

	<p>XX SNPTEE SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA</p>	<p>Versão 1.0 22 a 25 Novembro de 2009 Recife - PE</p>
---	--	--

GRUPO III

GRUPO DE ESTUDO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO - GLT

SISTEMA DE CADASTRO GEORREFERENCIADO COM SENSORIAMENTO REMOTO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO

**Miriam Ellen de Freitas* João Batista Rosolem Cláudio Florida Rivael Strobel Penze Lin Tzy Li
Rogério Botteon Romano Célio Fonseca Barbosa Flávio Eduardo Nallin José A. Donizete Rossi
Fundação CPqD - Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações**

**Dirceu de Almeida
Eletronorte - Centrais Elétricas do Norte do Brasil**

RESUMO

O objetivo deste trabalho é apresentar uma solução desenvolvida pelo CPqD, em parceria com a Eletronorte, em sistema de informações geográficas (SIG) integrada ao monitoramento por sensores remotos, para atender à necessidade de identificação dos principais fatores de degradação dos elementos que compõem a linha de transmissão. A composição da solução SIG e a integração com sensores foram baseadas numa plataforma de software livre e padrões de interoperabilidade internacionais abertos.

PALAVRAS-CHAVE

Linhas de Transmissão, Cadastro Georreferenciado, Faltas, Sensores.

1.0 - INTRODUÇÃO

Eventos conhecidos como faltas são, na maioria das vezes, imprevisíveis e podem afetar um sistema de transmissão de energia elétrica, causando a interrupção no fornecimento.

As faltas em linhas de transmissão podem ocorrer devido a fatores como: problemas de isolamento causados por poluição ou pássaros, queimadas próximas à linha de transmissão, descargas atmosféricas, contatos entre os cabos da linha de transmissão, vandalismo, entre outros. A interrupção do fornecimento é realizada por equipamentos de proteção, visando resguardar a estabilidade do sistema e dos equipamentos envolvidos na transmissão da energia na ocorrência de faltas. O restabelecimento ou o reparo preventivo dos equipamentos depende de intervenção de equipes de manutenção. A rapidez da intervenção depende da localização precisa do ponto onde ocorreu a falta, da identificação do tipo de material necessário para o reparo e do acionamento da equipe mais próxima ao local de ocorrência. Além disso, podem-se realizar ações preventivas que evitem uma maior incidência de faltas com base no mapeamento de locais mais afetados e causas relacionadas.

Algumas linhas de transmissão da Eletronorte no estado do Mato Grosso vêm enfrentando um número crescente de problemas de interrupção de transmissão. Os custos relativos à manutenção, inspeções preventivas e reparos são agravados pela necessidade de diversas equipes na localização exata da falta, carga equivocada de peças de manutenção, entre outros.

Um sistema de informações geográficas (SIG) integrado a um sistema de monitoramento remoto poderia reduzir custos operacionais que envolvem a manutenção, através de um melhor detalhamento dos equipamentos que a compõem, da localização dos pontos de acesso, condições de entorno e tipos de faltas que devem ser sanadas.

Para atender aos objetivos deste trabalho, desenvolveu-se uma tecnologia de monitoração para ser instalada em uma unidade remota composta de sensores e câmera para monitoração das condições de operação de linhas de transmissão de energia elétrica para mitigação de ocorrência de faltas. A implantação do projeto piloto desta solução será em uma torre da linha de transmissão da Eletronorte, visando avaliar a capacidade da rede de fibra óptica existente para o transporte da informação de ocorrência de faltas, a viabilidade de uso de sensores comerciais para elementos de torres de transmissão, aprimorar a imunidade dos equipamentos instalados próximos à linha de transmissão à interferência eletromagnética, testar aplicações de imagem de forma a averiguar qual o nível de detalhamento satisfatório na verificação remota das ocorrências.

O protótipo desta solução consiste em um Terminal de Sensoriamento Remoto (TSR), que transmite suas informações de monitoramento por fibra óptica até um equipamento de operação integrado ao SIG, é composto dos seguintes elementos: câmera de vídeo rotativa com capacidade de detecção de imagens em infravermelho e detecção de movimento, sensor de corrente de isolamento de fuga de isoladores, sensor de descargas atmosféricas, sensores de presença discretos, alarmes sonoros, anemômetro, roteador *Ethernet* com saída óptica redundante, painel solar, baterias, controlador de carga e armário de abrigo dos equipamentos. Como o TSR está integrado ao SIG, o protótipo permite identificar visualmente o local da ocorrência da falta, auxiliando as equipes de manutenção e inspeção das linhas de alta tensão no planejamento e no atendimento de demandas de reparos.

