

Avaliação da Qualidade da Transmissão para o Canal de Interatividade da TV Digital utilizando *Power Line Communications*

Fabrcio Braga S. de Carvalho, Ewerton Romulo S. Castro, Eliezer F. Braz e Marcelo S. de Alencar

Resumo—Este artigo apresenta uma análise da qualidade da transmissão de dados pela linha de distribuição de energia elétrica, denominada *Power Line Communications (PLC)*, em ambientes residenciais e no interior do campus da UFCG. A tecnologia PLC é uma das propostas para transmitir o canal de retorno da televisão digital do Sistema Brasileiro de Televisão Digital (SBTVD).

Palavras-Chave—Canal de retorno, interatividade, PLC, SBTVD.

Abstract—This paper presents an analysis of the quality of the data transmission technique using electrical distribution lines, known as *Power Line Communications (PLC)*, in residential environments and inside the campus of UFCG. *Power Line Communications* is proposed for transmitting the return channel of the digital television of the Brazilian Digital Television System.

Keywords—Return channel, interactivity, PLC, SBTVD.

I. INTRODUÇÃO

No ano de 2004 o governo brasileiro deu início ao projeto de desenvolvimento do Sistema Brasileiro de Televisão Digital (SBTVD). A intenção é congrega os esforços de diversas instituições acadêmicas e centros de pesquisa nacionais com o intuito de definir um padrão de TV Digital brasileiro.

Um dos tópicos a serem desenvolvidos corresponde à definição do canal de retorno (ou canal de interatividade) do SBTVD, que permita ao usuário o acesso à interatividade e à inclusão digital.

Analisa-se, neste artigo, a proposta de transmissão do canal de retorno por meio da rede elétrica de baixa tensão. Testes práticos foram realizados no IECOM, a partir dos quais foram levantados alguns aspectos relevantes para o cenário e discutidas alternativas de emprego da técnica.

II. A TECNOLOGIA PLC

O uso da tecnologia PLC para a transmissão de dados pela rede elétrica de baixa e média tensão não é novidade. Por volta da década de 1950, o método denominado *Ripple Control* começou a ser empregado; caracterizado pelo uso de baixas frequências (entre 100 e 900 Hz) e baixa taxa de dados na

Fabrcio Braga S. de Carvalho, Ewerton Romulo S. Castro, Eliezer F. Braz e Marcelo S. de Alencar estão no Instituto de Estudos Avançados em Comunicações (IECOM) e no Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande, Brasil. E-mails: [fabrcio@iecom.ufcg.edu.br, ewertonromulo@lsnet.com.br, eliezer_braz@yahoo.com.br]. Este trabalho foi parcialmente financiado pelo CNPq e pela Finep.

rede de alta tensão (acima de 100 kV), o sistema permite uma comunicação unidirecional e é, até hoje, destinado ao controle da iluminação de postes em estradas, chaveamento de cargas e de tarifação, dentre outras [3].

A partir da desregulamentação do mercado de telecomunicações (primeiramente nos EUA, e em seguida na Europa e na Ásia), e principalmente pelo crescimento da Internet. Esta, impulsionada pelos avanços tecnológicos no processamento digital de sinais, passou a exigir cada vez mais serviços de telecomunicações para diversos fins; desta maneira, a transmissão de dados pela linha elétrica ganhou novo impulso como uma solução para essa exigência [4], [5].

A expressão *Power Line Communications (PLC)*, também conhecida como *Power Line Telecommunications (PLT)*, é empregada para identificar tecnologias, equipamentos, aplicações e serviços que proporcionem a comunicação entre usuários por meio de linhas de potência [8]. O PLC é apontado como a maneira de reduzir o cabeamento interno e efetivamente integrar residências, escritórios e fábricas.

