE. Disponível em: < http://200.255.167.164/pesquisa/pdf_monografias/sistemas/2009/4827.pdf >. Acesso em 02 setembro 2013.

SILVA, Elisângela dos Santos; **JÚNIOR**, Josafá Alves dos Santos. “**Redes PLC I: Alternativa para Acesso Banda Larga**”. 2010. Teleco. < <http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialredesplc1/default.asp> > Acesso em: 28 novembro 2013.

TORRES, Gabriel. “**Como Montar uma Rede Usando um Cabo Cross-Over**”. 2007. Clube do Hardware. < <http://www.clubedohardware.com.br/printpage/Como-Montar-uma-Rede-Usando-um-Cabo-Cross-Over/1338> > Acesso em: 18 novembro 2013.