

Sistema para Identificação Local de Equipamentos Instalados nas Linhas de Distribuição por Meio de Coordenadas Geográficas (GPS) e Acesso a Banco de Dados Via Telefone Celular

M. E. Monteiro; E. S. Moura; A. B. Drago, L. O. B. S Santos;
P. F. S. Amaral; J. G. P. Filho; P. F. Rosa; G. D. Bazelatto

RESUMO

Este trabalho apresenta o projeto e a implementação de um sistema para identificação local de equipamentos instalados nas linhas de distribuição por meio de coordenadas geográficas (*Global Positioning System*) e acesso a banco de dados via telefone celular. O sistema desenvolvido consiste basicamente de um terminal portátil do tipo computador de mão (PDA), montado sobre uma jaqueta GPS tendo um cartão de comunicação do tipo *bluetooth* para ligação com um telefone celular GSM, com comunicação GPRS. Este terminal portátil é capaz de se conectar a Internet e acessar um servidor desenvolvido para esta aplicação que acessa bancos de dados da ESCELSA e retransmite as informações solicitadas para o terminal portátil. Um sistema aplicativo foi desenvolvido permitindo que um electricista localizado em um ponto qualquer da rede de distribuição de energia, consiga obter na tela do terminal portátil um mapa dos elementos da rede de distribuição localizados em um quadrado com 100 metros de lado tendo o electricista no centro. A partir deste mapa o electricista consegue obter informações técnicas de todos os equipamentos mostrados na tela e ainda enviar informações de novas ligações efetuadas na rede. O sistema encontra-se atualmente em fase experimental de operação na ESCELSA – Espírito Santo Centrais Elétricas S. A.

PALAVRAS-CHAVE

Redes de comunicação de dados sem fio; Identificação de equipamentos; Sistema de posicionamento global.

Este trabalho teve o apoio financeiro da ESCELSA – Espírito Santo Centrais Elétrica S. A. (Programa de P&D/ANEEL – ciclo 2001/2002).

M. Monteiro é doutorando em engenharia elétrica na UFES (e-mail: maxmonte@terra.com.br).

E. S. Moura é mestre em informática pela UFES (e-mail: emoura@emescam.br).

A. B. Drago é mestre em engenharia elétrica pela UFES (e-mail: adrian@inf.ufes.br).

L. O. B. S. Santos é mestrando em informática pela UFES (e-mail: lolavo@terra.com.br).

P. F. S. Amaral é professor do Departamento de Engenharia Elétrica da UFES (e-mail: pfsamaral@automatica.com.br).

J. G. P. Filho é professor do Departamento de Informática da UFES (e-mail: zegonc@inf.ufes.br).

P. F. Rosa é professor do Instituto de Informática da UFU (e-mail: frosi@ose.com.br).

G. D. Bazelatto é engenheiro electricista da ESCELSA (e-mail: geraldob@escelsa.com.br).

INTRODUÇÃO

Toda concessionária de distribuição de energia elétrica possui milhares de transformadores, chaves e outros equipamentos em sua rede de distribuição. Existe hoje uma enorme demanda por operações de manutenção nesses equipamentos, exigindo uma atualização constante das bases de dados contendo informações técnicas e de manutenção dos equipamentos instalados.

Observa-se, entretanto, que essas informações não são satisfatoriamente e nem completamente atualizadas nessa base de dados, seja por inexistência de informações mais detalhadas sobre os equipamentos, seja por falta de ferramentas apropriadas para que essa atualização seja feita remotamente (em campo) de forma rápida e segura, ou mesmo pela existência de inconsistências na localização geográfica dos equipamentos em manutenção e das correspondentes ações preventivas e corretivas a serem tomadas.

Nesse cenário, ocorre um grande desperdício de tempo e muito esforço é despendido na busca/atualização de informações sobre os equipamentos e nas suas operações de manutenção, o que degrada a disponibilidade de serviço da empresa e retarda as operações diárias de manutenção.

O objetivo maior do projeto é desenvolver um protótipo de sistema que facilite as operações de cadastro/manutenção dos equipamentos de linha na rua, permitindo ao técnico a obtenção em tempo real de todas as identificações e informações técnicas destes equipamentos, assim como possibilitar a atualização destas informações uma vez concluído o serviço.