Esse monitoramento da linha de transmissão permite consultas integradas da ocorrência de faltas com o cadastro de inventário dos tipos de equipamentos envolvidos, condições de acesso, localização da equipe de apoio dos centros de operação mais próxima da ocorrência, informações de solo, relevo e vegetação, permitindo visualização do local de ocorrência da falta, melhor avaliação das necessidades de carga de peças de reposição, trajetos a percorrer para atender roteiros de inspeção e maior racionalização do acionamento das equipes de campo, além da otimização de procedimentos de inspeção preventiva. Outro benefício em médio prazo será a identificação mais precisa e mapeamento das principais causas de desligamento (descarga, queimada, erosão, poluição por aves, etc.), permitindo planejamento de ações preventivas e a coordenação de ações entre as equipes de operação, manutenção e meio-ambiente.

2.0 - DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO DE CADASTRO GEORREFERENCIADO COM SENSORIAMENTO REMOTO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO

2.1 Concepção e Montagem do Sistema de Informações Geográficas

Um sistema de informações geográficas (SIG) integrado a um sistema de monitoramento remoto foi considerado como uma solução viável e eficiente para o monitoramento de faltas ocorridas nas torres de uma linha de transmissão de energia elétrica. Contudo, para se ter sucesso na implantação de um cadastro georreferenciado, que atenda a demanda por geoinformação e ao mesmo tempo leve em conta os anseios dos usuários finais, é necessário mais do que realizar investimentos para a compra de soluções.

Até a década de 90, os principais sistemas de informações geográficas disponíveis eram soluções que impunham elevados custos de licenças e padrões proprietários.

Porém, novas perspectivas se abriram para a área de geotecnologias devido a dois movimentos: o de padronização de formatos para troca de informação SIG do consórcio Open GeoSpatial (OGC) e a popularização do projeto GNU da Fundação *Free Software* [1].

O OGC é a principal organização de definição de especificações técnicas para a implantação de serviços *web* (*web services*) destinados à área de geoprocessamento. O consórcio OGC é formado por mais de 300 indústrias, agências de governo e universidades que trabalham para desenvolver especificações de interface e padrões interoperáveis que estão sendo adotados pelos principais fabricantes de softwares de geoprocessamento (ESRI, AUTODESK, Intergraph, etc.) e implementados pelos softwares livres de geoprocessamento (Mapserver, Geoserver, PostgreSQL/PostGIS, etc.). Com a normatização das geotecnologias é possível a criação de ambientes com sistemas totalmente interoperáveis [2], que permitem troca de dados entre diferentes softwares de informações geográficas, sem a preocupação com modelo de dados proprietários, formato de arquivos ou SIGs que gerenciam esses dados. Este é um fato muito importante num projeto de um SIG moderno, pois tão importante quanto viabilizar o custo de implantação é disponibilizar um ambiente integrado de sistemas de uma instituição.

O projeto GNU mudou o cenário do mundo da tecnologia da informação, com um movimento que defende quatro liberdades básicas para o software [1]: executar o programa, para qualquer propósito; estudar como o programa funciona, e adaptá-lo para as suas necessidades; redistribuir cópias de modo que você possa ajudar ao seu próximo; aperfeiçoar o programa, e liberar os seus aperfeiçoamentos, de modo que toda a comunidade se beneficie. Dessa forma, a instituição passa a ter maior poder sobre a manutenção e operação do sistema, pois de posse do código não fica dependente dos fornecedores de software proprietário.

As novas tecnologias livres e os padrões abertos derrubam a barreira de custo das licenças dos sistemas proprietários e o obstáculo da integração de diferentes bases de dados, sejam alfanuméricos ou geográficos. Por esse motivo, além dos requisitos funcionais, de usabilidade na interface com o usuário e atendimento de integração com interfaces externas de monitoramento, devem ser levadas em consideração para a definição do software, as plataformas que utilizam código livre (*open source*) com aderência aos padrões do OGC.

Em questão de arquitetura, uma boa opção seria um software para plataforma cliente-servidor, interface web, arquitetura em três camadas e baseado em software livre, de forma a permitir a expansão em termos de escala (número de registros) das informações georreferenciadas alfanuméricas e geográficas [3]. A arquitetura e as ferramentas empregadas na solução concebida para o presente projeto ilustram uma escolha baseada nesses critérios. Além disso, deve-se considerar como vantagem para o usuário de sistemas de software o uso dos serviços *web*, pois se pode integrar diferentes fontes de dados geográficos, por exemplo, pela simples inclusão de um endereço de internet no software utilizado.

