

Análise de Desempenho de um Sistema de Comunicação Baseado nas Tecnologias PLC e Satélite

*T. L. Vasques,
F. H. T. Vieira,
S. G. Araújo,
G. A. D. Júnior,
M. S. Castro,
D. N. Oliveira*

Resumo

A convivência entre diferentes tecnologias de rede é uma realidade entre infra-estruturas de backbone e acesso. Por isso é fundamental a investigação de parâmetros que tornem eficientes redes que utilizam tecnologias conjuntas. A interconexão entre PLC (Power Line Communication) e a comunicação por Satélite é uma alternativa tecnológica que pode possibilitar que a informação seja disponibilizada em localizações anteriormente difíceis ou até então não cogitadas. Neste artigo, são apresentados requisitos para a integração dessas duas tecnologias com a avaliação do desempenho do sistema resultante. Para validação da interconexão de tecnologias proposta, um cenário real de testes e coleta de dados foi implementado.

Índice de Termos

BPL, Desempenho, Interconectividade, PLC, Satélite, VSAT.

I. INTRODUÇÃO

A interconectividade é um fator extremamente importante no dimensionamento de infra-estruturas de rede, impactando diretamente o mercado que lida com este modelo de negócio.

O conceito de topologia de rede [1] aborda dois tipos de estruturas de conectividade: o backbone e o acesso, conhecido também como “última milha”. O backbone seria um conjunto de ativos e meios de transmissão que suportariam outras estruturas de rede. Possuem um amplo alcance e interligam cidades, estados e países ao redor do mundo. Já as tecnologias de acesso se restringem aos subsídios de rede que são disponibilizados para o usuário ou

cliente final.

Igualmente importante é o surgimento de novas alternativas de interconexão, que possibilitem grande penetração tecnológica e acesso facilitado à informação. A tecnologia PLC (Power Line Communication) ou BPL (Broadband over Power Lines) [2], [3], [4], como também é conhecida, é uma tecnologia de “última milha”, emergente e que possibilita a transmissão de dados em banda larga pela rede de energia elétrica. A tecnologia BPL surge como uma opção competitiva às tecnologias consolidadas DSL (Digital Subscriber Line) e Cable Modem, apresentando a grande vantagem de minimizar os custos de implantação pela vasta capilaridade das redes de energia, possibilitando vasto alcance devido sua área de cobertura. Outra fundamental característica é a possibilidade

da transmissão de dados chegar à ordem de 400 Mbps [5], tanto na transmissão como na recepção, o que para uma tecnologia de acesso é um grande diferencial.

Alternativamente, a comunicação por Satélite [6] foi e é utilizada para estabelecimento de rádio-difusão televisiva e circuitos de voz, porém, devido a sua característica multimídia, inclui hoje a Internet e outras de suas variantes, como o VoIP (Voice over IP). Satélites oferecem uma série de vantagens que não estão disponíveis a outros meios de comunicação em rede. Primeiramente, grandes zonas terrestres são visíveis a partir da posição orbital do satélite, de modo que muitos usuários podem se comunicar simultaneamente, embora separados. Consequentemente, a comunicação com as áreas remotas e pouco povoadas é facilitada, evitando a necessidade de implantação de novas infraestruturas.

Essas duas tecnologias, analisadas conjuntamente em um dos campos de testes da CELG [7], a companhia de energia elétrica do estado de Goiás, no Brasil, objetivam gerar conclusões concernentes ao desempenho e a qualidade de serviços essenciais na Internet atual, visto as potencialidades que podem surgir da combinação entre essas duas tecnologias, destacando o seu grande alcance explorando áreas remotas e a grande capilaridade da rede de energia.

Por essas potencialidades e não deixando de considerar o também importante fator econômico-social, compreende-se que a junção dessas tecnologias é um atrativo para o que se convencionou atualmente como inclusão digital, isto é, permitir que indivíduos,

classes, povoados, cidades e até países tenham a possibilidade de acesso facilitado à informação, diminuindo assim a desigualdade que privilegia alguns e despreza tantos.