O foco atual nas pesquisas com PLC reside nas linhas de baixa tensão (abaixo de 1 kV), chamadas de linhas de distribuição. A linha de distribuição é transformada em uma rede de comunicações com a superposição de um sinal de informação de baixa energia sobre a onda elétrica. Para garantir uma coexistência adequada e uma separação entre os dois sistemas, a faixa de frequência utilizada para comunicações é bem superior à frequência das linhas de energia (50 ou 60 Hz): de 3 a 148,5 kHz para aplicações de PLC de concessionárias e distribuidoras de energia elétrica, e de 1 a 30 MHz para aplicações de PLC em ambientes residencial e de escritório.

O mercado atual envolvendo PLC encontra-se dividido em dois segmentos: o *last mile access*, que diz respeito aos meios de se levar altas taxas de dados até os ambientes (residências, escritórios, etc) por meio da linha elétrica, e o *last inch access*, que permite o acesso a altas taxas de dados dentro desses ambientes. Estudos apontam que o uso de PLC seria mais eficaz que o cabo ou mesmo o *wireless* para prover o acesso no interior das residências [4].

O *last inch access* está conduzindo gradativamente à expansão das redes caseiras, por meio de um vasto conjunto de equipamentos conectados no interior das habitações por uma rede interna (*in-home*). Tal rede pode transformar todas as tomadas elétricas da casa em conexões de distribuição para computadores pessoais, telefones e seus acessórios, bem como para outros dispositivos eletro-eletrônicos, conforme apresentado na Figura 1. Além disso, diversas pesquisas vêm

sendo conduzidas com o intuito de que a rede de transmissão de baixa tensão atue como uma rede local (LAN) para conectar convenientemente, por exemplo, diversos computadores em um prédio sem a necessidade de uma rede interna [3].

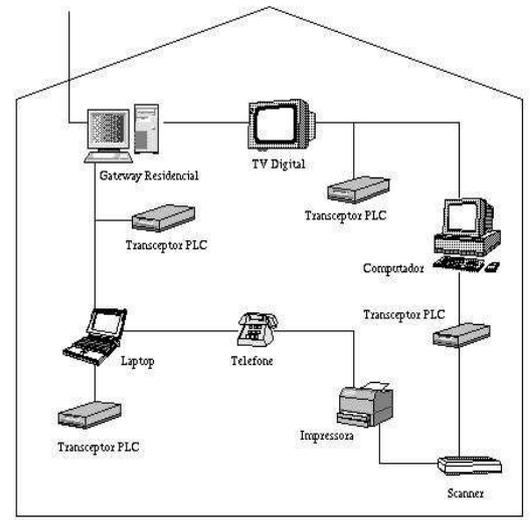


Fig. 1. *Last inch access*, ou acesso dentro das residências

A. O canal de linhas de distribuição como meio de transmissão

As linhas de distribuição de energia elétrica formam um ambiente hostil para a transmissão de dados, por não terem sido projetadas para tal finalidade. Alguns dos principais problemas referentes à transmissão neste meio são [3]:

- *Impedâncias variantes*: a impedância do canal é fortemente variável, dependendo de cargas específicas serem conectadas à rede em momentos específicos. O casamento de impedâncias pode ser importante desde que a potência do sinal no lado do receptor atinja um máximo quando as impedâncias do transmissor, do receptor e do canal estão casadas;
- *Ruído considerável*: o ruído em linhas de potência constitui um problema significativo para a transmissão de dados, já que dificilmente pode ser modelado como um ruído gaussiano branco. A diversidade das características elétricas dos dispositivos conectados à rede pode alterar as características da linha. Fontes típicas de ruído são as ligações de equipamentos que utilizam algum tipo de chaveamento, seja eletrônico (lâmpadas fluorescentes e halogênicas, fontes chaveadas) ou mecânico (motor de escovas). O ruído nas linhas de transmissão pode ser de natureza impulsiva ou seletivo em frequência e, algumas vezes, ambos [4];
- *Altos níveis de atenuação*: A atenuação da portadora é causada por fatores que dependem do número e da natureza das cargas conectadas, da indutância dos fios, da distância e da topologia da rede, e deve ser considerada na análise do canal elétrico. Ou seja, as características elétricas da rede são variantes no tempo em razão dos

dispositivos que são conectados e desconectados aleatoriamente. Para compensar tal situação, algumas vezes utilizam-se repetidores. Outra alternativa é o aumento de potência, mas que pode ser limitado pelas restrições dos padrões em vigor [4].

