

# Sistemas de Telecomunicações para Telessupervisão, Controle e Monitoração de Redes de Energia Elétrica

F. Pires Neto, N. Salvador Júnior – Bandeirante, J. Souza Júnior - Elektro, A. Baldissin Neto, P. Pimentel - Eletropaulo, A. Bagarolli, C. Cludi, C. Barbosa, F. Nallin, J. Rossi, P. Morais, R. Romano, V. Vellano Neto -CPqD

## RESUMO

Este artigo mostra os resultados parciais do Projeto de P&D “Pesquisa Aplicada em Tecnologias de Sistemas de Telecomunicações para Tele-supervisão, Controle e Monitoração de Redes de Energia Elétrica”, realizado através de um acordo de cooperação entre o CPqD e as concessionárias de distribuição de energia CPFL, Eletropaulo, Bandeirante e Elektro

## PALAVRAS-CHAVE

Telessupervisão, Monitoração de redes, Sistemas de telecomunicação.

## I. INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivos pesquisar, propor, desenvolver e analisar tecnologias e soluções de sistemas e redes de telecomunicações para tele-supervisão, controle, monitoração e sinalização de redes de energia elétrica para as quatro concessionárias visando:

- obter sistemas para comunicação de dados de pontos que devem ser supervisionados na rede de energia elétrica;
- integrar as tecnologias de telecomunicações aplicáveis;
- otimizar a infra-estrutura de comunicações das concessionárias de energia elétrica;
- utilizar a infra-estrutura das redes elétricas e de comunicações como novos negócios, propiciando maior competitividade;
- minimizar os custos de implementação das alternativas de sistemas de comunicações de dados mais adequadas para as concessionárias de energia elétrica envolvidas.

## II. AUTOMAÇÃO E TELE-SUPERVISÃO

A busca da constante melhoria na qualidade da energia elétrica fornecida ao consumidor e as exigências cada vez maiores do mercado na qualidade dessa energia, aliado a uma contínua necessidade de desenvolvimento da performance empresarial, nos aspectos de desempenho, segurança operacional, complexidade e crescimento de demanda do parque industrial, têm conduzido à automação da operação de sistemas elétricos.

Destaca-se ainda, a evolução tecnológica de hardware e software tornando os sistemas de automação confiáveis,

a preços mais acessíveis, permitindo a utilização de tecnologia de ponta nos processos operacionais de energia elétrica.

Nesse cenário, as concessionárias de energia elétrica do Estado de São Paulo, CPFL, Eletropaulo, Bandeirante e Elektro, buscam a partir de um estudo e avaliação de tecnologias hoje disponíveis avaliarem melhor as possibilidades de modernização do Sistema Elétrico e implantação de novas tecnologias de Automação e Supervisão do Sistema.

Dentro desse contexto a automação pode ser tratada como o emprego de telecomandos e tele-supervisão aplicáveis à rede.

## III. RESULTADOS ESPERADOS

Os resultados esperados para esse Projeto, após 24 meses de execução, são os seguintes:

- Definição das tecnologias de transmissão de sinais de tele-supervisão e monitoração.
- Caracterização do impacto da tele-supervisão e monitoração nos indicadores de desempenho, custos operacionais e cessão de receita.
- Avaliação de tecnologias em condições de operação.
- Comparação de tecnologias sob os seguintes aspectos:
  - qualidade do sistema de transmissão;
  - confiabilidade e disponibilidade;
  - viabilidade de aplicação;
  - custo;
  - capacidade do sistema.
- Avaliação técnico-econômica considerando:
  - investimento;
  - redução de custos;
  - avaliação de mercado;
  - tipo de aplicação para diferentes cenários (urbano, rural, tipos de topologias da rede elétrica de distribuição).

## IV. METODOLOGIA ADOTADA

As atividades dessa pesquisa aplicada foram conduzidas no sentido de propor e avaliar as tecnologias e os meios de transmissão com possibilidade de transmitir os sinais de tele-supervisão, monitoração e controle da rede de energia elétrica, considerando a infra-estrutura de cada uma das quatro empresas que participam desse projeto.

Para o atendimento deste projeto foram previstas duas fases:

- Fase I – Incluiu as etapas da pesquisa, estudo e desenvolvimento de soluções genéricas possíveis para transmissão de dados em redes de energia elétrica, além da execução e análise de teste piloto proposto para a tecnologia mais apropriada.
- Fase II – É composta das atividades de detalhamento, execução de testes de campo e análise de propostas, sob o ponto de vista de necessidade para cada uma das empresas de energia participante do projeto.