Sendo assim, resultados conclusivos dessa análise tecnológica conjunta são importantes para a possibilidade de inclusão do ponto de vista do acesso à informação, visto que as agências regulatórias brasileiras, ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações) [8] e ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) [9] aprovaram e regulamentaram a oferta de serviço de telecomunicações pela rede de energia elétrica.

Deste modo, em relação ao contexto dos experimentos realizados para este trabalho, a tecnologia Satélite, foi utilizada como um backbone possibilitando o acesso à Internet através de PLC.

Desse modo, o presente trabalho está dividido em quatro partes. A seção I apresenta a introdução deste trabalho. A seção II mostra as características individuais de cada tecnologia e a especificação do campo de testes. A seção III apresenta os resultados dos testes realizados e suas descrições. A seção IV conclui o trabalho.

II. CARACTERÍSTICAS E ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

Embora este artigo faça uma análise conjunta das tecnologias PLC e Satélite, o objetivo central desta seção é caracterizar os aspectos individuais de cada infraestrutura de rede, bem como a disposição física de cada elemento e meio de transmissão no campo de testes.

A. PLC ou BPL

Popularmente como a tecnologia é conhecida, PLC foi a primeira nomenclatura utilizada, mas que atualmente abrange tanto a transmissão de dados em banda estreita, com os antigos Carriers [2], como em banda larga com os padrões de equipamentos atuais. Já o acrônimo BPL [3] é utilizado pela comunidade científica para designar a transmissão especificamente em banda larga e as gerações de chipsets que proporcionam cada vez mais altas taxas de transmissão de dados.

Esta tecnologia opera na faixa de frequência de 1 à 34 MHz e utilizada a modulação OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) [10], uma técnica efetiva para transmissão de altas taxas, encontrada em aplicações banda larga e também presente em diversos padrões, como o IEEE 802.11, a Wireless LAN (Local Area Network). Caracterizada por realizar a transmissão de modo paralelo com múltiplas portadoras, a principal vantagem desse tipo de multiplexação é a redução da sensibilidade do sistema ao espalhamento de retardo de canal; em outras palavras, uma menor susceptibilidade à interferências. Entretanto, algumas desvantagens também existem, tais como: dificuldade de sincronismo das portadoras, sensibilidade aos desvios de frequência e necessidade de amplificação decorrente do fato do sinal transmitido não exibir uma natureza constante em sua envoltória.

O número de portadoras varia conforme o padrão do fabricante adotado. HomePlug [11], e DS2 [5] são exemplos clássicos de pa-

drões e alianças.

O padrão utilizado para os experimentos foi dos chipsets DS2, com 1536 portadoras, encontrados nos equipamentos da marca Ilevó [12], igualmente usados neste contexto.

Quanto ao tráfego de dados, ele pode ocorrer no contexto do campo de testes adotado, tanto em média tensão ao valor de 13,9 kV, quando na baixa tensão em 220 V. Existindo essas duas possibilidades, a Tabela I mostra que a coleta de dados foi feita utilizando o agrupamento entre essas duas redes aéreas de energia elétrica.

Nas especificações da tecnologia, uma rede PLC que trafega dados em média tensão é convencionalizada como outdoor, e em baixa tensão, indoor.

Em relação à taxa de transmissão, consegue-se observar a evolução tecnológica dos chipsets quando na primeira geração os equipamentos ofereciam taxas de 14 Mbps. A segunda geração proporciona 200 Mbps sem assimetria, como nos equipamentos Ilevó utilizados para o presente trabalho. A terceira geração, de 400 Mbps, já é realidade e em breve será comercializada em escala mundial.

A topologia lógica de uma rede PLC é em anel, enquanto que fisicamente se comporta de modo estrela [1].

A arquitetura de rede é mestre-escravo, como observado na Fig. 1. O equipamento central da rede,

tensão, que segundo o fabricante, podem ser internos ou externos ao equipamento.