A propagação do sinal não ocorre em um único trajeto entre o transmissor e o receptor; por isso, o eco também é relevante e deve ser considerado, graças aos múltiplos trajetos existentes no canal. A reflexão do sinal geralmente surge devido às várias impedâncias distintas na rede elétrica.

Medições do canal mostram que para altas frequências a atenuação do canal aumenta. Desta maneira, o canal pode ser descrito como sendo aleatório e variante no tempo, com uma razão sinal-ruído (SNR) dependente da frequência sobre a largura de faixa da transmissão [4], [5], [6].

III. CANAL DE RETORNO PARA A TV DIGITAL BRASILEIRA

A TV convencional está se tornando obsoleta no sentido comercial, por não permitir uma maior interação entre anunciantes e espectadores, deixando de ser um veículo ainda maior de negócios. O novo padrão de TV digital que o Brasil pretende lançar necessariamente deve suportar interatividade, pelo fato de a televisão ainda ser o principal canal de comunicações disponível para os mais diferentes tipos de usuários. Com a interatividade, o caminho da TV digital passa pela convergência com outras tecnologias, como por exemplo a Internet, sendo decisiva a alteração da forma e conteúdo da televisão atual. Programas interativos, comércio eletrônico, seleção de programas exclusivos, acesso à navegação *web* são alguns dos novos serviços que estarão disponíveis com a implantação da TV digital.

No Brasil, 90,3% das residências possui televisores em cores e pouco mais 17,5% dos domicílios possui computador (sendo que apenas 13,2% destes têm acesso à Internet) [7]. Portanto, a televisão digital, por ser a evolução natural da televisão analógica, passa a ser vista pelo governo brasileiro como a ferramenta para proporcionar a inclusão digital da população. O objetivo é proporcionar o acesso das camadas mais pobres à tecnologia e ao computador, valendo-se da presença da televisão na maioria dos lares.

Neste contexto, o governo federal está investindo nas pesquisas que conduzam à definição do SBTVD. Um dos campos de pesquisa mais desafiadores diz respeito à definição do canal de retorno (ou de interatividade). Isto porque o elemento chave para a interatividade nos padrões de TV digital é a capacidade dos receptores proverem a comunicação reversa. Os aparelhos de televisão convencional também estão aptos a receber o conteúdo da TV Digital e fazer a interatividade por meio de um equipamento chamado *set-top box*.

Há cinco propostas de transmissão do canal de retorno sendo estudadas para o SBTVD:

- Emprego de canais de comunicação de dados da telefonia celular;
- Uso de redes *ad-hoc*;
- Utilização de radiofrequência;
- Via telefonia fixa (com *modem* telefônico, serviços xDSL ou *cable modem*);

- Uso de comunicações em linhas de distribuição (PLC).

A proposta que é analisada neste artigo refere-se ao uso de PLC para a transmissão do canal de retorno. Tal cenário merece ser considerado, a despeito de todas as dificuldades de transmissão de sinais de dados, devido à quase universalidade do acesso à energia elétrica no Brasil – 99,5% dos domicílios brasileiros [7]. Foram realizados testes práticos em ambiente residencial, em um prédio de apartamentos e no Laboratório de Comunicações (IECOM) da UFCG, utilizando o PLC como o canal de transmissão. Foram analisados diversos parâmetros, como alcance, perda de desempenho, taxa de transmissão e testes de ruído e de carregamento do sistema; a partir dos resultados, avalia-se a possibilidade de transmitir o canal de retorno do SBTVD por meio dessa técnica.