As principais ferramentas de software livre na arquitetura sugerida são:

Servidor de Mapas GeoServer. É um software livre mantido pelo *Open Planning Project* [4], que permite o desenvolvimento de soluções de Webmapping, rápido compartilhamento de informações geoespaciais de maneira interoperável e provém o acesso através da Web ou de aplicativos *desktop* como Quantum GIS [5] e uDig [6]. É

uma ferramenta liberada sob licença GNU *General Public License* (GPL) versão 2 [7]. Desenvolvido em Java com arquitetura J2EE sobre a API geotools, possui componentes implementados conforme as especificações do OGC.

O Cliente Web Openlayers [8] é um *framework* de código livre utilizado para criar aplicações com mapas interativos na *Web*. Ele consiste em uma biblioteca que realiza interações com o GeoServer, seguindo as especificações do *Open Geospatial Consortium* (OGC). A partir da versão 1.5.1 do GeoServer, o Openlayers passa a ser o cliente de mapas *web* oficial. É uma ferramenta liberada sob uma licença *BSD-style License* [8].

Sistema gerenciador de banco de dados PostgreSQL [9] com extensão PostGIS [10], que adiciona entidades geográficas ao PostgreSQL. O PostgreSQL suporta geometrias espaciais, porém o PostGIS adiciona a capacidade de armazenamento/recuperação de dados geográficos segundo a especificação do consórcio OGC. O PostgreSQL é distribuído sob a licença BSD [9] e o PostGIS possui licença GNU GPL (*General Public License*) [7].

Dispositivos móveis

Para operação em dispositivos móveis poderão ser utilizados:

- Notebooks: User-friendly Desktop Internet GIS - u-Dig [6], Quantum GIS, Google Earth™, gvSIG [11] e outros.
- PDA s – gvSIG [11] ou qualquer outro aplicativo que tenha por base o windows mobile® 6.0.

2.2 Sensoriamento Remoto

O protótipo que integra o SIG com a unidade de sensoriamento remoto constituída de um conjunto de sensores, auxilia na identificação dos principais fatores de degradação dos elementos que compõem uma linha de transmissão. Embora o monitoramento esteja restrito a um ponto específico de instalação (uma torre), o sistema de integração já se encontra preparado para expansão de controle de outros pontos de monitoramento.

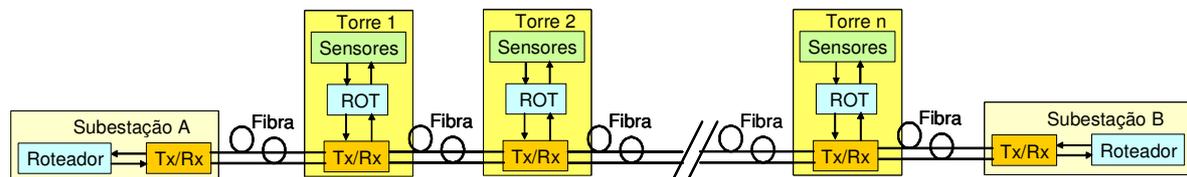
Através da integração entre a ferramenta SIG e o conjunto de sensores instalados, os eventos relativos à sinalização da possibilidade de falhas na transmissão de energia são refletidos no mapa do SIG, em tempo real.

Além disso, o armazenamento de medidas de sinalização de níveis incomuns, dentre aquelas medidas tomadas pelos sensores, permitirá a realização de estudos das ocorrências que possam provocar degradação dos serviços e equipamentos de transmissão de energia ou danificação das estruturas.

O apontamento da equipe mais próxima ao local da ocorrência auxiliará o planejamento da forma mais apropriada para tratá-la. Esse conjunto de informações irá auxiliar a avaliação da integração para que, futuramente, se possa construir um sistema para planejamento e execução de ações preventivas e corretivas.

Um outro aspecto de redução de custos operacionais será o que envolve a manutenção das linhas de transmissão de energia elétrica, pois com a possibilidade de avaliação da vegetação, propriedade do solo, ponto de acesso e condições do entorno das torres e dos elementos que sinalizem falhas, será possível um melhor detalhamento dos equipamentos que devem compor o carregamento da equipe de manutenção, reposição de peças da estrutura e do planejamento da realização de acesso, conforme as condições e localização do elemento de rede.

O sistema de sensoriamento remoto proposto consiste em um sistema com regeneração eletrônica e roteadores para conexão dos (Terminais de Sensoriamento Remoto) TSRs com a subestação. Na configuração proposta na Figura 1, cada um dos TSRs seria dotado de um roteador e dois conversores ópticos para curta distância. Nesta configuração, os sinais de cada TSR são lançados sobre a mesma rede composta pelo par de fibras ópticas disponibilizados no cabo OPGW. O Roteador pode ser adquirido já com as interfaces ópticas.



Terminais de Sensoriamento Remoto (TSRs) formando uma rede de sensoriamento.