Quadro de Distribuição Geral

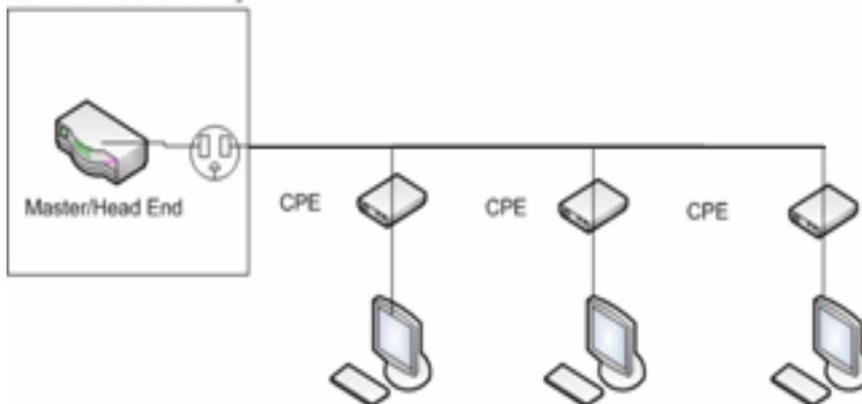


Figura 1 - Topologia de uma rede PLC indoor

o master, conhecido por sua funcionalidade como head-end, pode assumir também a função de repetidor, regenerando e amplificando o sinal. O equipamento escravo, conhecido como CPE (Customer Premises Equipment) ou popularmente, modem, fica associado ao master funcionando na camada de enlace do modelo ISO/OSI [1]. Serviços de camadas acima, como a de rede e aplicação podem ser implementados, dependendo do fabricante, a critério de gerência e monitoramento da rede PLC.

É importante ressaltar que na sua concepção, a tecnologia, que foi desenvolvida para um meio de transmissão não original e não ideal, faz uso contínuo de filtros, transformadores de impedância e acopladores de baixa e média

B.Satélite

A comunicação por meio de satélites já é um artifício tecnológico consolidado e com uma capacidade multimídia versátil que possibilita taxas de transmissão na ordem dos Mbits/s. Conexões por satélite são importantes para provedores de serviço de Internet, além de representar uma boa relação custo-benefício para áreas geograficamente distantes.

Serviços por satélite são usualmente implantados com mais facilidade do que por meios terrestres, como fibra ótica e outras tecnologias que requerem uma nova e grande infra-estrutura de lançamento de cabos e aquisição de ativos. Com uma antena, um modem e um circuito de satélite pode se implantar uma infra-estrutura de acesso em semanas, enquanto meses seriam necessários para que uma infra-estrutura terrestre estivesse funcional. É importante mencionar esse fato, visto que satélites são amplamente usados para grandes transmis-

ESPECIFICAÇÃO			
FABRICANTE	TIPO DE REDE	TAXA	PADRÃO
Ilevó	Aérea de Média e Baixa Tensão (13.9 kV e 220V)	200 Mbps	DS2

Tabela 1 ESPECIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS PLC UTILIZADOS NO CAMPO DE TESTES

sões, como a televisiva, de modo a oferecer confiabilidade.

Neste trabalho, a arquitetura de satélite utilizada recorre a um conceito conhecido como VSAT

utilizando a alternativa PLC como última milha.

O satélite associado à respectiva estação é LEO (Low Earth Orbit), com órbita entre 600 à 3000