Para o desenvolvimento dessas duas fases, serão necessárias as seguintes atividades na seqüência apresentada:

- Levantamento das tecnologias existentes, apropriadas a uma necessidade de comunicação de dados de baixo custo;
- Determinação dos benefícios da tele-sinalização/monitoração de pontos remotos, identificando o custo por ponto que represente um retorno viável;
- Avaliar as tecnologias que possuam possíveis capacidades excedentes negociáveis, em função de sua integração com os sistemas existentes nas empresas e fomentação de potenciais de oportunidades de negócios;
- Enfatizar a pesquisa na otimização do aproveitamento das redes de distribuição existentes, a partir do estágio atual de desenvolvimento da tecnologia Powerline Communication, desenvolvida por fabricantes ou por empresas que investem na adequação desta tecnologia;
- Escolher as tecnologias a serem adaptadas ou desenvolvidas, que tenham como limite o custo por ponto de tele-sinalização / monitoração e, finalmente, efetuar um estudo de viabilidade técnico-econômica.

## V. RESULTADOS ALCANÇADOS

No primeiro ano deste projeto foram previstas atividades cujo resumo será descrito a seguir. Estas atividades foram de importância fundamental para que os resultados no primeiro ano fossem atingidos. E também servirão de base para que os resultados previstos para o segundo ano sejam atingidos. São elas:

- Estudo e pesquisa das tecnologias aplicáveis em transmissão de dados [3]:

Nesta atividade, foram realizados o estudo e a pesquisa das tecnologias aplicáveis em transmissão de dados com o objetivo do levantamento dos respectivos estados da arte.

As tecnologias de redes que foram avaliadas são as seguintes:

- Utilização de redes de pares metálicos:  
Através de modems específicos, as tecnologias Digital Subscriber Line (xDSL) podem ser utilizadas tanto em rede telefônica convencional como em uma rede metálica sobreposta.
- Utilização de redes de fibras ópticas:

Aplicação de redes em configuração FTTC (Fiber-to-the-Curb) ou FTTCab (Fiber-to-the-Cabinet), onde as fibras ópticas chegam até um ponto convenientemente localizado e o acesso para tele-medição ou tele-supervisão é realizado por lance de cabo específico para esta aplicação. É uma tecnologia em que o excedente de banda pode ser comercializado. Podem ser utilizadas como base para as redes de TV a cabo.

- Powerline:  
Utilização de rede de energia elétrica através de tecnologias “Powerline”, onde os sinais digitais são transmitidos através de portadoras que compartilham o meio de transmissão com a energia em frequência industrial ( 60 Hz).
- Sistema WLL (Wireless Local Loop):  
Esta tecnologia, também conhecida como Sistema de Acesso Fixo sem Fio, é baseada em comunicação ponto-multiponto e possui largura de banda restrita.
- Sistema LMDS (Local Multipoint Distribution System):  
Esta tecnologia é semelhante aos Sistemas WLL, diferindo dos mesmos por possuir maior largura de banda, a qual permite uma maior velocidade na comunicação de dados.
- Sistema Satélite:  
Este tipo de sistema de comunicação tem como principal vantagem prover acesso a locais remotos muito distantes de uma área de concentração de comunicações.
- Sistema Celular:  
Através da utilização da plataforma celular existente é possível, em alguns casos, prover a comunicação de dados necessária dentro do escopo deste trabalho.
- Sistema Trunking:  
Utilização de sistema “trunking” em operação nas concessionárias de energia elétrica.
- Levantamento das condições técnicas e operacionais encontradas nas redes de distribuição de energia elétrica [1]  
Esta atividade teve como objetivo descrever as condições técnicas e operacionais encontradas nas redes de distribuição de energia elétrica e analisar seu impacto em sistemas de telecomunicações para tele-supervisão, controle e monitoração de redes de energia elétrica.
- Levantamento de todos os requisitos e condições necessários à tele-supervisão e à monitoração das redes de distribuição de energia elétrica [2].  
Esta atividade teve como objetivo efetuar o levantamento de todos os requisitos e condições necessárias a tele-supervisão e a monitoração das redes de distribuição de energia elétrica das concessionárias, fornecendo subsídios para o estabelecimento e a definição de tecnologias de redes aplicáveis para atendimento da monitoração.
- Proposição e definição das tecnologias de rede aplicáveis para o atendimento dos requisitos e das condições necessárias para a tele-supervisão e monitoração das redes de energia elétrica [4].