Figura 1 - Sistema com regeneração eletrônica e roteadores para conexão de TSRs com a subestação.

A implantação do projeto piloto deverá ser feita em uma torre da linha de transmissão previamente acordada. A topologia a ser utilizada para este projeto piloto é ilustrada na Figura 2. Os sensores instalados na torre comunicam-se com o roteador e este com o conversor óptico que lança o sinal na fibra óptica OPGW. Todo o conjunto é alimentado por painel de células solares (PV), como ilustrado na Figura 2. Na subestação fica instalado um sistema semelhante e todas as informações coletadas são integradas ao SIG, principal inovação do projeto.

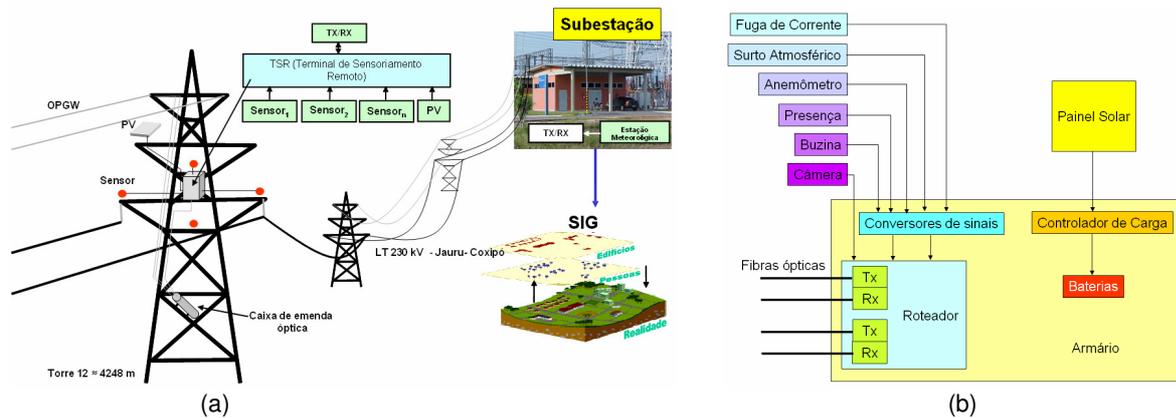


Figura 2 – Topologia do projeto piloto na linha de transmissão (a) concepção do TSR instalado em uma torre e (b) diagrama interno do TSR.

Observamos que no caso de torre de alta tensão, não há ponto de alimentação de baixa tensão que possa ser diretamente utilizado para alimentação do TSR a ser desenvolvido. Neste caso, a solução de um subsistema de alimentação para os equipamentos consiste no uso em conjunto de baterias; painéis solares e controlador de carga. A solução adotada deverá permitir alimentação de energia adequada a todos os elementos ativos do TSR com autonomia adequada, mesmo em períodos de interrupção da energia na linha de alta tensão ou mesmo em períodos de baixa insolação. O correto dimensionamento de painéis solares e baterias, devidamente controlado e supervisionado por um sistema controlador de carga, permite longos períodos de funcionamento sem a necessidade de troca das baterias.

Os sensores a serem utilizados foram escolhidos depois de várias discussões técnicas sobre o assunto entre a equipe do CPqD e da Eletronorte. Para tanto uma ampla pesquisa de literatura sobre o assunto foi realizada. Os efeitos a serem monitorados priorizados pelo projeto foram os efeitos naturais tais como: descargas atmosféricas, ventos, ações de pássaros, além de efeitos produzidos por algumas atividades humanas tais como vandalismo, furtos e queimadas agrícolas que afetam o funcionamento das linhas de transmissão. Estes agressores têm sido bem estudados na literatura com o objetivo de minimizar as perdas por faltas nas linhas de transmissão. No projeto do TSR consideramos o uso de sensores comerciais para detecção de todos estes fatores. Os sensores a serem utilizados são: sensor de descargas atmosféricas, sensor de corrente de fuga de isoladores, anemômetro, câmera e sensores de presença. Além destes, uma buzina será utilizada para espantar pássaros responsáveis pela degradação da cadeia de isoladores.

Os sistemas comerciais de sensoriamento escolhidos para o projeto são descritos a seguir:

Sistema de sensoriamento de descargas atmosféricas: adotou-se o sensor de descargas atmosféricas modelo LD-250 da Boltek, cujas características são: possui determinação da coordenada azimutal da descarga, possui estimativa de coordenada radial de distância da descarga, imunidade à presença de estruturas metálicas próximas da antena, imunidade a ruídos fora do espectro de detecção, em particular à frequência industrial (60 Hz). Interface de comunicação aberta. O LD-250 fornece também a opção de incorporar uma interface que disponibiliza os principais sinais de alarme (tempestade severa, tempestade próxima, etc) através relés. Esta opção possibilita uma forma de obter informações do equipamento sem passar pela interface RS232/USB.