IV. PROCEDIMENTOS DE MEDIÇÃO

Foram escolhidos três ambientes para a realização das medidas: uma residência típica, um laboratório da UFCG e um prédio de apartamentos de quinze andares, com sessenta apartamentos. Todos esses cenários de medição se situam na cidade de Campina Grande, cuja tensão é de 220 V. Foram utilizados dois terminais PLC já disponíveis comercialmente, da marca *Asoka™ USA Corporation* [11], com as seguintes características: taxa de transmissão máxima de 14 Mbps, protocolo TCP/IP, interface Ethernet, bivolt (110 V ou 220 V), faixa de frequência entre 4,5 e 21 MHz, alcance máximo de 500 m. O equipamento vem acompanhado do *software Asoka™ PlugLink™ Wall Mount*, que fornece a taxa de transmissão em tempo real.

Os seguintes testes foram realizados nos três ambientes:

- *Alcance*: deseja-se medir a variação da transmissão com a distância; para tanto, conecta-se o cabo de rede em um dos terminais do PLC, e este é ligado a uma tomada. A partir daí, vai-se conectar o outro terminal PLC em uma tomada que esteja situada a uma determinada distância do terminal original. Então, aumenta-se gradualmente a distância entre os terminais, com o intuito de medir o alcance do equipamento.
- *Taxa de transmissão*: almeja-se medir a taxa média de transmissão no canal; para isto, utiliza-se o *software* que acompanha o equipamento, e que fornece em tempo real a taxa de transmissão. Segue-se então o mesmo procedimento descrito anteriormente: variando-se a distância entre os terminais, mede-se a respectiva taxa de transmissão.
- *Perda de desempenho – avaliação da qualidade do serviço (QoS)*: a partir dos valores obtidos nos dois itens anteriores, pode-se analisar a perda de desempenho, qual seja o decaimento da taxa de transmissão em função da distância. Também foram realizados testes de transmissão de pacotes, que consistiram na transmissão de pacotes de tamanho variável com o objetivo de se medir o tempo médio de atraso na transmissão destes dados.
- *Teste de carregamento do sistema*: a partir dos procedimentos empregados para a medição da taxa de transmissão, conectam-se diversos equipamentos à rede elétrica, de forma a se avaliar o comportamento da taxa de transferência do sinal nestas circunstâncias (tais equipamentos

para a residência são: liquidificador, forno de microondas, televisores, computadores; já para o ambiente do laboratório utilizam-se computadores, impressora, scanner, equipamentos diversos, etc).

A. Ambiente residencial

Os testes foram realizados em uma residência típica de classe média, com primeiro andar, garagem, área de serviço, três salas de estar, quatro quartos e três banheiros, conforme apresentado na Figura 2. Observa-se também o posicionamento do quadro de distribuição e as tomadas elétricas empregadas nos testes.