Espera-se, com a disponibilização de um sistema como este, aumentar a confiabilidade e diminuir o tempo necessário para as operações de manutenção, ganhando-se em produtividade e eficiência do sistema como um todo.

A existência de um banco de dados georeferenciado, contendo informações técnicas e de localização de todos os equipamentos da rede de distribuição de uma concessionária de energia, é obrigatória para facilidade das opera-

ções de manutenção e planejamento da rede de distribuição. Este banco de dados georeferenciado levou à solução proposta neste artigo para a identificação dos equipamentos na rede de distribuição.

Assim, visamos neste projeto desenvolver um protótipo de sistema integrado de hardware e software que permita a identificação de equipamentos instalados nas linhas de distribuição (transformadores, chaves, etc.), identificados pela posição geográfica do poste obtida por meio de um GPS (sistema de posicionamento global).

Esta posição geográfica será transmitida via telefone celular para um computador localizado na concessionária de energia que terá acesso a um banco de dados onde constam as informações dos equipamentos e a sua localização geográfica. Uma vez acessado o banco, as informações solicitadas do equipamento serão enviadas para o terminal do operador, para consulta e posterior atualização das operações executadas nos equipamentos.

Este artigo apresenta o desenvolvimento e implementação de um sistema para identificação local de equipamentos instalados nas linhas de distribuição por meio de coordenadas geográficas (Global Positioning System) e acesso a banco de dados via telefone celular. Detalhes da arquitetura do sistema, organização dos aplicativos e resultados são apresentados nos itens a seguir.

I. ARQUITETURA DO SISTEMA

A. Requisitos Gerais do Sistema

A arquitetura básica do sistema desenvolvido pode ser vista na Figura 1.

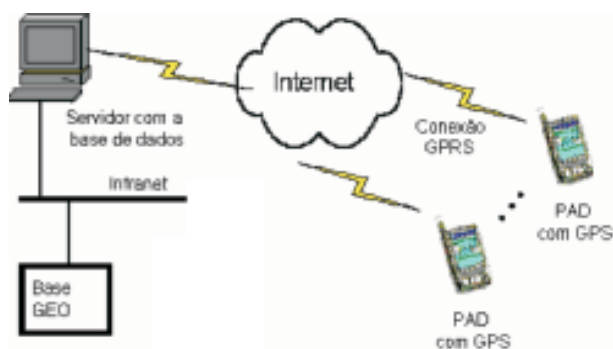


FIGURA 1 - Arquitetura básica do sistema desenvolvido

Nesta arquitetura, terminais portáteis equipados com GPS a serem utilizados pelos eletricitistas em campo, se comunicam com um servidor na concessionária de energia via Internet, usando telefones celulares com tecnologia GSM / GPRS.

Esta tecnologia foi escolhida principalmente por permitir um acesso direto à Internet, eliminando a necessidade de um banco de modems no servidor e permitindo uma taxa de transferência de dados mais elevada.

Uma vez estabelecida a conexão, informações são trocadas entre o terminal portátil e o servidor de forma a implementar as funcionalidades básicas definidas para o projeto.

O servidor, via intranet na concessionária, poderá acessar as informações contidas nos bancos de dados, principalmente o banco de dados georeferenciado de forma a disponibilizar para o eletricitista, em campo, as informações importantes para o auxílio à manutenção, cadastramento e operação da rede.

Visando o conforto de operação para um terminal portátil foi definido que não deveria haver cabos de conexão entre o computador de mão e o telefone celular. Dentre as tecnologias de comunicação entre computador e telefone (infra-vermelho, rádio etc.) a tecnologia de rádio no padrão Bluetooth se mostrou a mais indicada pois permitiria a conexão mesmo com o celular no bolso ou na cintura do operador.