Sistema de sensoriamento de corrente de fuga de isolador: adotou-se a tecnologia desenvolvida pelo CPqD para Coelba. **Erro! A origem da referência não foi encontrada..** As características deste sistema são: o sensor é o elemento do tipo "shunt", que deve ser instalado entre a ferragem da estrutura (torre) e o isolador, o qual, uma vez ajustado o nível de corrente de fuga para disparo, atua sobre um transmissor que emite, na frequência de 433 MHz, um código de identificação. O ajuste da corrente de fuga, em que deve ocorrer o disparo, é realizado por hardware. Não existe a necessidade de alimentação por baterias, uma vez que a energia necessária para a transmissão do sinal de rádio-frequência (RF), com alcance aproximado de 70 metros, é obtida da própria corrente de fuga. Unidade Concentradora dos sinais RF de até 6 (seis) unidades de sensoriamento. Para que seja aceita, uma recepção tem que conter três pacotes de dados idênticos, e só então ativar a interrupção do micro-controlador, evitando que sejam registrados eventos falsos (ruídos eletromagnéticos). A geração dos três pacotes na transmissão é de responsabilidade de um componente específico para esta finalidade (instalado no sensor). Identificação do sensor emissor, contagem de eventos referente ao dispositivo emissor. Registros de eventos de seis unidades sensoras com limite de contagem em 65.000 gravados em memória não volátil (EEPROM). Comunicação via interface serial padrão RS-232.

Sistema de sensoriamento de velocidade, direção do vento e temperatura: adotou-se o modelo Weather Wizard III da Davis cujas características são: temperatura interna - 20° a 60° C, exatidão: $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, temperatura exterior: -45° a 60° C, exatidão: $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, sentido de vento: 16 pontos (22.5°) na rosa dos ventos, 1° na exatidão da indicação digital: $\pm 7^{\circ}$, velocidade do vento: 4 a 280 km/h, exatidão: $\pm 5\%$, vento frio: -92° a 37° C, exatidão: $\pm 2^{\circ}\text{C}$.

Sistema de vídeo: adotou-se a câmera de vídeo modelo 213 PTZ Network Camera cujo fabricante é a AXIS. Com a câmera pretende-se monitorar os seguintes efeitos: presença de pássaros, vandalismo e queimadas. Suas características são: manualmente controlada ou programada para processar imagens coloridas durante o dia e em branco e preto durante a noite usando iluminação interna de infravermelho. Possui pan, tilt, zoom, zoom óptico

26x, 12x digital, lente autofocus. Opera em ambientes *indoor* e *outdoor*. Possui detecção de movimento e disponibiliza módulo de conexão opcional (213 CM) para transmissão de áudio bidirecional e alarmes de entrada e saída tais como sensores de infravermelho, de presença e sonorizadores.

Sistema de sensoriamento de presença: adotou-se o modelo SPA-0914 da Usiluz. Cujas características são: proteção contra RFI, EMI, alcance: 110 graus, até 15m.

Sistema para espantar pássaros: Opção 1: Buzina modelo 13210122 da Marine Express com as seguintes características: 109 dB de nível de ruído, 400 Hz, consumo 5 A em 12 V. Opção 2: Buzina modelo SA-5V-0C da Digilectron com as seguintes características: 103 dB de nível de ruído, 3 kHz, consumo 7 mA em 12 V.

3.0 - RESULTADOS

Foi desenvolvido um protótipo de solução de sensoriamento remoto, baseado em uma ferramenta SIG (Sistema de Informações Georreferenciadas) de plataforma de software livre com emprego dos padrões de desenvolvimento definidos pelo OGC (*Open GIS Consortium*), que cadastra as informações das características físicas e de localização dos principais elementos da rede elétrica de transmissão e permite a visualização dos elementos que compõem a linha de transmissão Jauru-Coxipó, a partir de uma base de dados georreferenciados.

Além disso, foram incluídos pela ELETRONORTE de Cuiabá elementos de mapeamento das unidades da federação; dos municípios dos estados de Mato Grosso (MT), Goiás e Rondônia; da vegetação, hidrografia e limites das áreas indígenas do estado no Mato Grosso. O levantamento desses dados foi realizado com uma metodologia de medição das coordenadas UTM das linhas de transmissão na localização das torres, terrenos com erosões e pontos de acesso, com relacionamentos às informações das áreas de concessão e arredores, tais como faixas de passagens e interferências nas proximidades.

