Lote Pioneiro e Inserção no Mercado do Sinalizador Luminoso de Faltas

Antônio A. Ferreira, Daniel R. Mônaco, Josemir C. Santos, Josué de Camargo, Fábio J. de Andrade, José F. Vizcaino Gonzalez, Celso Cavellucci

***Resumo* – O projeto de P&D "Lote Pioneiro e Inserção no Mercado do Sinalizador Luminoso de Faltas" realizou a instalação de 1.000 equipamentos na rede aérea de distribuição do grupo CPFL. O resultado principal do projeto foi um produto, certificado e homologado pela concessionária, resultado da transformação do protótipo pré-industrial, desenvolvido nos projetos de P&D ANEEL anteriores. O projeto alcançou a aplicação do produto homologado em escala piloto e pôde comprovar sua eficiência e avaliar os benefícios trazidos à concessionária. Os equipamentos instalados auxiliaram as equipe de campo da CPFL na busca por defeitos em ocorrências emergenciais, reduzindo o tempo médio de atendimento ao cliente.**

***Palavras-chave* – Localização de defeitos, Lote pioneiro, Redução do tempo de atendimento, Sinalizador de faltas.**

I. Introdução

O equipamento sinalizador de faltas da CPFL tem como objetivo fundamental atuar em ocorrências emergenciais, reduzindo o tempo médio de deslocamento (TMD) da equipe de manutenção de campo, parcela significativa do tempo médio de atendimento às ocorrências emergenciais (TMAE), indicador de qualidade da prestação de serviço das concessionárias do setor elétrico brasileiro.

Esses indicadores de qualidade do serviço prestado pelas empresas distribuidoras de energia elétrica são definidos pelo PRODIST (Procedimentos de Distribuição), publicado pela ANEEL em 2008 [1], [2]. Todas as concessionárias distribuidoras de energia buscam melhorar seus indicadores de qualidade do serviço prestado, seja para evitar sanções do órgão regulador ou para melhorar sua imagem perante seus clientes e perante as outras empresas do setor.

Para alcançar o objetivo de redução do TMD, diversas ferramentas são utilizadas, e uma delas é justamente o sinalizador de curto-circuito, aplicado na rede de média tensão.

A CPFL atua na linha de pesquisa e desenvolvimento de um equipamento sinalizador luminoso de faltas há diversos anos, desde as fases de pesquisa básica e aplicada, passando pela fase de cabeça-de-série e chegando finalmente à fase de lote pioneiro e inserção no mercado.

O sinalizador de faltas desenvolvido [7], [8], mostrado na figura 1, é monofásico e possui tecnologia para monitorar a tensão do alimentador e identificar sobrecorrentes causadas por defeitos, tais como curtos-circuitos, sinalizando luminosamente a ocorrência desse evento.

Figura 1 - Foto do Sinalizador de Faltas em fase de Lote Pioneiro.

Na aplicação do lote pioneiro do sinalizador de faltas na rede de distribuição da CPFL, constatou-se uma redução média de 50% no TMD [3], uma vez que em situações típicas de defeito, como a ilustrada na figura 2, a equipe de campo é guiada pelos equipamentos diretamente para o local do defeito, evitando a inspeção desnecessária de diversos trechos de rede.

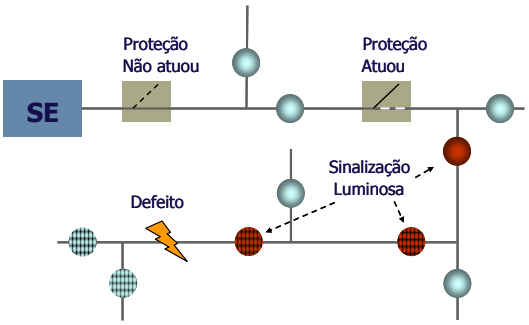


Figura 2 - Situação típica de indicação de defeito na rede de distribuição utilizando o Sinalizador de Faltas.

A metodologia adotada para desenvolvimento do projeto contempla um arranjo interinstitucional entre universidade, empresa de base tecnológica e indústria, com gestão da concessionária. A universidade aportou conhecimento tecnológico ao projeto. A empresa de base tecnológica atuou na coordenação do projeto, contemplando procedimentos de

---

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica regulado pela ANEEL e consta dos Anais do VI Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica (VI CITENEL), realizado em Fortaleza/CE, no período de 17 a 19 de agosto de 2011.

Este trabalho foi patrocinado dentro do programa de P&D pelas empresas distribuidoras do Grupo CPFL Energia.