Esta atividade teve como objetivo principal propor e apresentar as tecnologias de rede aplicáveis e as topologias adequadas para o atendimento dos requisitos e das condições necessárias para a tele-supervisão e a monitoração das redes de energia elétrica das concessionárias.

- Estabelecimento de soluções mais adequadas de sistemas, tendo em vista a infra-estrutura de telecomunicações existente e planejada [5].

Esta atividade teve como objetivo relacionar as tecnologias de redes aplicáveis para atendimento da monitoração das redes de distribuição de energia elétrica das concessionárias com a infra-estrutura de telecomunicações existente e planejada das empresas concessionárias de energia elétrica participantes do projeto.

- Montagem e testes do principal sistema de comunicações aplicável neste mercado [6].

As concessionárias de energia elétrica contam hoje com um sistema de automação em SE que atende aos requisitos desejáveis e, embora possam ser realizadas melhorias e inovações, os sistemas utilizados devem ser os tradicionais.

Quanto aos sistemas de automação da rede primária e do consumidor, tem-se uma tendência de atendimento via um sistema PLC (Powerline Communication) independente ou associado a outro meio de comunicação.

Dessa maneira, ficou evidente a importância das avaliações das diversas possibilidades de implantação de serviços de automação da rede primária e consumidor via sistemas PLC de baixas e altas taxas de transmissão nas redes elétricas de média e baixa tensão.

A tecnologia escolhida para ser analisada e testada foi PLC. Não foi necessária a realização do estudo comparativo e de testes piloto das demais tecnologias, pois as mesmas encontram-se em operação, algumas recentemente, nas concessionárias de energia elétrica que participam desse projeto. Em comum acordo, entendeu-se que a tecnologia PLC necessita de avaliações mais detalhadas, que devem ser resultantes de experiências em campo.

As empresas de energia elétrica, participantes do projeto escolheram os locais em suas respectivas áreas de concessão, onde serão realizados testes em campo (com usuários reais). Inicialmente, os campos de testes estão previstos para Campinas (CPFL), São Paulo (Eletropaulo), São José dos Campos (Bandeirante) e Guarujá (Elektro).

As especificações técnicas detalhadas dos sistemas escolhidos foram desenvolvidas e aplicadas para a composição e execução dos testes de campo, acordados para a próxima fase do projeto (ciclo 2002-2003).

Neste ano foi realizado um levantamento em cada empresa, onde se verificou quais as premissas para a implantação do Campo de teste que atenderá a necessidade da empresa em específico. [8]

## VI. TESTE PILOTO PLC

Elaborou-se um campo de testes piloto utilizando equipamentos PLC, onde foram verificadas as funcionalidades da tecnologia. Para isto foi empregado um sistema PLC da empresa suíça ASCOM POWERLINE COMMUNICATIONS AG. Consiste num sistema para transmissão de dados em alta velocidade utilizando-se como meio a rede elétrica de baixa tensão

A configuração utilizada para o teste piloto seguiu um modelo próximo ao utilizado numa rede de distribuição de interna de edifícios. Uma rede de distribuição típica de edifícios comerciais possui transformador dedicado ao atendimento local e quadros de distribuição de energia distribuídos conforme necessidade e dimensão do imóvel.

O prédio da Gerência de Infra-estrutura de Redes do CPqD é atendido por um transformador MT/BT e possui 2 quadros principais de energia que recebem uma linha de entrada de energia vinda do transformador. Cada quadro de entrada é responsável por atender uma área do prédio e distribuir circuitos de energia para outros quadros secundários de distribuição subsequentes, responsáveis pelo atendimento de setores específicos do edifício.

Optou-se pela utilização de um trecho da rede interna do edifício, de aproximadamente 55 metros, a partir de um quadro de distribuição secundário localizado no pavimento térreo que fornece alimentação para a uma sala localizada também no pavimento térreo.

O CPqD disponibilizou o quadro de distribuição QDL-NE-104-C que alimenta as fases das tomadas da sala onde foram montados os equipamentos terminais de usuários para o teste piloto. O equipamento concentrador de sinais PLC APM-45i (master) foi conectado nas três fases de entrada do quadro de distribuição QDL-NE-104-C.

Na sala de teste piloto foram conectadas duas unidades terminais de usuários APA-45i (slave) em pontos de energia distantes em aproximadamente 3 metros entre si.

Dessa forma, ficaram estabelecidos dois pontos de acesso à rede física PLC, simulando exatamente a condição de acesso pelo usuário final na rede confinada.

Esta montagem caracteriza uma configuração ponto-a-ponto.