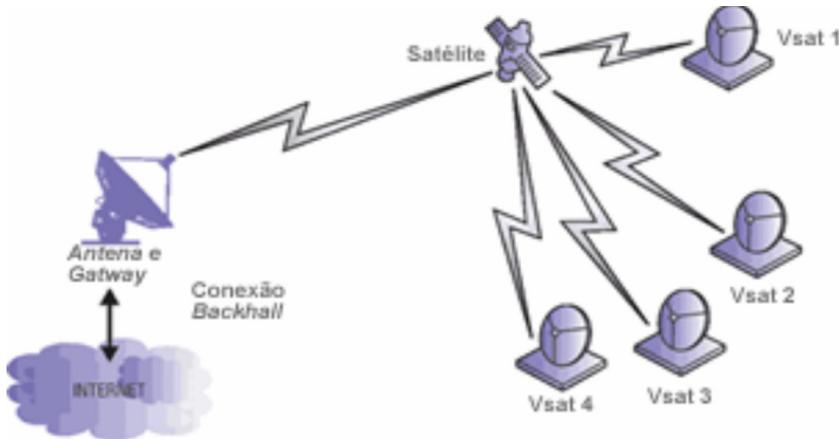


Figura 2 - Arquitetura de uma rede VSAT

(Very Small Aperture Terminals) [6] representado na Fig. 2. É importante mencionar essa definição na perspectiva de um backbone, pois VSAT é um meio seguro e confiável para conectar locais geograficamente dispersos com facilidade e exige pouco tempo de implantação. Uma típica rede VSAT é composta por um nó central e um grande número de estações equipadas com um modem e uma antena que varia de 0,75 m à 2 m de diâmetro. Sua topologia pode ser tanto malha como estrela, dependendo da quantidade de dados trafegados e a capacidade do sistema.

A Tabela II mostra que a estação utilizada neste trabalho, incluindo o modem e antena, é da fabricante Hughes [13], dispondo de uma taxa contratada de 400 Kbps para o acesso à Internet e

Km e faixa de frequência de 11 à 14 GHz na banda Ku.

C. Topologia e Campo de Testes

O campo de testes onde os experimentos foram realizados ocorreu na CELG, a companhia de energia elétrica do estado de Goiás, no Brasil.

A CELG é uma das vinte e sete parceiras do Projeto Opera (Open PLC European Research Alliance) [6], projeto europeu que reuniu interessados pela propagação e consolidação da tecnologia BPL no mundo, com a finalidade de formar pacotes de trabalho para a realização de testes de desempenho da tecnologia.

Os testes dispostos neste trabalho foram elaborados por empresas do mercado de redes de comunicação europeu para serem executados pela CELG no seu campo de teste.

Desse modo, o percurso dessa rede abrange as instalações do Clube da companhia e um de seus departamentos, o Departamento de Alta de Tecnologia.

O link de 400 Kbps disponível na estação VSAT é conectado ao PLC head-end instalado na rede de média tensão localizada no Clube. Esse sinal trafega por 350 m até o primeiro repetidor. Este equipamento reinjeta o sinal da rede aérea de média para baixa

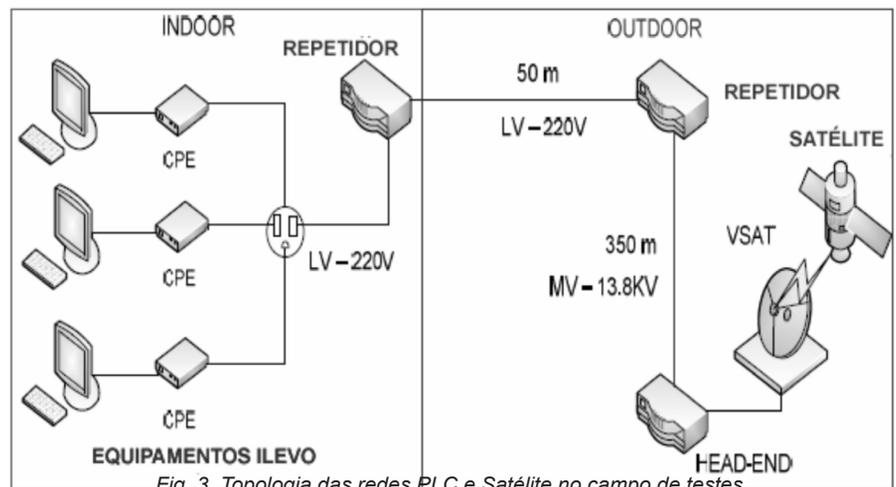


Fig. 3. Topologia das redes PLC e Satélite no campo de testes

ESPECIFICAÇÃO			
FABRICANTE	ÓRBITA	TAXA	BANDA
Hughes	LEO (600 à 3000Km)	400 Kbps	Ku (11-14GHz)

TABELA II - ESPECIFICAÇÃO DA ESTAÇÃO SATÉLITE UTILIZADA NO CAMPO DE TESTES

tensão, que após 50 m passa por outro repetidor injetando o sinal nas três fases do quadro de distribuição do Departamento de Alta Tecnologia. A Fig. 3 mostra a topologia correspondente.