A. A. Ferreira e D. R. Mônaco trabalham na CPFL (e-mails: areias@cpfl.com.br e daniel@cpfl.com.br).

J. C. Santos é Prof. Dr. do PEA-EPUSP (e-mail: josemir@pea.usp.br).

J. Camargo e F. J. de Andrade trabalham na EXPERTEC (e-mails: josue@expertise-eng.com.br e fabio@expertec.com.br).

instalação e acompanhamento em campo. Por outro lado, a otimização da cadeia de suprimentos e o processo de fabricação em escala industrial, ficaram sob a responsabilidade do parceiro industrial. Esse arranjo de projeto foi fundamental para a obtenção um produto homologado e aplicável em escala piloto na empresa.

Este projeto foi desenvolvido com o título "Lote Pioneiro e Inserção no Mercado do Sinalizador de Faltas Luminoso", sob o código ANEEL PD-0063-0002/2009. As empresas proponentes e cooperadas, que deram apoio financeiro ao projeto são: CPFL PAULISTA, CPFL JAGUARI, CPFL MOCOCA, CPEE JAGUARIUNA (Leste Paulista), CPFL SANTA CRUZ, CSPE (SUL Paulista), RGE e CPFL PIRATININGA. As entidades executoras são a Expertec Serviços e Desenvolvimento Tecnológico Ltda., em conjunto com a FDTE (Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia) e a CLCTEC Consultoria.

II. Desenvolvimento da Pesquisa

O objetivo desta pesquisa era, a partir do projeto final do equipamento sinalizador luminoso de faltas, a produção em "escala piloto" desses equipamentos para realização de ensaios, certificações e instalação na rede de distribuição da CPFL. Além disso, buscou-se desenvolver uma metodologia e software de otimização da aplicação de sinalizadores de faltas na rede de distribuição, com vistas a minimizar o tempo de atendimento às ocorrências emergenciais. Por fim, com a aplicação do equipamento, da metodologia e do software desenvolvidos, desejava-se validar a eficiência da solução e comprovar os principais benefícios para a concessionária. Assim, o projeto almejava tornar o sinalizador de faltas pronto para difusão e comercialização no setor elétrico.

Um fato importante para o desenvolvimento desse projeto de Lote Pioneiro e Inserção de Mercado foi a inclusão de um parceiro industrial no projeto, candidato a ser um dos licenciados para produção e venda do sinalizador.

Além da produção do dispositivo, o projeto investiu também na sua divulgação para o setor elétrico nacional, através de apresentações do sinalizador em feiras e congressos, visitas a várias concessionárias nacionais para apresentação do equipamento para as equipes de operação e manutenção de rede e realização de pesquisa de mercado com a participação das maiores empresas distribuidoras de energia nacionais.

Com todas essas ações em conjunto, foi possível alcançar os objetivos traçados para o projeto LP-02, trazendo o sinalizador luminoso de faltas de um estágio pré-industrial para o de um equipamento acabado e pronto para ser licenciado, produzido e vendido.

III. Metodologia de Desenvolvimento

Assim como no seu predecessor [4], que era do tipo "cabeça-de-série", este projeto de lote pioneiro está sendo desenvolvido a partir de uma metodologia que prevê a terceirização de determinadas tarefas (que não acrescentam conhecimento útil à equipe de pesquisadores do projeto, que não são de domínio da equipe ou que não se relacionam diretamente com a inovação contida no equipamento sinalizador) que podem ser realizadas através de técnicas e tecnologias de domínio público, disponíveis para contratação/aquisição a qualquer tempo. O arranjo interinstitucional utilizado no passado foi remodelado, conforme a figura 3. Desta vez o arranjo conta com uma nova entidade diretamente ligada à concessionária patrocinadora do projeto: o parceiro industrial.

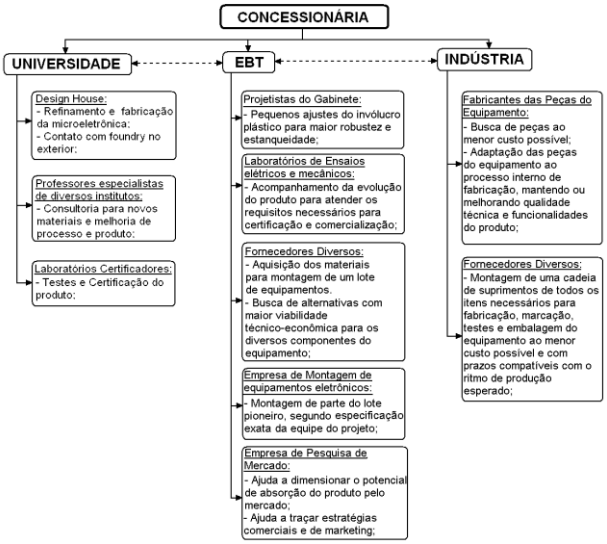


Figura 3 - Arranjo interinstitucional para desenvolvimento do projeto de lote pioneiro do sinalizador de faltas.