## VII. METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE UM SISTEMA PLC [7]

Para que um Campo de Teste (“field trial”) seja bem executado, ele necessita de uma metodologia para orientar o seu planejamento, o desenvolvimento, a execução e as conclusões a serem obtidas. Além disso, o conjunto desses “field trials” deve apresentar, se possível, todos os ambientes e configurações de redes de distribuição de energia elétrica encontrados nas Concessionárias de Energia Elétrica participantes desse projeto.

É importante salientar que, nesse trabalho, será investigado o comportamento de um Sistema PLC de Banda Larga. Esse sistema PLC, desenvolvido para atender as aplicações de Internet e Telefonia, deve ser avaliado sob diferentes aspectos, com o intuito de se obter o real cenário de aplicação desse sistema na rede de distribuição de energia elétrica.

A análise de desempenho de um sistema PLC no qual utiliza a arquitetura “barramento”, depende de fatores como quantidade de usuários que compartilham a rede e “qualidade” da rede elétrica, entre outros.

Os mais importantes requisitos a ser testados e avaliados em um sistema PLC são:

- Disponibilidade dos Serviços de Internet e Telefonia
- Definição e Testes de Desempenho
- Testes do Serviço de Voz
- Análise da Segurança da rede
- Taxa Máxima de Transmissão de Dados
- Alcance Máximo
- Capacidade de Usuários Simultâneos em uma Instalação Residencial
- Suportabilidade a Diferentes Condições Ambientais
- Suportabilidade a Interferências.
- Medições de Intensidade de Campo a 3 metros e 10 metros da Rede.
- Medições Laboratoriais de Emissão - Conduzida e Radiada - e de Imunidade a RF - Conduzido e Irradiado.
- Verificação do Desempenho da Imunidade do Equipamento quando submetido a Perturbações Eletromagnéticas com características diferentes.
- Mudanças de Impedância da Rede
- Diferentes Topologias de Rede
- Paralelo em Circuito Aberto
- Paralelo em Curto Circuito (carga de baixa impedância)
- Atenuação Devido a Cargas Resistivas
- Efeito de Cargas Reativas
- Efeito de Cargas Não Lineares
- Elementos Discretos com Impedância
- Oxidação de Contatos e Conexões
- Conexão e Desconexão de Cargas

## VIII. CONCLUSÃO

Com base no estudo realizado, vislumbra-se um significativo potencial de aplicação de sistemas baseados em tecnologias PLC para tele-supervisão, monitoração e controle das redes de energia elétrica, sem prejuízo da utilização de sistemas tradicionais existentes ou a serem implantados.

O potencial de uso de sistemas baseados em tecnologias PLC está sendo estudado considerando-se a permanente evolução desta tecnologia. Esta evolução tem trazido resultados promissores na superação das barreiras impostas pelas características do meio de transmissão, assim como na redução do custo por ponto de tele-sinalização / monitoração.

## IX. REFERÊNCIAS

- [1] Relatório Técnico 2 (CPqD) - PD.33.ER.PAT.0001A / RT-02-AA - “Cenários de Utilização” - Abril/2002.
- [2] Relatório Técnico 3 (CPqD) - PD.33.ER.PAT.0001A / RT-03-AA - “Definição de Requisitos, Premissas e Condições de Contorno dos Sistemas” - Setembro/2002.
- [3] Relatório Técnico 1 (CPqD) - PD.33.ER.PAT.0001A / RT-01-AA - “Estudo e Pesquisa Básica” - Setembro/2002.
- [4] Relatório Técnico 4 (CPqD) - PD.33.ER.PAT.0001A / RT-04-AA - “Estabelecimento das Tecnologias de Rede Aplicáveis” - Setembro/2002.
- [5] Relatório Técnico 5 (CPqD) - PD.33.ER.PAT.0001A / RT-05-AA - “Relacionamento das Soluções Aplicáveis com a Infraestrutura de Telecomunicações Existente e Planejada na Concessionária” - Setembro/2002.
- [6] Relatório Técnico 6 (CPqD) - PD.33.ER.PAT.0001A / RT-06-AA - “Teste Piloto da Tecnologia PLC” - Outubro/2002.
- [7] Relatório Técnico 7 (CPqD) - PD.33.ER.PAT.0001A / RT-07-AA - “Metodologia para Avaliação de Desempenho de um Sistema PLC “ - Outubro/2002.
- [8] Relatório Técnico 8 (CPqD) - PD.33.ER.PAT.0001A / RT-08-AA - “Detalhamento dos Sistemas” - Outubro/2002.