O conjunto de equipamentos utilizados neste campo de testes foi: uma estação de recepção de satélites da Hughes, três equipamentos PLC master, onde um se comportava como head-end e dois como repetidores. Três modems PLC, conhecidos como CPE's estavam conectados a três computadores, como evidenciados na Tabela III.

latência como um dos principais parâmetros de avaliação em comunicação por satélite e por isso procura saber qual a latência total em todo percurso da rede, acrescentando novos usuários gradativamente e observando como a rede PLC comporta em relação ao RTT (Round-Trip Time).

Para isso foram usados dois computadores: um conectado

curso de sair e retornar à rede local com passagem pelo backbone de satélite e a nuvem Internet.

A primeira consideração com relação à análise da latência na rede PLC + Satélite é o atraso (delay) padrão para todo envio de pacotes nesse ambiente de rede: atraso de 1000 ms ou 1s. Esse delay se deve ao fato dos pacotes ICMP (Internet Control Message Protocol) echo request e echo replay utilizados pelo software ping darem o que se convencionou de duplo salto na infra-estrutura em questão. Ou seja, para um pacote sair do VSAT e ir até o satélite o tempo estimado é de 125 ms. Para voltar, 125 ms. Considerando que cada tipo de pacote ICMP (echo request e echo replay) para chegar ao seu destino faz isso quatro vezes, encontra-se o valor real de 1s.

A segunda consideração, é que pelos valores médios de RTT (Round-Trip Time), percebe-se uma variação mínima entre pacotes de tamanhos diferentes e o acréscimo de mais usuários na rede. Este fato comprova que a rede PLC vai se adaptando quando há exigência de uma maior

EQUIPAMENTOS			
Fabricante	Tecnologia	Função	Quantidade
Hughes	Satélite	Estação VSAT	1
Ilevo	PLC/BPL	Master Head-End	1
Ilevo	PLC/BPL	Master Repetidor	2
Ilevo	PLC/BPL	CPE	3
Itautec	PC	Teste	3

TABELA III - EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NO CAMPO DE TESTES

III. TESTES, RESULTADOS E COMENTÁRIOS

A avaliação do desempenho conjunto das tecnologias PLC e Satélite foi realizada através de parâmetros de redes. Latência, velocidade, vazão e QoS (Quality of Service), são os parâmetros [14] utilizados para tecer conclusões acerca do desempenho nesse processo de interconectividade.

As técnicas de pesquisa utilizadas são: a observação, por meio dos softwares selecionados e a pesquisa de laboratório, para realização de experimentos controlados. Nas subseções seguintes, cada parâmetro de desempenho de rede considerado será analisado.

A. Latência

O objetivo deste teste, mostrado na Tabela IV, considera a

ao modem do satélite e outro ao modem PLC. Um endereço IP público, válido na Internet, foi atribuído a cada computador para que utilizando o software "ping" por 15 minutos com tamanhos de pacotes diferentes, fosse possível saber exatamente o tempo de ida e volta dos pacotes fazendo o per-

USUÁRIO/PACOTE	RTT MÍNIMO	RTT MÁXIMO	RTT MÉDIO
1 usuário/32 bytes	1272 ms	2274 ms	2274 ms
2 usuários/32 bytes	1346 ms	2955 ms	1579 ms
3 usuários/32 bytes	1229 ms	3608 ms	1488 ms
1 usuário/64 bytes	1266 ms	3649 ms	1637ms
2 usuários/64 bytes	1305 ms	2862 ms	1575 ms
3 usuários/64 bytes	1280 ms	3175 ms	1470 ms
1 usuário/128 bytes	1461 ms	2842 ms	2134 ms
2 usuários/128 bytes	1359 ms	2983 ms	1864 ms
3 usuários/128 bytes	1334 ms	4159 ms	1581 ms

TABELA IV - TABELA DE LATÊNCIA UTILIZANDO O SOFTWARE PING

taxa de transmissão, o que é um diferencial quando a rede sofre um processo de degradação.