Na figura 3 acima, as linhas pontilhadas mostram o fluxo de informações entre as entidades envolvidas no projeto. Este fluxo é centralizado na empresa de base tecnológica (EBT), que faz a gestão do projeto e mantêm com as outras duas entidades principais apenas as conversações pertinentes, objetivando que cada equipe mantenha o foco em sua meta principal.

No caso do projeto do lote pioneiro e inserção de mercado do sinalizador luminoso de faltas, o objetivo da universidade é o de realizar diversos dos testes de aprovação dos dispositivos sinalizadores e suas partes. Dentro da universidade se encontram laboratórios certificados para realização de ensaios e emissão de laudos sobre o produto. Neste caso em especial, todos os ensaios elétricos com o sinalizador luminoso de faltas foram feitos pela universidade. Além disso, na universidade são encontrados especialistas para prestar consultorias em diversas áreas do conhecimento que se aplicam ao projeto e que podem passar pela mecânica, química (materiais) e obviamente a elétrica.

O parceiro industrial adicionado ao arranjo vem com o objetivo de absorver, pelo menos em parte, o conhecimento gerado durante o projeto e que se refere aos aspectos construtivos e ao processo de fabricação do produto. Faz parte do objetivo do parceiro industrial otimizar a cadeia de fornecedores das peças e partes do equipamento, buscando menor custo e melhores resultados técnicos, ou seja, maior confiabilidade, maior durabilidade e novas funcionalidades. Conseqüentemente, o fruto do projeto de pesquisa ganha apelo comercial e se torna atrativo para os potenciais consumidores, tanto no aspecto técnico quanto no que se refere

ao investimento financeiro. No projeto de lote pioneiro do sinalizador de faltas, o parceiro industrial foi importante também na preparação da documentação de transferência tecnológica. Esse material inclui desenhos técnicos de todas as peças, detalhes do processo de produção e montagem, procedimentos de testes e detalhamento de embalagens. Toda essa documentação já foi gerada segundo as normas e padrões brasileiros e pode ser utilizada no futuro para licenciamento de outros parceiros industriais interessados em produzir o equipamento.

A empresa de base tecnológica já entra no projeto de lote pioneiro e inserção de mercado com um vasto conhecimento sobre o produto que se deseja industrializar, adquirido nas fases anteriores da pesquisa. A EBT, especialmente aquela que participou da fase de montagem de protótipos cabeça-de-série, possui uma carteira de fornecedores já formada para as peças do equipamento, possui contato de diferentes prestadores de serviço necessários para o refinamento e confecção do produto, conhece a capacidade técnica de cada um deles, suas limitações e modo de trabalho. Assim sendo, a EBT, desde o início do projeto do lote pioneiro, pôde contratar os serviços e comprar os materiais utilizados para a fabricação dos protótipos, cumprindo o cronograma estipulado e respeitando o orçamento do projeto. Esta empresa conhece o processo de certificação e os ensaios que deverão ser realizados com o equipamento, norteando as ações de refinamento do produto e de ajustes do processo de industrialização, garantindo que o resultado do lote pioneiro seja no mínimo tão bom quanto o resultado do projeto de cabeça-de-série.

O fluxo de informações referente à transferência tecnológica ocorre da EBT para a indústria, respeitando acordos comerciais e contratos firmados entre a concessionária e o parceiro industrial, sem violar os sigilos e os direitos de propriedade industrial dos parceiros de desenvolvimento. A EBT também pode ter o papel de realizar, junto com a concessionária, estudos de mercado sobre o produto que se deseja industrializar e comercializar. Esses dados, além de nortearem o processo de refinamento do produto para a industrialização (visando deixá-lo mais atrativo para os consumidores em potencial), fornecem informações valiosas para a fase de inserção de mercado. Essas informações ajudam na formação de preço para o equipamento, ajudam na negociação do contrato de licenciamento da tecnologia, na formatação da estratégia de marketing e na decisão sobre a logística de distribuição do produto para o mercado.

As etapas do projeto de lote pioneiro do sinalizador de faltas foram programadas para execução em dois anos de projeto, sendo que o primeiro ano priorizou a realização de ajustes no equipamento desenvolvido no projeto cabeça-de-série para agregar-lhe mais robustez e confiabilidade. O segundo ano é focado na produção industrial de um lote do equipamento e em ações específicas de apresentação e inserção do produto no mercado nacional. A figura 4 mostra de forma reduzida e em linhas gerais a sequência de atividades desenvolvidas ao longo dos dois anos de projeto.

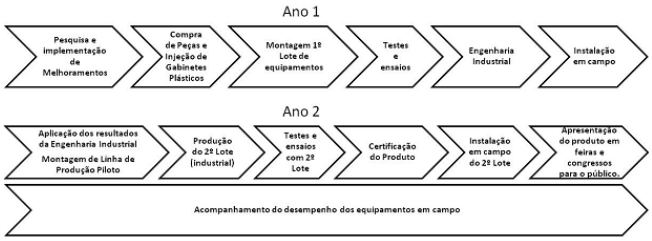


Figura 4 - Atividades do projeto de lote pioneiro e inserção no mercado.