O cadastro de elementos de transmissão, como usinas, linhas de transmissão, subestações, torres, isoladores, cabos ópticos para transmissão de dados (OPGW), prevê o levantamento das partes constituintes de cada torre, tais como: pernas, corpo, tipo de isolador, tipo de cabo condutor e OPGW, altura em relação ao solo, entre outros. Foi inicialmente prevista a tomada de coordenadas no sistema UTM, DATUM SAD-69 BRASIL IBGE (*South American Datum* 1969).

Com essas características, o sistema georreferenciado possibilita o controle integrado do cadastro dos elementos e de sua localização geográfica, tendo considerado as necessidades de vários setores como o de operação de linhas e de meio-ambiente, evitando desperdício de recursos e arquivamento de dados redundantes nos diferentes departamentos, a fim de promover sincronismo e redução de despesas de manutenção e atualização da informação [1].

Na integração do SIG com a unidade de sensoriamento remoto, constituída de um conjunto de sensores, o protótipo permite a identificação dos principais fatores de degradação dos elementos que compõem uma linha de transmissão. Embora o monitoramento esteja restrito a um de ponto específico de instalação (uma torre), o sistema de integração já se encontra preparado para expansão de controle de outros pontos de monitoramento.

Através da integração entre a ferramenta SIG e do conjunto de sensores instalados, são refletidos no mapa do SIG, em tempo real, os eventos relativos à sinalização da possibilidade de falhas na transmissão de energia.

As principais funcionalidades do aplicativo de software desenvolvido são:

- Navegação no mapa: a visualização de dados espaciais deve permitir facilidades de navegação como: controle de zoom, operação de arraste (pan), visualização da extensão total do mapa; exibição de escala; exibição de mapa de contexto, como exemplificado na Figura 3(a) e na Figura 3 (b).
- Visualização dos elementos geográficos e mapas temáticos cadastrados no software organizados em camadas, podendo o usuário habilitar ou desabilitar a sua visualização. Uma camada habilitada mostra graficamente os elementos geográficos associados, sendo que ela se sobrepõe a outras camadas abaixo dela compondo o mapa visualizado, enquanto uma camada desabilitada simplesmente não é mostrada, embora esteja acessível para ser habilitada a qualquer momento Figura 3 (b);
- Cadastros e consultas alfanuméricas e consultas georreferenciadas;
- Recuperação dos objetos de interesse no mapa: consultas de informações alfanuméricas a partir de um elemento selecionado no mapa;
- Mapas temáticos, como exemplificado na Figura 3(a) e Figura 3(b), que permitem a visualização de classificações de elementos georreferenciados armazenados no sistema; visualização dos mapas temáticos juntamente às camadas de visualização pré-existentes no software, como se fosse uma camada de dados comum; exibição da equipe mais adequada e mais próxima para tratamento de manutenção de um elemento da rede de transmissão de energia elétrica em função de falha apresentada ou ações preventivas.
- Adição de documentos complementares relacionados ao cadastro de dos elementos da linha de transmissão, que possibilita a anexação de fotos, planilhas, croquis e outros tipos de dados em qualquer tipo de arquivo.
- Integração de dados exportados via formato .kml com softwares *desktops* como Google™ Earth, e .shp em sistemas como User-friendly Desktop Internet GIS - u-Dig [6] e Quantum GIS [5], ou gvSIG [11], como ilustrado na Figura 3(c), Figura 3(d) e Figura 3(e).
- Integração de dados coletados pelos sensores para serem armazenados na base de dados;
- Monitoramento de falhas medidas pelos equipamentos de sensoriamento remoto instalados na torre de transmissão de energia elétrica, disponibilizando a identificação da localização aproximada e da natureza das ocorrências que afetem o bom funcionamento da rede de transmissão de energia elétrica;
- Exportação de dados para PDA: o protótipo permite que dados de cadastro e mapas sejam extraídos do sistema e carregados em PDAs e *notebooks* para consulta em modo *off-line*, embora não possível a

monitoração on-line de falhas nesses dispositivos, como ilustrado na Figura 4 (a) e (b);

- Chamada do Google™ Maps na mesma localização e escala de zoom da coordenada de consulta exibida no sistema, conforme ilustração na Figura 3 (f).

Todo processo de instalação e carga de dados foi documentado e disponibilizado em forma de manual para o setor de tecnologia da informação da CMTO em Cuiabá.

Os testes da unidade TRS foram iniciados com o **Sistema de sensoriamento de descargas atmosféricas:** modelo LD-250 da Boltek. Os demais sensores encontram-se em fase de aquisição de forma que posteriormente serão reportados os resultados da integração com o SIG.

