

Sistema de identificação de equipamentos instalados na rede de distribuição utilizando etiquetas eletrônicas tipo *RFID*

Cleber N. Ramos, Eric Serafim, Luiz Marques, Maria Angélica, Paulo Junior, Aroldo Junior, Luiz Alberto Almeida

Resumo – O presente trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema de etiquetagem eletrônica em equipamentos da rede de distribuição de energia elétrica, usando tecnologia *RFID* (*Radio Frequency Identification*) associada com computadores de mão, tipo *PDA* (*Personal Data Assistant*), integrados ao sistema corporativo de gestão do cadastro e movimentação desses equipamentos. O produto desenvolvido alcança um novo patamar de agilidade e confiabilidade no cadastramento e no acompanhamento dos equipamentos da rede de distribuição, reduzindo riscos, custos operacionais e inconsistências em banco de dados, melhorando a qualidade da energia fornecida e a imagem corporativa da empresa de distribuição de energia elétrica perante os seus clientes. O sistema inclui o leitor de etiquetas *RFID*; o aplicativo em *PDA*, para a execução das tarefas de leitura; o aplicativo *desktop*, como interface entre as tarefas realizadas com o *PDA* e o sistema de gerenciamento da empresa e a aplicação *web*, para gerenciar os usuários do sistema.

Palavras-chave – Computadores de Mão – *PDA*, Mapeamento de Equipamentos de Redes de Distribuição Elétrica, Segurança e Confiabilidade de Dados, Tecnologia *RFID*.

I. INTRODUÇÃO

O gerenciamento de operações em sistemas de distribuição requer a instalação, o monitoramento e a substituição de milhares de peças e equipamentos espalhados em uma grande área. A título de exemplo, existem na COELBA (Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia) cerca de 1.200 equipes de manutenção espalhadas no estado da Bahia e cerca de 100.000 equipamentos instalados no sistema de distribuição, o que requer a movimentação de 4.400 equipamentos por ano. Quando um desligamento é reportado, uma turma de manutenção é deslocada rapidamente para o local da falha. Este tipo de manutenção de emergência é uma estratégia de solução de crise, o que resulta em custo elevado da manutenção e custo de indisponibilidade do fornecimento tanto para a concessionária quanto para os consumidores.

Este trabalho é referente ao projeto de P&D contratado pela COELBA junto a DANITEC Engenharia e Consultoria Ltda. nos ciclos 2006/2007 e 2007/2008 do Programa de P&D da ANEEL.

Maria Angélica, Paulo Junior, Antônio Zangali, Aroldo Junior trabalham na COELBA (e-mails: mhughes@coelba.com.br; apjunior@coelba.com.br; azangali@coelba.com.br).

Cleber Ramos, Eric Serafim e Luiz Marques trabalham na DANITEC (e-mails: cleber.ramos@danitec.com.br; eric.serafim@danitec.com.br; luiz.marques@enaute.com.br).

Luiz Alberto Almeida trabalha na UFBA (e-mail: lalberto@ufba.br).

Para reduzir a probabilidade de falhas inesperadas, a concessionária investe em manutenção planejada ou preventiva. Esta prevenção de falhas nos equipamentos é obtida com o escalonamento de ações de manutenção, através da inspeção e substituição de componentes em processo inicial de deterioração.

A instalação e manutenção de grande quantidade de equipamentos em sistemas de distribuição é uma tarefa complexa. O sucesso e a eficiência deste processo dependem essencialmente de três fatores: meio de registro de informações no corpo do equipamento; confiabilidade na aquisição de dados durante o processo de manutenção; possibilidade do acesso às informações necessárias à mitigação da falha. Em geral, os meios atuais de registro de informações no processo de manutenção e acompanhamento de equipamentos são: a etiqueta de alumínio ou de papel (código de barras) no corpo do equipamento e o formulário de papel na mão do técnico de campo.