A metodologia exposta, de concepção das etapas do projeto e de execução das atividades distribuídas entre as três entidades contratadas diretamente pela concessionária, permite trazer um equipamento do estágio de produção pré-industrial para os de industrialização e inserção no mercado.

IV. Resultados Obtidos

A. *Lote piloto de equipamentos sinalizadores*

Antes mesmo da formatação do projeto de lote pioneiro, é necessário um estudo preliminar para dimensionar o tamanho do lote piloto, ou seja, a quantidade de equipamentos que serão produzidos durante o projeto de lote pioneiro e que servirão para certificação e validação prática de seu funcionamento na própria rede da concessionária. O manual do programa de P&D da ANEEL [9] é claro sobre esta questão. Projeto de Lote pioneiro não será caracterizado como P&D se tiver abrangência maior que 1% da base de clientes ou de ativos da concessionária ou se for superior a uma amostra considerada representativa do caso em estudo.

Um estudo interno baseado num levantamento realizado junto ao Centro de Operações da CPFL, levando em consideração a quantidade e o tamanho dos alimentadores de toda a rede aérea de distribuição de energia elétrica das empresas do grupo, levou à conclusão que o tamanho adequado do lote a ser produzido em escala piloto seria de 1.000 peças.

Sobre a representatividade da amostra, é necessário dizer que o estudo para atestar o desempenho do equipamento na rede será feito a partir da comparação de dados históricos do TMAE nos alimentadores que receberam equipamentos sinalizadores, antes e depois da instalação. Essa análise é estatística e quanto maior o espaço amostral, melhores os resultados obtidos. Com 1.000 equipamentos será possível equipar em torno de 50 alimentadores. Se o lote produzido neste projeto fosse menor, os resultados a serem obtidos poderiam refletir a realidade com menor precisão.

A fabricação dos equipamentos sinalizadores de faltas para o projeto de Lote Pioneiro poderia ser feita de, pelo menos, duas maneiras distintas. Uma delas é a compra de todos os componentes pela equipe do projeto e a terceirização da montagem para uma empresa especializada em montagem de equipamentos eletro-eletrônicos. Outra possibilidade é a contratação do parceiro industrial para fazer o estudo da engenharia industrial do produto, gerar uma linha piloto de fabricação seriada do equipamento e montar um lote de equipamentos, com peças que ele mesmo pode adquirir de fornecedores indicados pela equipe do projeto, através de negociações possivelmente mais vantajosas.

No projeto de lote pioneiro do sinalizador de faltas, essas duas opções foram utilizadas. O lote piloto total de 1.000 peças foi dividido em dois, sendo que as primeiras 500 peças foram montadas por uma empresa terceira, sob a responsabilidade da equipe do projeto. Durante esse processo o parceiro industrial teve a possibilidade de acompanhar os processos de compra e contratações, acompanhar a montagem desse primeiro lote e absorver alguns detalhes sobre o equipamento.

Com as informações colhidas sobre a montagem do primeiro lote, o parceiro industrial pôde desenvolver toda a documentação necessária para a industrialização do equipamento (desenhos técnicos, caracterização das peças e matérias primas, elaboração de processos e procedimentos, entre outros). Uma linha de produção piloto foi desenvolvida e então o segundo lote de equipamentos foi montado, já se utilizando da expertise do parceiro industrial para a montagem da cadeia de suprimentos e produção de equipamentos em série. Como o parceiro industrial já acompanhou a montagem de um lote de equipamentos anteriormente, a tendência é que o segundo lote seja preparado em menor tempo, com menos erros e problemas e a um custo mais baixo.

Apesar de o parceiro industrial ter preparado apenas um lote piloto, esse lote já virá para a concessionária como se fosse para o mercado, ou seja, virá com embalagem adequada, manual de utilização e todas as certificações necessárias para operar na rede de distribuição de energia elétrica.

B. Testes e Ensaios de Certificação

Os ensaios de certificação do equipamento sinalizador de faltas foram baseados nas normas IEEE Std-495/1996 (Guia de testes de equipamentos sinalizadores de faltas) e na sua revisão, publicada em 2007 [5]. Este guia do IEEE recomenda, basicamente, que sejam feitos os seguintes tipos de testes com os equipamentos a serem instalados em campo:

- Testes de Projeto: Aplicados a algumas amostras dos equipamentos a serem produzidos para atestar que suportam as condições de operação especificadas em projeto. Testes como ciclagem térmica, resistência mecânica, submersão em água, entre outros, podem ser aplicados nesta fase.
- Testes de Produção: Aplicados a todos os equipamentos produzidos, sem exceção. Devem comprovar que cada equipamento está operacional e realizando suas operações básicas de funcionamento. Nesta fase de testes são realizados primordialmente testes elétricos, como teste de detecção de corrente de falta e teste de *reset* (tanto automático, como manual e temporizado).