B. Velocidade de Acesso à Internet

O objetivo desse teste é mensurar o desempenho IP fim-a-fim no acesso à Internet, fazendo uso de toda infra-estrutura de interconectividade.

Com um computador conectado a um CPE PLC, o download de um arquivo de quase 5 MB foi realizado a fim de verificar a velocidade de transferência da aplicação, com a inserção gradativa de usuários. O software utilizado foi o Free Download Manager, que força a taxa de download no limite do link contratado.

Software:	Free Download Manager
Resultado da Análise:	Velocidade da Aplicação com Download da Internet
Com 1 usuário:	Tempo: 265 s - File: 4779 KB Taxa: 16,9 KB/s
Com 2 usuários:	Tempo: 260s - File: 4779 KB Taxa: 17,2 KB/s
Com 3 usuários:	Tempo: 287 s - File: 4779 KB Taxa: 15,6 KB/s

TABELA V - TABELA DE VELOCIDADE DE TRANSFERÊNCIA DE ARQUIVO PELA INTERNET

Uma particularidade foi encontrada no teste, que é evidenciada na Tabela V. O link de satélite é de 400 Kbps. Considerando que 10% é a taxa efetiva de transferência em kilobytes por segundo, a velocidade deveria ficar em torno dos 40 KB/s, o que não ocorreu. Isso permite considerar um cenário muito comum na Internet: a oscilação da taxa de acesso contratada, ou o congestionamento do servidor onde o arquivo foi hospedado.

Mesmo assim, é possível observar que na presença de dois usuários, a taxa de transferência, que deveria diminuir, aumentou, ocorrendo o mesmo processo vis-

to no parâmetro anterior, isto é, a rede PLC é adaptativa em condições de degradação. Já com três usuários a taxa começa a cair levemente, o que mostra que essa adaptação às condições adversas, como a presença de muitos usuários no mesmo nó, é limitada. Esse limite é exatamente a condição de adaptação máxima, ou seja, quando este pico for atingido, o desempenho da rede começa a cair.

C. Vazão na Camada de Aplicação

Na tabela VI, os resultados do teste de vazão na camada de aplicação utilizando a interconexão entre PLC e Satélite são apresentados. Nos pontos mais distintos da rede, onde se encontrava um computador conectado ao modem do satélite e outro ao modem PLC, foi implementada uma arquitetura FTP (File Transfer Protocol) cliente-servidor utilizando o software FileZila para verificar a vazão máxima entre eles. Novos usuários foram inseridos gradativamente e testes de download e upload foram realizados.

Software:	FileZila
Parâmetro de Análise:	Velocidade da Aplicação com Download por FTP
Com 1 usuário:	Tempo: 47 s - File: 50 MB Taxa: 1,06MB/s
Com 2 usuários:	Tempo: 55 s - File: 50 MB Taxa: 909 KB/s P
Com 3 usuários:	Tempo: 58 s - File: 50 MB Taxa: 862 KB/s
Parâmetro de Análise:	Velocidade da Aplicação com Upload por FTP
Com 1 usuário:	Tempo: 100 s - File: 50 MB Taxa: 500 KB/s
Com 2 usuários:	Tempo: 120 s - File: 50 MB Taxa: 416,6 KB/s
Com 3 usuários:	Tempo: 130s - File: 50 MB Taxa: 384,6 KB/s

TABELA VI - TABELA DE VELOCIDADE DE TRANSFERÊNCIA FTP

Um arquivo de vídeo de 50 MB foi transferido do servidor para o cliente e enviado do cliente para o servidor com quantidade de usuários distintas.

A primeira análise é que a taxa de download e upload são diferentes. Isso ocorre porque na rede PLC a taxa de envio e recepção pode diferir, embora alcance os mesmos 200 Mbps. Neste caso, pela presença de algum elemento degradante na rede de energia, como ruídos, harmônicas ou cargas adicionais, o downstream estava maior que o upstream.