Como alternativa a este método usual de controle de movimentação, instalação e manutenção de equipamentos, a DANITEC em parceria com a COELBA através do programa de P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) da ANEEL desenvolveu um sistema com etiquetas eletrônicas de identificação por rádio frequência, *RFID* (*Radio Frequency Identification*) *Tags* para substituir a leitura das atuais etiquetas e também substituir o formulário de papel por um computador de mão (*PDA* – *Personal Data Assistant*). Segundo a referência [1], o uso de etiquetas de *RFID* é um método de identificação automática que permite o armazenamento e a recuperação de dados em etiquetas eletrônicas denominadas *transponder* ou *RFID tag*. A etiqueta de *RFID* é um objeto pequeno que contém um circuito eletrônico associado a uma antena interna e permite o envio e a recepção de dados, através da comunicação de rádio frequência por indução eletromagnética com um módulo transceptor, separado deste por uma pequena distância [2], [3]. O sistema de identificação por radiofrequência facilita a identificação, localização, prevenção de fraudes e o gerenciamento das informações sem o uso do formulário de papel [4]. O módulo leitor da etiqueta de *RFID* transfere os dados lidos da etiqueta eletrônica para o *PDA* via *Bluetooth*. Além disso, o *PDA* é o equipamento mais adequado para a substituição do formulário de papel, por ser portátil, com crescente capacidade e excelente apresentação de informações. Não existem produtos ou sistemas equivalentes atualmente no mercado.

II.

METODOLOGIA

A metodologia utilizada no desenvolvimento do projeto dividiu-se em 8 etapas.

Etapa 1: Seleção e aprimoramento de etiquetas eletrônicas de RF (Rádio Frequência): foram realizadas pesquisas de etiquetas eletrônicas de RF disponíveis no mercado para se adequar a solução do projeto. Além disso, também houve pesquisas sobre qual encapsulamento seria possível ser feito devido que quando a etiqueta está colada em estruturas metálicas e com fortes campos elétricos interferentes há degradação das condições de propagação do sinal de rádio frequência.

Etapa 2: Desenvolvimento de leitor para etiquetas de RF com o adequado isolamento galvânico: foram realizadas pesquisas de vários leitores de etiquetas RF disponíveis no mercado para se adequar a solução proposta. Entretanto, muitos leitores são projetados para funcionar junto ao operador através de módulos de mão. No caso específico deste projeto, não é possível utilizar um leitor de prateleira, uma vez que o leitor proposto deve ser capaz de aproximar-se ou até tocar nos cabos aéreos de alta tensão do sistema de distribuição, sem causar o rompimento de arco, o que poderia afetar o leitor e/ou o operador que está no solo.

Etapa 3: Análise de requisitos do sistema e das rotinas de manutenção: foram feitas reuniões com os usuários e os gerentes do projeto da concessionária para o levantamento dos requisitos do *software*. Estas reuniões contemplaram a definição das rotinas e dos sistemas usualmente empregados pelas concessionárias na gerência de turmas de campo em instalação, inspeção e manutenção. Além disso, contemplou também as características específicas dos sistemas e das rotinas típicas da concessionária.

Etapa 4: Desenvolvimento de *software* aplicativo residente em *PDA*: foram desenvolvidos interfaces humano-computador para técnicos de campo, estas não sendo um tarefa simples por se tratar-se de uma tarefa que envolve estresse, movimentação e elementos destrutivos de concentração, assim o técnico de campo pode cometer muitos erros se a navegação não for adequadamente construída. Então, utilizou-se a metodologia de prototipação rápida da navegação pura. Foram feitos protótipos de navegação e apresentada para alguns técnicos de campo para uma avaliação e sugerir alterações na navegação. Depois de vencida a fase de prototipação, foi desenvolvida a versão completamente funcional do *software*, sendo que alguns ciclos de testes foram submetidos para turmas diferentes de campo, que avaliaram e sugeriram pequenas alterações.

Etapa 5: Desenvolvimento de *software* de integração com o sistema corporativo: foi desenvolvido um *software* que interage com o sistema corporativo da concessionária e o *PDA*.

Etapa 6: Instalação e acompanhamento em campo do projeto piloto: A correta validação do sistema desenvolvido foi feito apenas com algumas funcionalidades, sendo que estas são de grande importância para a validação da solução.