O Brasil não possui uma regulamentação específica para equipamentos sinalizadores de faltas e não possui um laboratório pronto para realizar todos os ensaios propostos pelo guia de testes da IEEE. Por isso, a equipe do projeto adaptou os testes de projeto para as condições brasileiras e realizou uma série de ensaios em laboratórios certificados pelo INMETRO.

Algumas amostras dos dispositivos prontos e em pleno funcionamento foram submetidas a um ensaio de ciclagem térmica, conforme figura 5, entre -40 e +85 °C. Ao final do período de testes, constatou-se que todas estavam operando normalmente.

Figura 5 - Equipamentos posicionados na estufa para aplicação dos ensaios de ciclagem térmica.

Com o intuito de verificar se os equipamentos iriam suportar a vibração natural dos cabos das redes de distribuição de energia de média tensão onde seriam instalados, foi idealizado um ensaio de suportabilidade à vibração mecânica, realizado numa mesa vibratória especialmente adaptada para o teste do equipamento sinalizador de faltas. Foram testados mais do que uma amostra, nos três eixos (*x*, *y* e *z*), como ilustrado na figura 6. Verificou-se que o dispositivo apresenta um pico de ressonância por volta dos 55 Hz, quando testada no eixo *x*. Nenhuma amostra parou de funcionar após os testes e não foi verificado afrouxamento do sistema de fixação por haste rosqueável do dispositivo, com exceção de uma amostra que teve o conector da bateria rompido. Propositalmente foram testados sinalizadores com conectores distintos, para comparação. Foi aprovado para utilização no lote pioneiro o conector que não apresentou problemas durante o teste.

Figura 6 - Mesa Vibratória para testes com o sinalizador de faltas.

O teste de tração visa determinar quanta força de tração o equipamento pode suportar no seu eixo vertical, aplicada à haste de fixação com olhal, sem danificar o equipamento, conforme figura 7. Com o resultado, verificou-se que o equipamento suporta até 30 quilos antes da haste com olhal se desprender. Mesmo depois do desprendimento, não ocorreu a quebra do dispositivo, bastando a haste ser encaixada novamente. Essa força é mais do que suficiente para suportar a ação do bastão “pega-tudo” durante o processo de instalação do sinalizador de faltas na linha de distribuição de energia.

Figura 7 - Teste de tração com o gabinete do equipamento sinalizador de faltas.

Para a realização do ensaio de submersão em água, foi utilizada a norma brasileira ABNT – IEC 60529 - Graus de proteção para invólucros de equipamentos elétricos (códigos IP) [6]. Essa norma foi aplicada pelos laboratórios do IPT/SP para determinar se o equipamento atendia aos graus de proteção IP-X5 e IP-X7, que são respectivamente, proteção contra jatos de água e proteção contra imersão temporária. O equipamento foi aprovado nos dois graus de proteção e se enquadrou, segundo a norma, como "versátil" para aplicação IP-X5 e IP-X7. O teste de imersão consistiu basicamente em submergir o dispositivo a 1 metro de profundidade durante 30 minutos e inspecioná-lo procurando pela penetração de água e umidade no seu interior.

Iniciou-se também um ensaio de envelhecimento com o gabinete plástico do equipamento sinalizador de faltas, através da exposição contínua a intempéries, conforme figura 8.

Figura 8 - Ensaio de envelhecimento e exposição ao UV.

O ensaio, que tem duração indeterminada, está ocorrendo num site de testes de polímeros na Universidade, onde as condições climáticas podem ser monitoradas. De tempos em tempos os equipamentos poderão ser checados, em busca de deformações ou desgaste das peças plásticas, determinando se a vida útil do equipamento, prevista para ser de 10 anos, irá ser alcançada sem problemas.

Com os testes de projeto executados com sucesso, passou-se para à execução dos testes de produção com todos os equipamentos montados.

O teste de detecção de faltas e *reset* do dispositivo foi realizado no IEEE/USP, sob a supervisão do Prof. Dr. Josemir Coelho Santos. O arranjo experimental montado permitia a aplicação de tensão de até 23kV nos dispositivos, bem como corrente de regime e de curto por intervalos pré-definidos de tempo. A metodologia básica de teste de detecção de faltas consiste em instalar os sinalizadores em um vão de linha experimental (com cabos e alturas similares às da rede de distribuição de energia elétrica usual), aplicar a tensão e corrente de regime e, na seqüência, aplicar corrente de falta nas três fases do vão experimental. Os equipamentos teriam de sinalizar luminosamente a detecção da corrente de curto-circuito e "resetar" automaticamente (parar de piscar) depois que a tensão fosse restabelecida novamente no arranjo experimental. A figura 9, abaixo, mostra a colocação dos dispositivos sinalizadores no vão de linha de testes do IEE, para realização do procedimento experimental de detecção de faltas.