Como a obtenção das imagens a partir de uma coordenada e a transmissão da mesma para o PDA em tempo real é uma operação custosa, foi estabelecido que o terminal portátil trocaria apenas mensagens do tipo texto. Entretanto, nestas mensagens, o servidor enviaria um arquivo com todas as informações de equipamentos existentes em uma determinada posição, incluindo informações de coordenadas, e o programa reconstruiria uma imagem simplificada do mapa disponível no sistema de geoprocessamento, como mostrado na Figura 2.

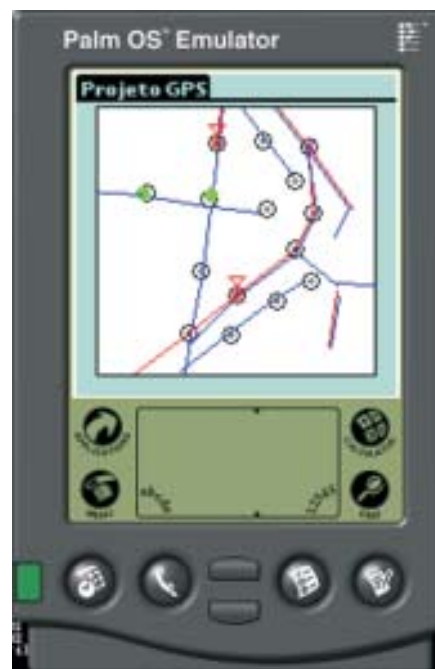


FIGURA 2 – Tela de informações no PDA

A partir desta imagem o usuário poderia, clicando em itens específicos, abrir telas para visualização de informações mais detalhadas de equipamentos, podendo, também abrir janelas para ligação / mudança de ligação de medidores de clientes.

Os equipamentos a serem contemplados pelo sistema incluem:

- Transformadores
- Chaves seccionadoras
- Postes
- Ponto de divisão de circuito
- Postes Fantasma
- Trechos primários
- Trechos secundários

As funcionalidades básicas do sistema desenvolvido foram definidas como as seguintes:

• Área de operação e manutenção de redes de distribuição:

Para a área de manutenção, ficou definido que o sistema deveria permitir ao electricista obter em campo a configuração da rede no ponto desejado junto com as especificações técnicas do equipamento selecionado.

• Área de cadastro de equipamentos:

A função principal do sistema para esta área deve ser a de validação da base de dados do sistema georeferenciado, junto com a atualização/cadastramento de novos medidores, como listado a seguir:

- o Obter as especificações técnicas dos equipamentos existentes no sistema geo-referenciado;
- o Cadastro de novos clientes interligados ao sistema de distribuição, no ato da ligação, informando em que poste está ligado o seu medidor;
- o Possibilitar o refinamento das informações de cadastro, toda vez que for identificado em campo uma situação desconforme ao cadastrado.

O sistema deveria dispor também de uma função de memorização que permitisse o armazenamento de uma coordenada geográfica em áreas sem cobertura da telefonia celular. Com esta coordenada memorizada, o electricista, ao chegar em uma área de cobertura, poderia recuperar as informações de equipamentos existentes na área memorizada com as suas demais funções.

B. Hardware do terminal portátil (cliente)

Para o sucesso do projeto, o terminal portátil deveria satisfazer a requisitos importantes relativos a:

- o Confiabilidade de operação
- o Portabilidade
- o Capacidade de processamento/memória instalada
- o Tempo de uso sem recarga da bateria
- o Interface com o operador (mostrador e entrada de dados)
- o Recursos de comunicação
- o Suporte para desenvolvimento/manutenção de programas
- o Custo

Desde a concepção inicial do projeto, estava previsto o estudo sobre a possibilidade de utilização de computadores de mão comerciais para servirem de base para o projeto do terminal portátil, uma vez que este tipo de equipamento já foi desenvolvido tendo como objetivo satisfazer a quase todos os requisitos listados anteriormente.