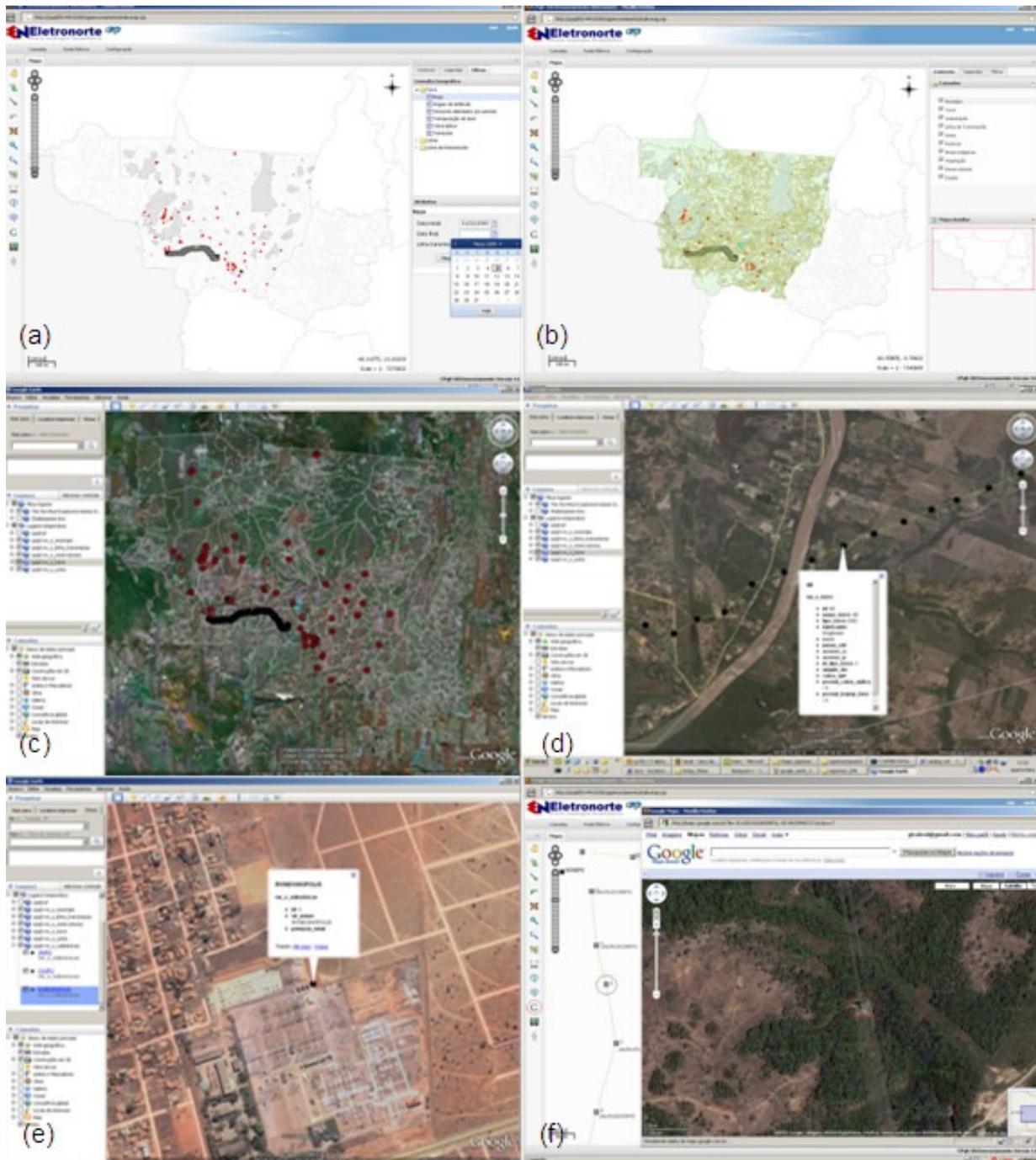


Figura 3 – (a) Geração de mapas temáticos no aplicativo SIG, (b) Mapa de contexto e camadas de dados georreferenciados, (c) Visualização do .kml no GoogleTM Earth – linha Coxipó Jauru, (d) Visualização do .kml no GoogleTM Earth – detalhe da Torre 46 da linha Coxipó-Rondonópolis, (e) Sobreposição de .kml em imagem do GoogleTM Earth - Subestação de Rondonópolis e (f) Chamada de imagens do GoogleTM Maps na mesma localização e escala de zoom (quando existirem no GoogleTM) na coordenada de consulta exibida no sistema.