Figura 9 - Ensaios elétricos de detecção de falta com todos os equipamentos produzidos no site de testes do IEE/USP.

Os equipamentos que foram reprovados em qualquer das etapas do procedimento experimental foram retrabalhados para solução dos problemas encontrados e novamente submetidos aos testes de detecção de faltas, agora no laboratório LSO, do PEA/USP, que é coordenado pelo Prof. Dr. Josemir. Nesse laboratório, o arranjo experimental mostrado na figura 10, composto por transformadores (de alta tensão e de alta corrente), osciloscópio com ponta de prova de alta tensão e variacs para ajuste dos níveis de tensão e corrente de teste, permitiu que os testes sintéticos fossem repetidos em ambiente interno, de forma ágil, com a quantidade reduzida de equipamentos que necessitou ser retrabalhada.

Figura 10 - Arranjo experimental no LSO para realização dos testes de produção com sinalizadores retrabalhados, antes da instalação em campo.

Com todos os testes realizados e os sinalizadores de faltas tendo sido aprovados em todos eles, os equipamentos estavam prontos para testes de aplicação real em campo.

C. *Instalação em campo*

Os equipamentos sinalizadores de faltas foram instalados em aproximadamente 330 pontos da rede de distribuição de energia elétrica das empresas da CPFL. As equipes de campo foram treinadas nos procedimentos de instalação e manutenção dos sinalizadores por meio de atividades de capacitação previstas no projeto, como a retratada na figura 11.

Figura 11 - Treinamento das equipes de campo da CPFL para utilização do equipamento sinalizador de faltas.

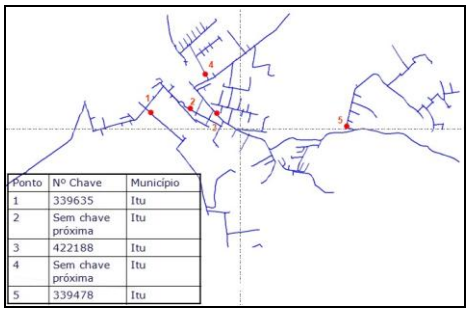
Após o treinamento, houve o acompanhamento pela equipe do projeto da primeira instalação efetuada pelos eletricistas, como pode ser visto nas figuras 12, 13 e 14.

Figura 12 - Equipe de campo da CPFL se preparando para instalação de sinalizadores.

Figura 13 - Instalação de sinalizadores do lote pioneiro na rede de distribuição da CPFL.

Figura 14 - Instalação completa de um ponto dos sinalizadores do lote pioneiro na rede de distribuição da CPFL.

Os pontos de instalação foram determinados pelo centro de operações da CPFL, que indicou alimentadores críticos com maior incidência de defeitos. Os pontos foram mapeados conforme exemplificado na figura 15.



Ponto	Nº Chave	Município
1	339635	Itu
2	Sem chave próxima	Itu
3	422188	Itu
4	Sem chave próxima	Itu
5	339478	Itu

Figura 15 - Pontos definidos para instalação do sinalizador de faltas.

D. *Metodologia e Software de Otimização da Alocação de Sinalizadores*

Os sinalizadores de faltas são equipamentos que podem melhorar a confiabilidade dos sistemas de distribuição. Esses dispositivos, se instalados estrategicamente, auxiliam as equipes na localização rápida e segura de defeitos nos componentes de sistemas de distribuição.

Para maximizar os ganhos com a instalação de sinalizadores de faltas, estudou-se o problema de alocação de sinalizadores na rede de distribuição, visando gerar uma metodologia e um software de otimização para indicação dos melhores pontos para instalação dos dispositivos.

O desenvolvimento desses produtos foi feito pela CLCTEC Consultoria, partindo do pressuposto que o referido problema é de otimização combinatória, sendo as variáveis de decisão os locais candidatos e quantidade de conjuntos de dispositivos sinalizadores de faltas a serem instalados na rede de distribuição.

A técnica de otimização que se mostrou mais vantajosa para a solução do problema de alocação de sinalizadores de faltas foi a de algoritmos genéticos aplicados diretamente sobre o unifilar da rede de distribuição de energia que em estudo, traduzida para o formato de grafos unifilares.