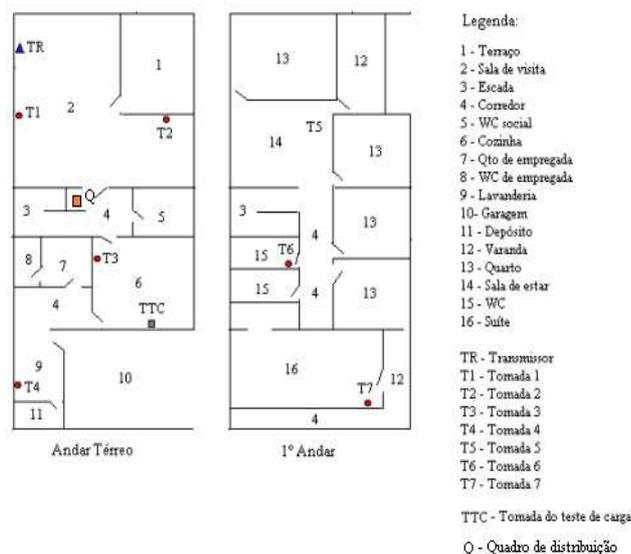


Fig. 2. Croqui da residência utilizada para as medições

Posicionou-se um dos terminais PLC em uma das tomadas da casa e passou-se a conectar o outro terminal nas diversas tomadas elétricas da residência; foram coletados dados como a taxa de transmissão em função da distância entre os terminais, o número de pacotes enviados em função do tempo de transmissão e a variação da taxa de transmissão ao serem realizados testes de carregamento do sistema (adicionando-se liquidificador, batedeira, forno de microondas, dentre outros equipamentos que serão descritos na seqüência). Havia uma carga fixa em todas as medições, que consistia em um refrigerador e de dois freezers.

B. Laboratório

O Laboratório de Comunicações (LABCOM), do Departamento de Engenharia Elétrica da UFCG, foi cenário da realização de testes com os terminais PLC, com o objetivo de prover subsídios para a comparação com os resultados residenciais. O LABCOM é composto de sete computadores, uma impressora laser e um aparelho de ar condicionado constantemente em uso. Realizaram-se os mesmos testes de avaliação da taxa de transmissão ao se variar a distância entre os terminais PLC dentro do laboratório e ao longo do bloco de

Comunicações (que possui mais três laboratórios do porte do LABCOM, bem como vinte salas particulares de professores e alunos de pós-graduação).

C. Prédio de apartamentos

Um prédio de apartamentos de quinze andares, com um total de sessenta apartamentos, situado no centro de Campina Grande, foi utilizado para tentar obter dados que sirvam de comparação aos resultados obtidos para os demais ambientes. Todavia, como não se tem acesso aos apartamentos, não há como determinar o carregamento do sistema (ou seja, quais equipamentos e eletrodomésticos estavam em uso no momento das medições); além disso, os únicos testes que puderam ser realizados diziam respeito à avaliação da taxa de transmissão e da variação desta com relação à distância, com a conexão de um terminal PLC no térreo e de outro em cada andar do edifício.

V. RESULTADOS

Utilizou-se o *MATLAB*® para se desenhar as curvas referentes às medições realizadas, a fim de analisar acuradamente os resultados obtidos.

A. Ambiente residencial

A Figura 3 apresenta a análise da perda de desempenho do equipamento ao se aumentar a distância. O diagrama elétrico da residência foi utilizado para determinar o comprimento dos fios e obter as distâncias entre as tomadas. Conforme esperado, a taxa de transmissão entre os dois terminais PLC diminuiu, porém mesmo a uma distância de aproximadamente 30 m obteve-se uma taxa de cerca de 3 Mbps, o que ainda representa uma taxa considerável. Dentro da residência, não houve problemas quanto ao alcance do equipamento, comprovando as características fornecidas pelo fabricante.

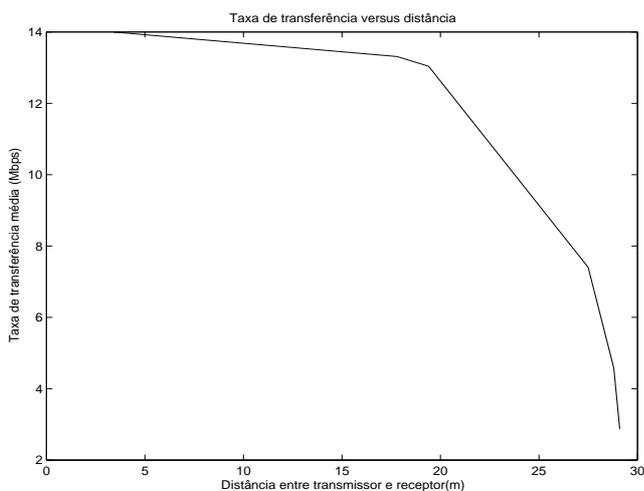


Fig. 3. Resultado do teste de perda de desempenho - ambiente residencial

Os testes de transmissão de pacotes consistiram no envio de pacotes de dados por meio dos terminais PLC, a fim de se medir o atraso médio na recepção dos pacotes em função