Etapa 7: Avaliação de resultados e retrabalho do protótipo: nesta etapa, a experiência obtida com a validação, permitiu que os protótipos obtidos nas etapas desenvolvimento

das etiquetas, do leitor, do aplicativo em *PDA* e sistema corporativo possam ser revisto e se necessário aprimorados.

Etapa 8: Transferência de tecnologia: foram elaborados documentações do projeto, relatórios de acompanhamento, artigo técnico e relatório final.

III.

DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

A. Leitor e Etiquetas RFID

A tecnologia *RFID* possui três padrões de faixa de frequência: *LF* (*low frequency*); *HF* (*high frequency*) e *UHF* (*ultra-high frequency*) [1], [5], [6]. Dentre esses padrões, optou-se pelo *HF*, pois módulos *RFID* nessa faixa de frequência (13,56 Mhz) sofrem pouca ou nenhuma interferência eletromagnética provenientes dos equipamentos a serem cadastrados [7]. Sobre os outros padrões de frequência, o *LF*, que está na faixa de 125 KHz, sofre fortes interferências eletromagnéticas dos harmônicos produzidos pelo funcionamento dos equipamentos e o *UHF*, que funciona na faixa de 900 MHz, torna-se economicamente inviável para a aplicação, visto o alto custo do módulo de leitura.

Além da divisão em faixas de frequência de operação, a tecnologia *RFID* possui diversos padrões estabelecidos seguindo normas internacionais, subdivisões nos padrões explanados anteriormente. Na faixa de frequência de operação *HF*, por exemplo, existem dois padrões bastante utilizados, o ISO 14443 (*Mifare*) e o ISO 15693 (*Vicinity cards*) [7]. Por questões de segurança na transmissão de dados e por existir uma maior difusão da tecnologia, fora escolhido o padrão ISO 14443, também conhecido como *Mifare*. Estabelecido pela *Philips*, esse padrão possui alta segurança na transmissão de dados e por conta disso, o alcance de leitura não excede 10 cm. Embora o padrão possua esse limite de alcance, não se tornou um empecilho à utilização do módulo *Mifare* no leitor desenvolvido para o projeto.

Para a comunicação com o *PDA*, o leitor possui um módulo conversor RS-232 (utilizado como saída do módulo de leitura) - *Bluetooth* classe 1 (100 mW, com alcance de até 100 m) [8]. O módulo conversor é ligado juntamente com o módulo de leitura *RFID*, mas só é ativado quando o operador do aplicativo no *PDA* acessa a opção de leitura de equipamentos. Neste momento, o leitor envia um sinal para o módulo conversor e o mesmo, ativa a conexão *Bluetooth* para a recepção de dados. Terminada a leitura, o operador fecha essa janela e automaticamente o conversor *Bluetooth* finaliza a conexão, poupando a bateria do leitor e só ativando novamente quando o operador acessar o aplicativo para realizar outra leitura.

As etiquetas eletrônicas, ou *tags*, podem funcionar de maneira passiva ou ativa [9]. As ativas, além do alto custo, possuem uma bateria interna para amplificar o sinal, que as tornam dependentes de manutenção periódica, para a troca da bateria. As etiquetas passivas, que funcionam através da indução eletromagnética do sinal transmitido pelo leitor, possuem tempo de uso ilimitado e são as mais adequadas para a aplicação. Existem diversos modelos de etiquetas no mercado, todas elas produzidas no exterior, com formatos e alcance a depender da aplicação [1]. Encontramos no modelo de

etiqueta tipo botão, como mostra a figura 1, a que mais se adequou ao projeto, por ser pequena, discreta e com alcance de leitura razoável para a aplicação.



Figura 1. Etiqueta eletrônica tipo botão.