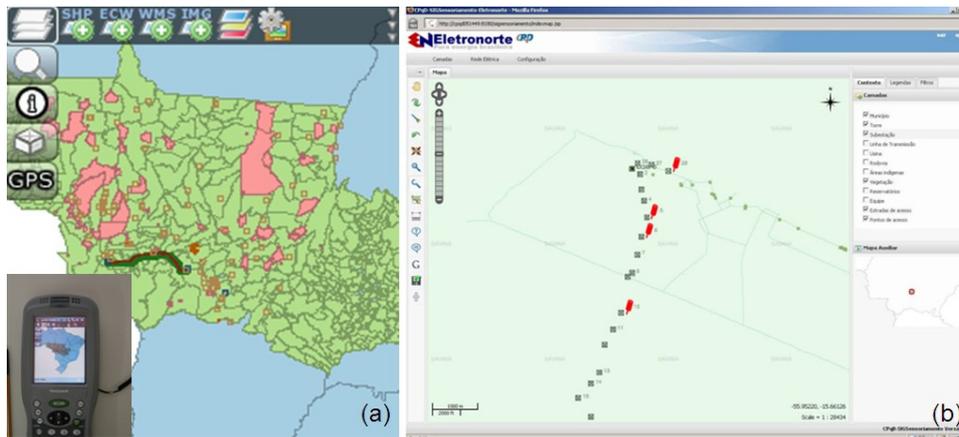


Figura 4 – (a) Interface para dispositivo móvel PDA com interface gvSig [11] e (b) alarme de sensores na interface SIG – concepção inicial de interface [11].

4.0 - CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou uma solução desenvolvida pelo CPqD, em parceria com a Eletronorte, em sistema de informações geográficas (SIG) integrada ao monitoramento por sensores remotos, para atender à necessidade de identificação dos principais fatores de degradação dos elementos que compõem a linha de transmissão. O armazenamento das medidas de sinalização de níveis incomuns das medidas tomadas pelos sensores permitirá a realização de estudos de áreas de concentração das ocorrências de eventos que possam provocar degradação dos serviços e equipamentos de transmissão de energia ou danificação das estruturas. O apontamento da equipe mais próxima ao local da ocorrência auxilia o planejamento da forma mais apropriada para tratá-la. Além disso, esse conjunto de informações irá auxiliar a avaliação da integração para que futuramente se possa construir um sistema para planejamento e execução de ações preventivas e corretivas.

Um outro aspecto de redução de custos operacionais será na manutenção das linhas de transmissão de energia elétrica, pois com a possibilidade de avaliação da vegetação, propriedade do solo, ponto de acesso e condições do entorno das torres e dos elementos que sinalizem falhas, será possível um melhor detalhamento dos equipamentos que devem compor o carregamento da equipe de manutenção, reposição de peças da estrutura e do planejamento da realização de acesso, conforme as condições e localização do elemento de rede.

Este projeto contou com o trabalho integrado de uma equipe multidisciplinar atuando de forma complementar e colaborativa.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Fundação Free Software - www.fsf.org - Projeto GNU - www.gnu.org
- [2] Arquitetura OpenGIS® Baseada em Software Livre para Solução de Geoprocessamento - Comissão: CT7 - Sistemas de Informações Geográficas - Site Oficial do Consórcio Open GeoSpatial, <http://www.opengeospatial.org> - <http://www.opengeo.com.br/download/opengis-sbc-v13-06102005.pdf>.
- [3] PD.33.10.74A.0004A-DA01-AA – Documento de Arquitetura geral SigSensoriamento, Fundação CPqD, Campinas 25/09/2008.
- [4] Geoserver, The Open Planning Project <http://www.openplans.org> - <http://geoserver.org/>
- [5] Quantum GIS - QGIS - Gary Sherman gsherman@sourceforge.net - <http://www.qgis.org/>
- [6] uDig - User-friendly Desktop Internet GIS - Refrations Research - <http://udig.refrations.net/>
- [7] Licença GPL (*General Public License*). - versão 2.0, disponível em <http://www.gnu.org/licenses/gpl-2.0.html> - Versão 3, disponível em <http://www.gnu.org/copyleft/gpl.html>
- [8] Openlayers, Metacarta Labs - disponível em <http://www.openlayers.org/>
- [9] PostgreSQL - Refrations Research Inc - www.postgresql.org - licença BSD - <http://www.postgresql.org/about/licence>.
- [10] PostGIS adds spatial database capabilities to PostgreSQL - <http://postgis.refrations.net>
- [11] gvSIG - Conselleria d'Infraestructures i Transport - <http://www.gvsig.gva.es/>
- [12] N.C. Góis, J. A. D. Rossi, F.E. Nallin, J. A. Petrachin, J.M.G. Angelini, "Aplicação de sensor para monitoramento de degradação de isoladores poliméricos de EPDM na Coelba", XIX SNPTEE, Rio de Janeiro, 2007.