O desenvolvimento de um hardware dedicado para o projeto teria que competir com estes sistemas produzidos em larga escala e utilizados em aplicações semelhantes com grande comodidade e confiabilidade de operação. Para o projeto de um novo terminal portátil os seguintes subsistemas deveriam ser desenvolvidos:

- o Placa de processador com boa capacidade de processamento e grande quantidade de memória não volátil e memória RAM com baixo consumo;
- o Mostrador gráfico com resolução mínima de 160x160 pixels, colorido com baixo consumo e circuitos para interface do mostrador com o processador;
- o Sistema para entrada de dados de pequenas dimensões ou tela sensível ao toque para o mostrador;
- o Sistema de alimentação com baterias recarregáveis e com carregador de bateria embutido;
- o Sistemas de comunicação com interface serial para comunicação com o GPS e interfaces de comunicação de alta velocidade com o telefone celular;
- o Sistema operacional de tempo real que facilite e coordene a utilização de todos os sistemas listados anteriormente, permitindo ainda o desenvolvimento e a carga de programas.

Comparando os recursos disponíveis em PDAs (*Personal Digital Assistants*) comerciais, vemos que os mesmos satisfaziam completamente as exigências de hardware/software do projeto, tendo ainda o seu custo minimizado em relação a um sistema desenvolvido devido a grande escala de fabricação dos mesmos.

Assim, a solução adotada para o terminal portátil pode ser vista na figura 3, sendo composta de um computador Palm M515, com uma jaqueta GPS e um cartão Bluetooth para comunicação com um telefone celular Ericsson T68.



FIGURA 3 – Configuração do terminal portátil.

C. Software do terminal portátil (cliente)

Durante os estudos para a validação de tecnologias de desenvolvimento que poderiam ser utilizadas nos dispositivos móveis, mais especificamente, o Palm M515, observou-se que havia algumas APIs (*Application Program Interface*) já bastante consolidadas e que poderiam ser utilizadas no projeto.

Entre as APIs disponíveis para a plataforma Palm foram analisadas a tecnologia J2ME/MIDP e Superwaba.

Superwaba é uma JVM (Java Virtual Machine) para PDAs e um conjunto de classes abertas, formando um pacote com um conjunto de APIs. Ela foi construída com o intuito de promover aplicações JAVA capazes de utilizar o maior poder de processamento que os PDAs possuem em relação aos demais dispositivos móveis tais como telefones, relógios, etc.

A capacidade maior para tratamento dos objetos gráficos foi determinante para a escolha da plataforma Superwaba para o desenvolvimento da aplicação.

D. Implementação do software no Cliente PDA

O software cliente foi concebido para operar na plataforma Palm, utilizando a tecnologia Java, devido a sua portabilidade e escalabilidade. O ambiente de desenvolvimento escolhido para programação Java foi o Superwaba, software livre, conforme explicações dadas nos relatórios anteriores.

Diante das especificações do projeto, o software cliente foi implementado com o fluxo de eventos e funcionalidades mostrado na figura 4.



FIGURA 4 - Fluxo de eventos e funcionalidades

A interface gráfica apresentada é bastante semelhante às interfaces gráficas apresentadas nas aplicações desktop Windows, ou seja, seguem o padrão CUA. Esta continuidade de padrão torna a aplicação fácil de ser manipulada, presumindo-se que usuários já tenham acessado alguma aplicação Windows.

Haverá um ícone indicando o aplicativo, este se encontra na interface principal do PalmOS. Ao se clicar no ícone ProjetoGPS, a interface principal do aplicativo é apresentada.

Para que o usuário tenha acesso às funcionalidades do sistema, este deverá estar conectado ao mesmo, para

tanto é necessário selecionar a opção de login como será mostrado adiante.

A figura 5 a seguir mostra as opções menu principal do aplicativo. Maiores detalhes de cada uma das opções serão dados a seguir.

• Função Login:

Essa função servirá como chave de acesso ao aplicativo cliente. Caso o usuário não se identifique através de uma conta e senha cadastradas no servidor, o software não inicia seu funcionamento, não disponibilizando, também, algumas opções do menu principal.

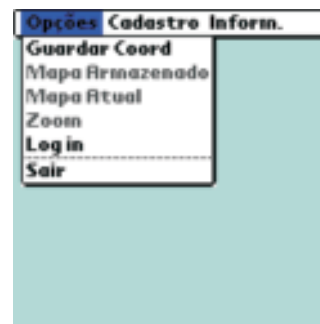


FIGURA 5 – Menu principal do aplicativo

Aqui, o PDA envia dados através de seu módulo de comunicação Internet/http para o servidor que verifica a permissão do usuário para acessar as informações.