O sistema de apoio à decisão de instalação de sinalizadores de faltas, visando a redução do TMAE, compreende os módulos *Alocasin-Desktop* e *Alocasin-otimizador*, e seu conjunto é denominado simplesmente como *Alocasin*. O módulo *Alocasin-Otimizador* executa o algoritmo genético

desenvolvido para alocação dos sinalizadores de faltas. A comunicação entre o usuário e o módulo de otimização é realizada pelo *Alocasin-Desktop*. Esse módulo é responsável pela formatação da chamada para a execução do módulo *Alocasin-Otimizador* e a apresentação dos seus resultados, utilizando uma interface gráfica e intuitiva, descrita a seguir nesta seção.

As principais funções do *Alocasin-Desktop* são:

- Visualização gráfica dos dados da rede de distribuição;
- Funções de afastamento e aproximação da visualização gráfica do unifilar da rede;
- Edição dos parâmetros para a simulação;
- Avaliação de alocações de sinalizadores luminosos de faltas previamente elaboradas;
- Seleção de alimentadores a serem simulados;
- Inclusão de sinalizadores luminosos de faltas existentes e novos para serem considerados na simulação.

A Figura 16 mostra a janela principal do aplicativo *Alocasin*, com um alimentador da rede da CPFL carregado.

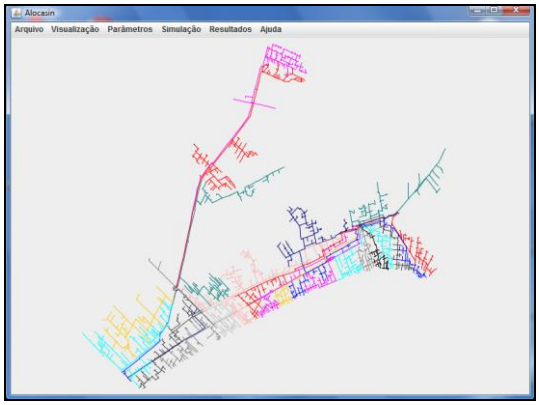


Figura 16. Janela principal do Alocasin.

Na janela principal é mostrada a barra de menu que guia o usuário às funcionalidades do *Alocasin*. Ela foi projetada para acompanhar os passos necessários à elaboração de cenários de alocação de sinalizadores luminosos de faltas.

A Figura 17 ilustra a apresentação dos resultados da simulação, onde os quadrados na cor verde mostram a localização dos sinalizadores luminosos de faltas.

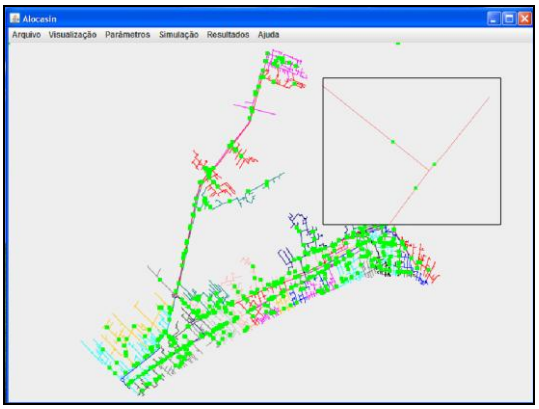


Figura 17. Janela do Alocasin mostrando o resultado da simulação.

Também é possível colher os resultados das simulações em formato de um texto que já oferece de maneira numérica a localização georreferenciada de cada local a ser instalado um conjunto de sinalizadores de faltas.

E. Apresentação do Equipamento em Feiras e Congressos

Sendo a Inserção no Mercado um dos objetivos principais do projeto, ao longo de todo ele foram realizadas diversas apresentações do equipamento sinalizador luminoso de faltas em congressos e feiras de grande visibilidade do setor elétrico nacional.

Um prospecto explicativo do equipamento, reproduzido nas figuras 18 e 19, foi elaborado para ser distribuído nos eventos, servindo como material publicitário em que se indicavam para os interessados os contatos da equipe do projeto.

Figura 18 – Prospecto do Equipamento Sinalizador Luminoso de Faltas distribuído em eventos do setor elétrico.

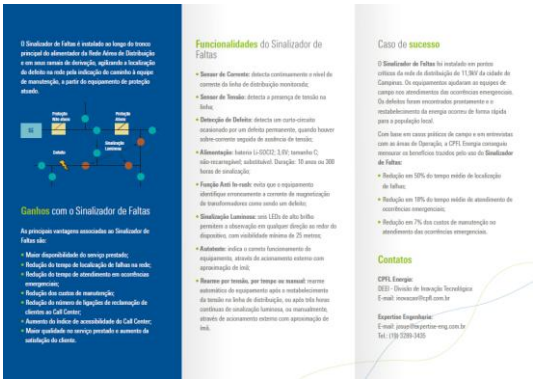


Figura 19 – Detalhes do funcionamento do equipamento e contatos da equipe do projeto informados aos interessados através do prospecto.