Como as etiquetas estarão sujeitas a intempéries, sujeira e temperaturas elevadas, pensou-se em criar um invólucro protetor para prolongar a vida útil das mesmas. Pela crescente difusão de aplicação do padrão *Mifare* em outras atividades, algumas empresas que fabricam as etiquetas, já encapsulam conforme pedido do cliente, preenchendo essa lacuna do projeto. Houve a realização de estudos para definir o espaçamento adequado entre a etiqueta e a superfície metálica, que compõe a maioria dos equipamentos de distribuição energética, sabendo que o metal interfere na leitura da etiqueta, desviando o sinal do leitor. Através de testes, viu-se que a distância necessária seria em torno de 6 a 8 mm. O leitor em questão, como mostra a figura 2, foi desenvolvido para duas situações:

manobra com encaixe universal: O leitor desenvolvido possui o mesmo encaixe da vara-de-manobra utilizada pelas equipes de manutenção, sendo fácil à adaptação do leitor à vara e, por conseguinte, a leitura da etiqueta eletrônica fixada no equipamento. Assim, é desnecessária a subida do técnico ao poste ou em outro lugar de difícil acesso para a identificação do equipamento.

2 - Catalogação e conferência de equipamentos durante o processo de manutenção: Foi desenvolvido um design adequado para o protótipo que favorece o manuseio do leitor em aplicações no solo, como as realizadas no almoxarifado da empresa de distribuição de energia elétrica. O objetivo final foi criar um leitor único que possa ser utilizado nas duas situações, com o mesmo encaixe encontrado nas varas-de-manobra (ferramenta usual das equipes de manutenção) e ergonomia para a utilização do leitor na mão, para as aplicações no solo.

B. Aplicações em Softwares

Considerando os processos atuais de movimentação dos equipamentos das redes de distribuição de energia elétrica, como mostra a figura 3, foram feitas reuniões com os usuários e os gerentes do projeto para o levantamento dos requisitos dos *softwares*. Neste levantamento foram produzidos *softwares* em três interfaces: *desktop*, *web* e *PDA*.



Figura 2. Protótipo leitor, etiquetas *RFID* e sistema de encaixe.

1 - Identificação de equipamentos em campo pela equipe de manutenção, através do leitor acoplado a uma vara-de-

PROCESSO DE MOVIMENTAÇÃO DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUIÇÃO

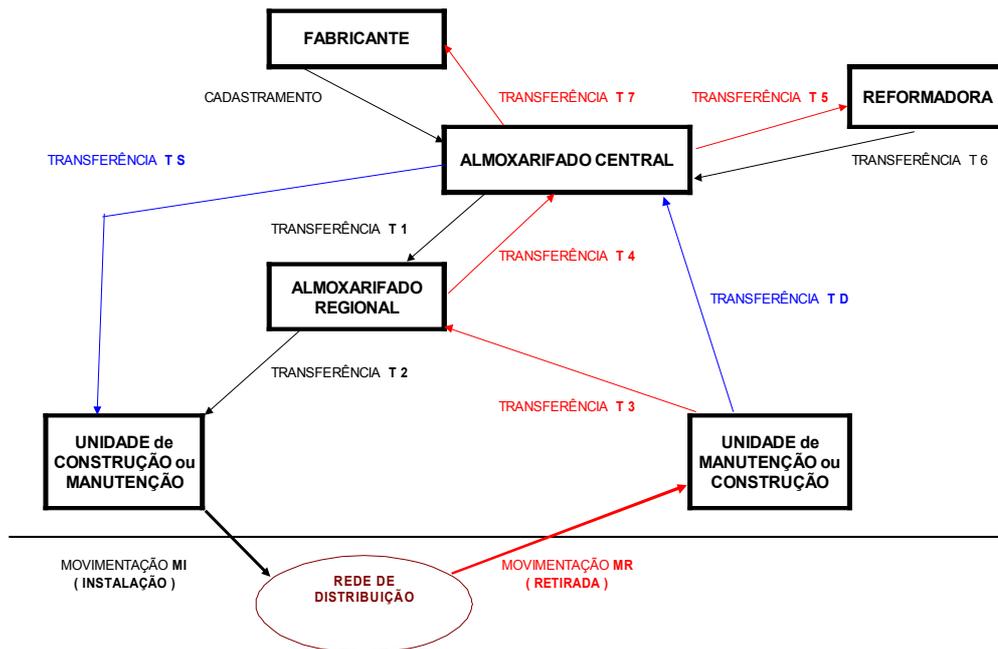


Figura 3. Processo de movimentação de equipamentos de distribuição.