do aumento de seu tamanho. A Figura 4 ilustra o resultado desses testes, em que se desejou verificar o tempo de resposta com relação ao aumento do tamanho dos pacotes enviados. A curva média foi traçada para melhor ilustrar o comportamento dos resultados obtidos. Observa-se que para um pacote de 2 kbytes (16 kbits) o tempo médio de atraso foi de cerca de 11 milissegundos.

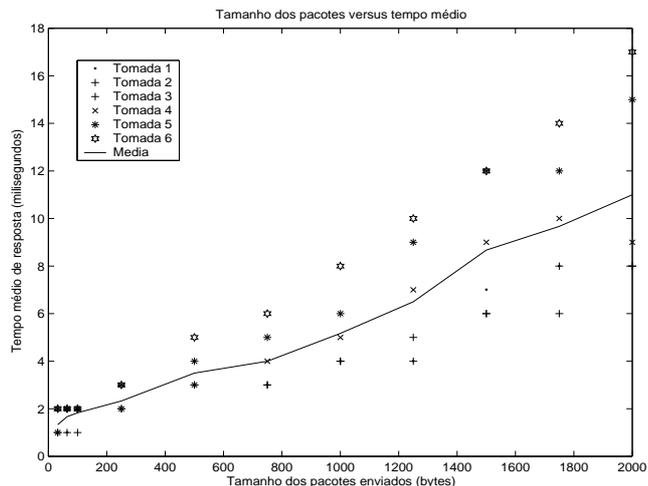


Fig. 4. Resultado do teste de transmissão de pacotes - ambiente residencial

A mudança mais sensível na transmissão ocorreu ao se realizar os testes de carregamento do sistema, com a conexão de eletrodomésticos para se medir a variação na taxa de transmissão. Observou-se que as maiores quedas na taxa de transmissão ocorreram ao se ligar um liquidificador e uma batedeira, fatos que comprovam a atenuação típica do sinal PLC quando do emprego de motores de escova. A situação mais crítica corresponde à conexão de um liquidificador, quando a taxa diminuiu para cerca de 4 Mbps. Os resultados desses testes são apresentados na Figura 5. A situação inicial sem carga apresentada na Figura 5 corresponde a um refrigerador e dois freezers, que estiveram constantemente ligados à rede elétrica da casa, conforme já citado.

Já é sabido que o equipamento PLC é especialmente projetado para aplicações residenciais, em conformidade com a tendência atual de focar as pesquisas sobre PLC na concepção de redes *in-home*. Mesmo nos piores casos dos testes efetuados em ambiente caseiro (conexão de equipamentos de escova: liquidificador, batedeira), a taxa mostrou-se satisfatória, situando-se na faixa de 3 Mbps. Portanto, ressalta-se que dispositivos eletrônicos, como rádios e televisores, bem como outros aparelhos comuns em residências, como máquinas de lavar roupa, geladeira e freezer, não alteram significativamente a taxa de transmissão. Neste cenário, para a hipotética transmissão do canal de retorno da TV digital, a taxa mínima ficou bem acima dos valores teóricos estipulados, o que representa um indício bastante positivo para se utilizar tal tecnologia no SBTVD.