Nesse teste, especificamente, observa-se de forma clara que o desempenho na rede PLC é inversamente proporcional a presença de algum elemento degradante na rede de energia elétrica, enquanto a conexão por satélite permanece com oscilações esporádicas na velocidade do link contratado.

As transferências realizadas mostraram que não houve adaptação neste caso, pois o número de usuários na rede diminuiu a taxa de envio e recepção do arquivo transferido. O limite de adaptação máxima já tinha ocorrido.

D. Qualidade de Aplicação de Rede

O foco desse teste, com os resultados verificados na Tabela VII, é mensurar a qualidade de serviço entre as conexões PLC e Satélite usando aplicações sensíveis ao tempo (time-sensitive) como VoIP (Voice over IP). O uso de acelerador TCP/IP é implementado nativamente com o link contratado exatamente para suportar esse tipo de aplicação, diminuindo o delay entre a estação VSAT e o satélite em órbita.

O procedimento adotado foi dispor um computador conectado à ponta do backbone satélite, enquanto que outro foi conectado a um modem PLC.

Este é um teste subjetivo para averiguar parâmetros como distorção, ruído e delay. Para este caso foi utilizado o software Skype para o VoIP e as aplicações Audio-Vision e Winamp para transmissão (stream) de áudio.

Pela subjetividade na análise do conjunto de parâmetros do teste de qualidade de serviço, o método de procedimento ado-

tado foi o comparativo. Tanto a ligação VoIP, quanto o envio de stream de áudio, característico de web-rádios, foi comparado com o desempenho encontrado em redes de acesso convencionais, como Cable Modem e ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line). As características desses dois serviços nessas redes foram a referência comparativa para se mensurar as variáveis em questão.

A ligação feita entre os dois computadores passando pela nuvem Internet mostrou características consideradas normais, analisando a taxa de transmissão do link contratado, 400 Kbps e sua respectiva oscilação. O delay é um fator importante para comprovar que a ligação foi considerável, pois apesar da sua diminuição na presença do acelerador TCP/IP, ele ainda estava presente.

Sendo assim, houve uma leve distorção e metalização esporádica na voz. O ruído se mostrou praticamente ausente e o delay máximo atingido numa ligação de 10 minutos foi 5 s.

Para tornar a amostra significa-

tiva na avaliação do QoS, a aplicação time-sensitive de stream de áudio juntamente com o software de playlists foram testados. Nessa experiência a qualidade do áudio transmitido foi considerada normal em referência as outras redes. A taxa de transmissão foi de 18 Kbps com um delay de cerca de 16s (considerado normal), sem ruído, uma leve distorção e dois buffers numa transmissão de 15 minutos contínuos.

Observa-se, portanto, que aplicações que exigem QoS, um fator essencial para avaliação de desempenho, podem também ser exploradas na interconexão de PLC e Satélite, possibilitando o suporte à aplicações que exijam qualidade de serviço.

IV. CONCLUSÕES

Pode-se considerar o presente artigo um dos pioneiros a tratar sobre interação entre redes PLC e Satélite, uma vez que as redes PLC estão ainda ganhando penetração no Brasil após sua normatização pela ANATEL E ANEEL.

O estudo da combinação PLC e Satélite se torna especial por possibilitar acesso a localizações de difícil acesso, criando uma alternativa para as empresas que quiserem explorar esse nicho de mercado.

Neste artigo, foi proposta uma forma de combinar PLC e Satélite, avaliando o desempenho do sistema em questão. Para isso, estabeleceu-se um cenário de estudo e descreveram-se os testes realizados para análise do desempenho desse sistema. A partir dos testes qualifica-se, por exemplo, qual a latência que foi obtida apresentando suas causas. Isso é mais do que uma simples suposição ou previsão de resultado.