A figura 6 mostra a janela do terminal durante a função de Login.



FIGURA 6: Interface de acesso ao sistema.

• Função Guardar Coordenada

Essa função ativa a comunicação serial entre o PDA e o GPS, instalado na porta serial do PDA, requisitando a leitura da posição atual do conjunto. Uma vez que a informação é retornada, a coordenada é armazenada no PDA para a busca do mapa nesta posição quando a função Mapa Armazenado for selecionada. Ela deverá ser utilizada quando o usuário quiser guardar a posição de um equipamento onde não existe o sinal de comunicação GPRS da rede de telefonia celular.

• Função Mapa Armazenado

Permite ao se chegar numa região com o sinal GPRS da telefonia celular, buscar o mapa na coordenada previamente armazenada.

• Mapa Atual

Essa função é responsável por transmitir, através do módulo de comunicação Internet/Http, para o servidor a posição atual (coordenadas x, y – graus,décimos de graus). Quando essa função é acionada, o cliente fica à espera do mapa da região formada pelo quadrado de 100 metros de lado que envolve a coordenada transmitida para o servidor.

Segundo as especificações do projeto, os elementos visuais que serão exibidos na tela são:

- Poste
- Transformador
- Ponto Significativo Fantasma
- Ponto Significativo de Divisão de Circuito
- Trecho Primário
- Trecho Secundário
- Chaves seccionadoras

Cada um desses elementos gráficos foi transformado em um objeto computacional (Paradigma da Programação Orientada a Objeto) para que a representação gráfica pudesse estar associada com os respectivos atributos reais (medidas, especificações, etc.). Um vetor dinâmico recebe e armazena esse objeto durante a operação de exibição em tela. Nenhuma informação gráfica fica arquivada depois que a tela deixa de ser exibida. Isso garante a impossibilidade de utilização de informações gráficas da ESCELSA para outros fins.

Depois da exibição do mapa na tela, o usuário estará livre para apontar e selecionar o objeto sobre o qual fará uma operação: Nova Ligação e Mudança de Ligação (operações escolhidas para a validação do sistema).

A figura 7 mostra um exemplo da tela de exibição do mapa. O centro do mapa indica o referencial gráfico da coordenada enviada para o servidor.



FIGURA 7: Tela mostrando os equipamentos de uma determinada região.

Nessa etapa o usuário, tendo previamente selecionado o elemento sobre o qual deseja operar, escolhe a operação desejada. As operações disponíveis nessa versão de validação são:

• Nova Ligação

Associa o número do medidor e à coordenada do poste ou ponto significativo de divisão de circuito, posto transformador onde ele foi ligado, como visto na figura 8.

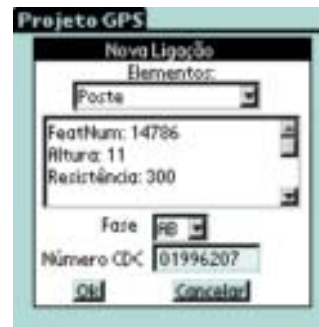


FIGURA 8: Interface com a funcionalidade Nova ligação.

• Mudança de Ligação

Associa o número do medidor à nova coordenada do poste ou ponto significativo de divisão de circuito. É apresentada uma tela semelhante à tela da figura 8, só que a operação será de mudança de ligação.

• Elementos

A figura 9 apresenta a tela contendo as informações de elementos da rede de distribuição selecionados.



FIGURA 9: Tela de informação de elementos de rede selecionados.

• GPS Info

A figura 10 apresenta a tela contendo as informações da vida útil da bateria do GPS e da posição atual do terminal portátil.



FIGURA 10: Tela de informações do GPS.

E. Módulo de comunicação Internet/Http

Trata-se de um módulo interno, implementado através de um objeto computacional, responsável pela comunicação com o servidor do sistema. Esse módulo deve estabelecer a conexão GPRS/Internet, através do sistema GSM da operadora de celular, com o servidor, passando a utilizar o protocolo Http para a troca de informações.