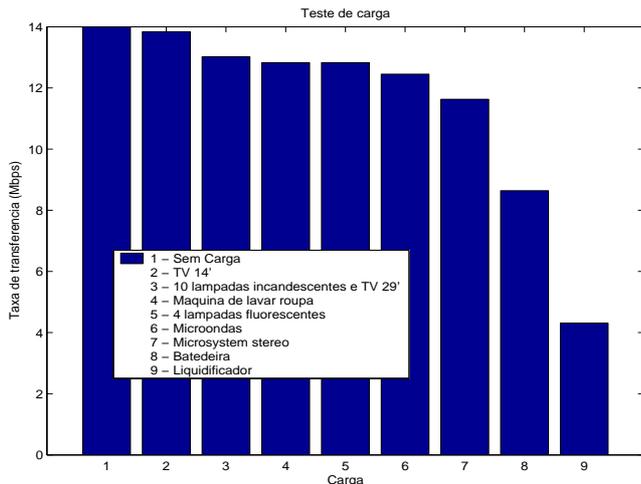


Fig. 5. Resultado do teste de carregamento do sistema - ambiente residencial

B. Laboratório

Constatou-se que a perda de desempenho é maior do que no interior das casas. A principal justificativa seria que a carga elétrica do laboratório e do bloco é muito maior do que em uma casa comum. Verificou-se uma grande variação na taxa quando da realização dos testes em condições normais (dia útil) e no final de semana (domingo à tarde): neste, a taxa foi bem elevada, situando-se na faixa de 10 Mbps e transmitindo adequadamente para todas as dependências do bloco (cerca de 50 m), enquanto que naquele cenário o alcance do equipamento não passou de cerca de 10 m. Pode-se considerar que os testes postos em prática durante a semana (portanto em condições normais de trabalho) refletem a situação típica do bloco, ao se fazer a analogia quanto ao carregamento do sistema.

Além da área do bloco de Comunicações, o alcance do equipamento não pôde ser dimensionado; tentou-se conectar um dos terminais PLC no LABCOM e outro no bloco ao lado (aproximadamente 12 m de distância), contudo não houve transmissão de dados entre os terminais.

No ambiente do laboratório, não se pôde colher dados substanciais, visto que o PLC só funcionou dentro do bloco que engloba o LABCOM. A justificativa pode estar ligada à distribuição de fases do Departamento de Engenharia Elétrica: é necessário que o equipamento PLC funcione na mesma fase para transmitir adequadamente os sinais pela linha de energia elétrica; e como não foi realizado um levantamento da distribuição de fases nos blocos nem da conexão destes ao transformador que alimenta o Departamento, provavelmente a causa da impossibilidade de transmissão é a diferença de fases entre os blocos.

C. Prédio de apartamentos

Não foram obtidos resultados satisfatórios; o equipamento PLC não conseguiu transmitir dados para nenhum andar, conseqüentemente a taxa de transmissão foi nula. A resposta ao fato de não se conseguir transmitir via PLC reside nos medidores de energia elétrica de cada apartamento, que agem

como um filtro passa-baixa e bloqueiam o sinal de dados. Como nesse prédio (e na grande parte dos edifícios da cidade) os medidores de cada apartamento situam-se no térreo, logo após o medidor de energia central, não houve como transmitir os sinais desejados.

VI. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos reiteram a eficácia do equipamento PLC utilizado para ambientes residenciais, corroborando as características técnicas fornecidas pelos fabricantes. Tal desempenho viabiliza a proposta de transmissão do canal de retorno do SBTVD via PLC. Porém, esses mesmos resultados demonstram a dificuldade de transmissão de sinais de dados – e conseqüentemente do canal de interatividade de TV digital – pela linha elétrica em ambientes tais quais universidades e prédios de apartamentos.

A proposta de transmissão do canal de retorno da TV digital via PLC deve se restringir às aplicações em linhas de baixa tensão, seguindo as tendências das pesquisas atuais. O cenário mais promissor seria a aplicação desta tecnologia no ambiente residencial, restando a definição de como prover o canal de retorno até as residências. Desta maneira, como o equipamento PLC considerado utiliza a interface *Ethernet*, esta poderia facilmente interligar o *set-top box* às emissoras de televisão.