Software:	Skype
Parâmetro de Análise	Distorção de Voz
Resultado:	Voz metalizada
Parâmetro de Análise	Ruído
Resultado:	Praticamente Ausente
Parâmetro de Análise	Delay
Resultado:	5s
Software:	Audio Vision e Winamp
Parâmetro de Análise	Distorção
Resultado:	Leve Distorção
Parâmetro de Análise	Ruído
Resultado:	Ausente
Parâmetro de Análise	Delay
Resultado:	16 s (normal)

TABELA VII - TABELA DE ANÁLISE DE QUALIDADE DE APLICAÇÃO DE REDE

A diferença entre taxas de downlink e uplink foi explicada no texto em um nível de explicação que não extrapolasse os objetivos de investigação propostos, ou seja, é uma explicação que condiz aos objetivos deste trabalho.

Assim sendo, com o objetivo de ressaltar o nível de desempenho do sistema proposto, comparou-se a diferença entre taxas de downlink e uplink com parâmetros encontrados em redes ADSL por exemplo, uma vez que não foi encontrado um sistema semelhante.

Pôde-se também constatar que a taxa efetiva de transferência não é nem sequer 12,5% (ou mesmo 10%) da taxa de transferência do enlace via satélite. Esse por exemplo, é um resultado que não se obtém por mera suposição, ou seja, foi necessária a técnica de pesquisa de coleta de dados em campo.

A avaliação da latência do sistema foi através do RTT, o que é perfeitamente aceitável, sobretudo porque apresentou-se os valores máximos, mínimos e médio. Ou seja, na verdade apresentam-se mais informações do que simplesmente o atraso de envio de pacotes.

A vazão foi analisada através da transferência de um arquivo de vídeo de 50 MB conforme é descrito, onde este experimento é realizado uma só vez para cada número de usuário.

Os testes e análise apresentados neste artigo estão focados no atraso e na vazão. O acréscimo de uma análise de perdas de pacotes é possível, mas estenderia os limites de espaço impostos para

este trabalho. Lembrando que a rede PLC possui mecanismos de retransmissão de pacotes, isto é, as perdas que supostamente pudessem ocorrer estariam relacionadas ao enlace por satélite.

Este trabalho instiga o leitor a perceber o caráter inovador da utilização das tecnologias PLC e Satélite em conjunto e apresenta uma análise de seu desempenho. Acrescenta-se ainda que em relação às métricas utilizadas nos testes, foi adotado um modelo padrão oferecido por representantes do Projeto OPERA, ou seja, apresentou-se uma análise que está de acordo com entidades relacionadas a este trabalho.

V. REFERENCIAS

[1] W. Stallings, "Data & Computer Communications", 6th Edition, 2000.

[2] J. Lee, C. Hong, J. Kang e J. Hong. "Power Line Communication Trial and Management In Korea". International Journal of Network Management, 2006.

[3] H. Hrasnica, A. Haidine, and R. Lehnert, "Broadband Powerline Communications: Network Design". John Wiley & Sons: West Sussex, England, 2005.

[4] G. Held, "Understanding Broadband over Power Line". Auerbach Publications, Taylor & Francis Group: Boca Raton, FL, 2006.

[5] DS2. Disponível em <http://www.ds2.es>. Acesso em setembro de 2009.

[6] Satélite. Disponível em <http://www.ist-opera.org/>. Acesso em agosto de 2009.

[7] CELG PLC. Disponível em <http://www.celg.com.br>. Acesso em agosto de 2009.

[8] ANATEL. Disponível em <http://www.anatel.gov.br>. Acesso em setembro de 2009.

[9] ANEEL. Disponível em <http://www.aneel.gov.br>. Acesso em setembro de 2009.

[10] Y.H.Ma, P.L. So, E. Gunawan, "Performance Analysis of OFDM Systems for Broadband Powerline Communications under Impulsive Noise and Multipath Effects." IEEE Trans. On Power Delivery, Vol. 20, No. 2. April, 2004.

[11] Home Plug Power Line Alliance. Disponível em <http://www.homeplug.org/>. Acesso em setembro de 2009.

[12] Ilevo. Disponível em <http://www.ilevo.com>. Acesso em agosto de 2009.

[13] Hughes. Disponível em <http://www.hughes.com>. Acesso em agosto de 2009.

[14] A. M. Vidal. "Estudo do Estado da Arte e Análise de Desempenho de Sistema de Comunicação PLC de Banda Larga", Dissertação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, dezembro 2005.