Nesse módulo foram implementados os protocolos de troca de dados entre cliente e servidor. Ele segue a seguinte diretriz:

- Todo o envio de dados será feito através do método GET do protocolo Http, passando parâmetros conforme o tipo de função acionada.
- Todo o recebimento será através de conteúdos XML que será interpretado pelo Parser XML Lite Cliente (interpretador de mensagens XML). O funcionamento do Parser será descrito mais na frente.

Uma vez que o módulo de comunicação receba uma resposta do servidor, o conteúdo XML é separado do restante das informações Http e enviado para o Parser XML Lite Cliente. Esse, por sua vez, identificará o significado de cada mensagem definida pelo sistema disponibilizando as informações necessárias para a função que deu origem à comunicação.

F. Parser XML Lite Cliente

Este módulo não apresenta uma visualização gráfica, apenas faz a leitura de um arquivo XML, enviado pelo servidor, analisa-o, e seleciona os campos do menu de opções que estarão disponíveis ao usuário. Complementarmente, informa ao usuário se o login e a senha são válidos. Estas últimas informações, sim, liberam o uso das opções do sistema.

A função do Parser dá-se por encerrada no acesso, porém, todas as transferências de mensagens que partam do servidor, chegarão à aplicação cliente no formato XML, e o Parser tem papel fundamental na identificação dos elementos que estão chegando.

Essa interação Módulo de Comunicação internet/http e Parser XML pode ser melhor visualizada no exemplo da funcionalidade Login.

A função login pede ao usuário o nome e a senha. Em seguida, solicita ao servidor, através do Módulo de Comunicação a autenticação do usuário. Para tanto, envia a mensagem HTTP:

URL para Login:

http://prjgps.escelsa.com.br/servletlogin?login=nome&senha=senha

Mensagem de resposta:

```
<?xml version="1.0" ?>
<msg>
<loginSuccess>true</loginSuccess>
</msg>
```

G. Implementação do software no servidor

Do lado do servidor são executados os módulos que se comunicam com os dispositivos móveis (PDAs), o banco de dados local (MySQL) e a integração com o sistema GIS da ESCELSA conforme mostrado na figura 11.

Conforme a figura 11 a seguir, o software foi desenvolvido em camadas, garantindo escalabilidade e flexibilidade à aplicação. Cada camada possui uma função específica, como segue:

- **Camada de interface web** – Baseada em tecnologia JSP, essa camada é responsável pela interface de administração do sistema onde novos usuários e grupos de usuários são criados, excluídos e/ou modificados;
- **Camada de controle** – Baseada em Servlets, essa camada possui duas funções: a primeira é receber as requisições da camada de interface web e direcioná-las aos componentes adequados na camada de regras de negócio. A segunda função é receber as requisições diretamente dos PDAs e direcioná-las aos componentes adequados da camada de regras de negócio.

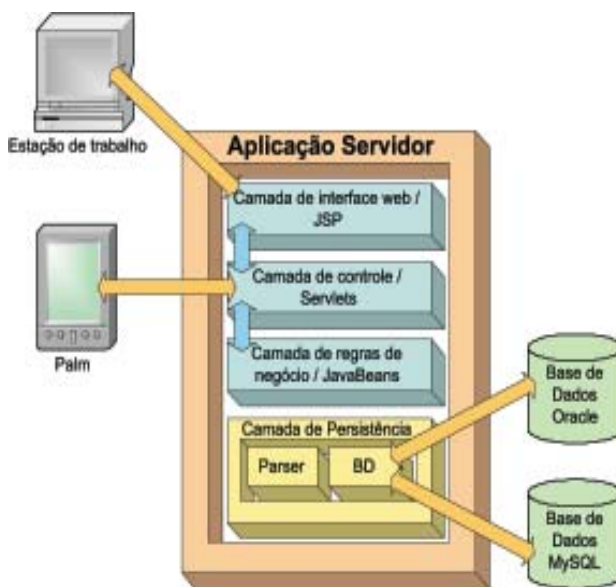


FIGURA 11 – Camadas de software do servidor e interação com outros dispositivos / sistemas

Basicamente existem três funcionalidades básicas a serem disponibilizadas para os PDAs. Elas estão mostradas na figura 12.