Uma possibilidade seria a de empregar sistemas híbridos, com o PLC sendo utilizado no acesso às residências (*last inch access*), com o ponto de acesso à rede instalado junto ao transformador abaixador de tensão (que converte a tensão em 110 V ou 220 V para os usuários residenciais). O próprio transformador serve como um filtro passa-baixa, evitando que dados de alta frequência passem para a linha de média e/ou alta tensão. O envio de dados até tal ponto de acesso, que compreenderia um bairro ou quarteirão, poderia ser implementado por meio de fibras ópticas (OPGW) ou por radiofrequência, e a partir daí este seria retransmitido a todas as casas de um quarteirão ou de um prédio por PLC [3].

No caso de um prédio residencial ou mesmo comercial, uma boa opção seria a de conectar tal ponto de acesso após os medidores individuais de consumo, fato que impediria a perda de dados ao se passar por tal equipamento elétrico. Outra alternativa que poderia viabilizar essa transmissão seria baseada na comunicação do PLC *in-home* com um repetidor instalado junto ao relógio de medição, cuja função seria a de manter os níveis de sinais adequados para transmissão até o concentrador mais próximo, que estaria instalado junto aos transformadores abaixadores.

A partir do concentrador, pode-se criar uma rede de distribuição de PLC, em que seria preciso a interligação de todos os concentradores em todos os transformadores. Utilizando a rede elétrica de média tensão, tal opção dependeria de mais estudos e pesquisas para verificação de sua viabilidade. Alguns equipamentos são citados como disponíveis para interligação da rede de baixa e média tensão [10]. Outra opção seria enviar o sinal dos concentradores por meio de sinais de rádio para as estações rádio base (ERBs) de telefonia celular mais próxima. Essa alternativa seria capaz de agilizar e dinamizar o processo de implementação do canal de retorno, pela facilidade na sua

distribuição e otimização. Vale ressaltar que tal opção ficaria restrita às cidades que disponham de serviços de telefonia móvel e também a um acerto prévio entre operadoras celulares e o SBTVD.

REFERÊNCIAS

- [1] Tsuzuki, S., Yamamoto, S., Takamatsu, T., Yamada, Y. "Measurement of Japanese Indoor Power-Line Channel", *Proc. 5th International Symposium on Power-Line Communications and its Applications*, Malme, Suécia, pp.79-84, abril 2001.
- [2] Tanaka, M. "High Frequency Noise Power Spectrum, Impedance and Transmission Loss of Power Line in Japan on Intra-building Power Line Communications", *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol.34, nº2, pp. 321-326, maio 1988.
- [3] Carvalho, F.B.S., Alencar M.S., "Análise da transmissão do canal de retorno do Sistema Brasileiro de TV Digital via Power Line Communications", III Fórum de Oportunidades em Televisão Digital Interativa - TVDI 2005, PUC Minas, Poços de Caldas-MG, 20 de maio de 2005.
- [4] Majumder, A., Caffrey, J., "Power Line Communications: An Overview", *IEEE Potentials*, vol.23, pg 4-13, outubro/novembro 2004.
- [5] Pavlidou, N., Han Vinck, A. J., Yazdani, J., Honary, B. "Power Line Communications: State of the Art and Future Trends", *IEEE Communications Magazine*, pg 34-40, abril 2003.
- [6] Ferreira, H.C., Grové, H.M., Hooijen, O., Han Vinck, A. J., "Power Line Communications: An Overview", *IEEE AFRICON 4th*, vol.2, pg 558-563, setembro 1996.
- [7] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, "Síntese de Indicadores Sociais 2004", Rio de Janeiro, 2005.
- [8] <http://www.plcforum.org> (acessado em abril de 2005)
- [9] <http://www.homeplug.org> (acessado em abril de 2005)
- [10] <http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialplc> (acessado em abril de 2005)
- [11] <http://www.asokausa.com> (acessado em maio de 2005)