Após a participação nos eventos de divulgação, diversos contatos foram recebidos pela equipe do projeto de concessionárias interessadas em testar ou adquirir o equipamento, dando para a equipe noções mais precisas do potencial mercado consumidor do dispositivo e sua magnitude.

Os principais eventos em que o equipamento sinalizador luminoso foi apresentado foram as edições do SENDI de 2008 e de 2010, o CBQEE de 2009 e a feira de Inovação de MG (INOVATEC), também em 2010.

Fotos dos estandes, que receberam profissionais de diversas concessionárias distribuidoras nacionais e algumas estrangeiras para conhecerem o sinalizador luminoso de faltas, podem ser vistas nas figuras 20 a 23.

Figura 20 – Apresentação do sinalizador de faltas no estande da CPFL no SENDI 2008 – Recife/PE.

Figura 21 - Apresentação do sinalizador de faltas para o público, no estande da CPFL no SENDI 2010 – São Paulo/SP.

Figura 22 - Apresentação do sinalizador no estande da Expertise Engenharia, no CBQEE de 2009 – Blumenau/SC.

Figura 23 - Apresentação do sinalizador de faltas no estande da INOVATEC 2010, em Belo Horizonte - MG.

V. Benefícios Auferidos

Os equipamentos sinalizadores de faltas instalados na rede de distribuição da CPFL auxiliaram as equipes de manutenção de campo no atendimento às ocorrências emergenciais, indicando a localização dos defeitos.

A partir dos dados obtidos nas primeiras atuações dos equipamentos instalados, estima-se uma redução média de 50% no tempo de deslocamento (TMD) e uma conseqüente redução média de 15% no tempo de atendimento ao consumidor (TMAE) nas áreas em que os sinalizadores foram aplicados.

O estudo de viabilidade econômica do equipamento, comparando, entre outros aspectos, o custo final do equipamento com similares importados, mostrou-se favorável à sua implantação em larga escala.

VI. Conclusões

O equipamento tem demonstrado funcionamento eficiente em campo, auxiliando as equipes de manutenção na localização de defeitos na rede e, conseqüentemente, diminuindo o tempo de restabelecimento da energia para o consumidor.

Desta forma, planeja-se a utilização dos sinalizadores em larga escala no Grupo CPFL e sua oferta às demais Distribuidoras brasileiras, que poderão adquirir o equipamento de empresas licenciadas.

VII. Referências Bibliográficas

[1] *Resolução nº520*, de 17/09/2002, publicada no Diário Oficial, em 19/09/2002, Seção 1, p. 76, v. 139, n. 182. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/cedoc/res2002520.pdf> Acesso em 04 mar. 2009.

[2] *Resolução normativa nº345*, de 16/12/2008, publicada no Diário Oficial, em 31/12/2008, Seção 1, p. 182, v. 145, n. 254. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2008345.pdf> Acesso em 04 mar. 2009

[3] Andrade F. J., Santos J. C., Monaco D. R., Ferreira A. A., Camargo J.; "Redução no Tempo Médio de Atendimento a Ocorrências Emergenciais Aplicando o Sinalizador de Faltas". In: VIII CBQEE - Conferência Brasileira sobre Qualidade da Energia Elétrica, 2009, Blumenau/SC. Anais da Conferência – VIII CBQEE., 2009.

[4] Santos J. C., Jakubowski E. F., Andrade F. J., Camargo J., Silveira M. M.; "Arranjo Interinstitucional para Desenvolvimento de um Lote Pioneiro de Equipamento Sinalizador de Faltas em Redes Aéreas de Distribuição de Energia". In: XVIII SENDI - Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica, 2008, Olinda/PE. ANAIS - Trabalhos Técnicos XVIII SENDI, 2008.

[5] *IEEE Guide for Testing Faulted Circuit Indicators* IEEE Std 495™-2007(Revision of IEEE Std 495-1986) de dezembro de 2007

[6] *Graus de Proteção para Invólucros de Equipamentos Elétricos* ABNT NBR-IEC-60529 de 30 de Março de 2005.

[7] Companhia Paulista de Força e Luz – CPFL, "Gabinete para equipamentos aplicáveis em fiações e cabos condutores de eletricidade suspensos no ar", INPI, Invenção PI0903605-9 de setembro de 2009.

[8] Companhia Paulista de Força e Luz – CPFL, "Dispositivo sinalizador de falhas monofásico aplicável em redes aéreas de distribuição de energia elétrica", INPI, Modelo de Utilidade MU8600792-0 de abril de 2006.

[9] ANEEL. Manual do programa de pesquisa e desenvolvimento tecnológico do setor de energia elétrica, de Maio de 2008. Superintendência de Pesquisa e Desenvolvimento e Eficiência Energética – SPE/Agência Nacional de Energia Elétrica Brasil. Disponível em: <www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Manual PeD_2008.pdf > Acesso em 23 fev. 2010.