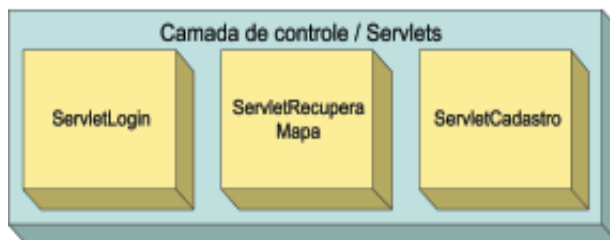


FIGURA 12 – Componentes da camada de controle

- **Login** - autenticação e validação dos usuários dos PDAs para determinação dos recursos aos quais terão acesso
- **Recuperação de mapas** – a partir da coordenada geográfica transmitida pelo PDA, o componente responsável pela recuperação do mapa solicita os dados ao shell disponibilizado no servidor GIS da ESCELSA que es-

creve um arquivo texto contendo os dados retornados. A camada de persistência lê o arquivo e retorna um conjunto de objetos ao componente responsável pela recuperação de mapas que encapsula os objetos num formato XML e o transmite ao PDA.

URL para BuscarMapa:

http://prjgps.escelsa.com.br/servletbuscarmapa?coordx=-20.281430094&coordy=-40.298375232&user=nome

Mensagem de resposta contendo os elementos da rede elétrica baseado nas coordenadas passadas pela requisição:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<msg type="Resp">
<equip>
<qtd>53</qtd>
<pa>
<x>364416.80075</x>
<y>7756835.3626</y>
</pa>
```

- **Registro do cadastro** – após realizar suas funções no PDA, o sistema cliente retorna ao servidor um conjunto de dados que vincula um medidor de energia a um poste e o componente atualiza esses dados na base de dados Oracle da ESCELSA

H. Projeto GPS – Módulo de Gerência

O projeto GPS possui uma base de dados própria onde são armazenados os usuários responsáveis pela operação do terminal cliente – PDA com GPS e celular. Eles recebem o terminal e o levam ao campo de onde se conectam aos servidores através da conexão GPRS.

Para que essa conexão seja autenticada é necessário que o operador informe seu login e senha no terminal e esses dados são enviados ao servidor para autorização de acesso e verificação de permissões. O sistema servidor busca o login e a senha em sua base de dados e verifica a que grupo(s) o usuário pertence e retransmite ao terminal os dados de validação.

Para que usuários possam ser cadastrados e editados, foi criado um mini-site web composto de duas partes distintas:

- o Institucional: informações sobre o projeto como descrição do projeto, objetivo e equipe participante;
- o Gerência: módulo que permite inserção e edição de usuários do terminal cliente.

A figura 13 mostra a página inicial do site da web relativa ao projeto.

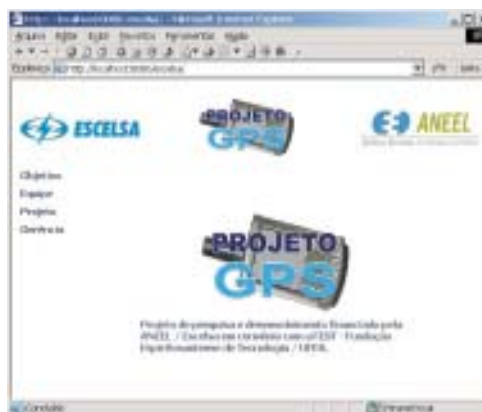


FIGURA 13 – Página principal do mini-site.

A figura 14 mostra uma proposta de parte institucional do site apresentando o projeto e sua configuração básica.

Novas sugestões e posteriormente resultados de sua utilização poderão ser colocados nesta página.



FIGURA 14: Uma das páginas da parte institucional descrevendo o projeto.

Na parte de gerência, o administrador do sistema de gerência, responsável pela inserção e edição dos usuários operadores do terminal cliente entra com seu login e senha para acesso ao cadastro, como mostrado na figura 15.



FIGURA 15 – Tela de login para acesso ao módulo de gerência.

Uma vez validado o login do administrador, o sistema mostra as opções – inserção de novo usuário e edição de usuários existentes (figura 16).



FIGURA 16 – Opções do módulo de gerência.

II. CONCLUSÕES

Este trabalho teve por objetivo a concepção, projeto e implementação de um sistema para identificação local de equipamentos instalados nas linhas de distribuição por meio de coordenadas geográficas (GPS) e acesso a banco de dados de informações via telefone celular.

O sistema desenvolvido consiste basicamente de um terminal portátil do tipo computador de mão (PDA), montado sobre uma jaqueta GPS tendo um cartão de comunicação do tipo bluetooth para ligação com um telefone celular GSM, com comunicação GPRS.

Este terminal portátil é capaz de se conectar a Internet e acessar um servidor desenvolvido para esta aplicação que acessa bancos de dados da ESCELSA e retransmite informações solicitadas para o terminal portátil.

Um sistema aplicativo foi desenvolvido permitindo que um eletricitista localizado em um ponto qualquer da rede de distribuição de energia, consiga obter na tela do terminal portátil um mapa dos elementos da rede de distribuição localizados em um quadrado com 100 metros de lado tendo o eletricitista no centro.

A partir deste mapa o eletricitista consegue obter informações técnicas de todos os equipamentos mostrados na tela e ainda enviar informações de novas ligações efetuadas na rede.

Este projeto teve como finalidade principal fornecer uma ferramenta para levar informações disponíveis no banco de dados da empresa para o pessoal técnico em campo, informações as mais atualizadas possíveis.

A escolha do hardware do terminal portátil baseada em computadores de mão já disponíveis no mercado se mostrou uma ótima decisão de projeto, levando-se em conta a sua capacidade de memória e processamento, seus periféricos e seu baixo custo quando comparado com o desenvolvimento de novas soluções.

A comunicação entre o computador de mão e o celular usando a tecnologia bluetooth também mostrou vantagens no que diz respeito à velocidade e ao conforto de uma comunicação sem a necessidade de cabos para um terminal portátil.

A programação em superwaba se revelou bastante eficiente e simples mostrando que esta API é bastante adequada para o desenvolvimento de aplicativos em plataformas móveis.

A comunicação de dados usando um celular GSM/GPRS mostrou que é bastante rápida e confiável, embora com um celular do tipo cartão, o seu custo ficou acima do que divulgado pela operadora. Este inconveniente pode ser facilmente solucionado transformando o celular em pós-pago e a empresa contratando um pacote de transmissão de dados mensal.

Uma constatação nos testes em campo realizados foi que a resposta do sistema, mesmo envolvendo tantos módulos de comunicação foi rápida mesmo para regiões com muitos equipamentos instalados.

III. AGRADECIMENTOS

Os autores desejam agradecer à ESCELSA e à ANEEL pelo suporte técnico e financeiro para o desenvolvimento deste trabalho, em especial aos engenheiros Geraldo Dimas Bazelatto e Gustavo Endrigo Tardin pelo apoio à sua execução e aos engenheiros Jose Manoel M. de Oliveira e Rodrigo Mendonça Queiroga pelo suporte e sugestões para este trabalho.

IV. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Stores R.; Matthew N. *Beginning Databases with PostgreSQL*. Wrox Press, 2001.
- [2] A. Taylor. *JSP and Java. The Complete Guide to Web Sites Development*, Prentice Hall, 2002.
- [3] Zukowski J. *The Definitive Guide to Swing for Java 2, Second edition*. A. Press, 2000.
- [4] White S.; Fisher M.; Kattell R.; Hamilton G.; Hapner M. *JDBC API Tutorial and Reference, Second edition*, Addison Wesley, 2001.
- [5] Cerami E. *Web Services Essentials*, O'Reilly & Associates, 2002.
- [6] Newcomer E. *Understanding Web Services: XML, WSDL, SOAP, and UDDI*, Addison Wesley Professional, 2002.
- [7] Winton G. *Palm OS Network Programming*, O'Reilly & Associates, 2001.