Essas aplicações foram desenvolvidas na linguagem C# e ASP. NET 2.0, utilizando uma ferramenta de desenvolvimento chamada *Visual Studio 2008*. Também foi utilizada a ferramenta *Trac*, para gerenciar os projetos e o *Subversion* para o controle de versão das documentações e das aplicações [11], [12].

A aplicação *desktop* foi desenvolvida para gerenciar os usuários que utilizarão a aplicação *PDA* e fazer a comunicação com o sistema da empresa de distribuição de energia elétrica. Esta comunicação é feita em processos de importação e exportação de rotas [13], [14]. Essas rotas são arquivos pré-formatados com extensão *.txt que contêm dados referentes aos equipamentos da empresa de distribuição e este é gerado pelo próprio sistema da concessionária. A figura 4 mostra o *layout* da aplicação *desktop*.

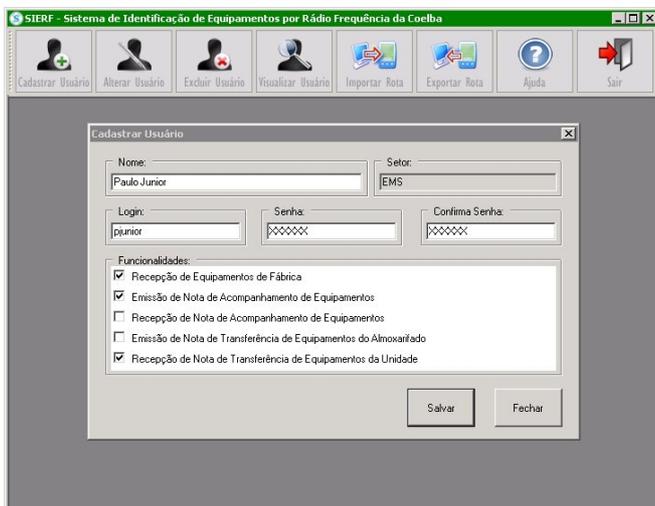


Figura 4. *Layout* da aplicação *desktop*.

Cada botão refere-se a uma funcionalidade específica do sistema:

Botões “Cadastrar”, “Alterar”, “Excluir” e “Visualizar Usuário”: botões que se refere ao gerenciamento dos usuários que utilizarão a aplicação *PDA*, sendo que cada usuário terá sua funcionalidade definida como mostra na figura 4.

Botão “Importar Rota”: esta funcionalidade tem como objetivo importar os dados da rota, processar e enviar para o *PDA*. Após o processamento do arquivo, se houver alguma inconsistência em relação aos dados importados, é gerado um relatório reportando tais ocorrências. Isso ajuda a corrigir possíveis erros na base de dados do sistema da empresa de distribuição.

Botão “Exportar Rota”: funcionalidade que é realizada para descarregar os dados do *PDA* após a execução de todas as atividades do técnico em campo. Ao descarregar os dados, se houver alguma inconsistência em relação a algum processo específico, é gerado também um relatório, identificando a inconsistência encontrada. Após todo o processo, o aplicativo *desktop* gera um arquivo *.txt com os dados a serem importados pelo sistema da empresa de distribuição.

Botão “Ajuda”: funcionalidade que ajuda o usuário a entender o funcionamento do sistema.

Botão “Sair”: botão referente para sair da aplicação.

Vale ressaltar que houve a preocupação em criar um *layout* simples, com o objetivo de facilitar a utilização do programa. Vê-se que um dos empecilhos em se aplicar com sucesso uma nova tecnologia são as dificuldades encontradas pelos usuários e pelo receio de não saber como operar a nova ferramenta.

O aplicativo *PDA* foi desenvolvido para substituir os formulários de papel, com o objetivo de ter agilidade e confiabilidade no cadastramento e no acompanhamento dos equipamentos da rede de distribuição, a fim de evitar erros suscetíveis como fraudes ou a escrita ilegível nos formulários e inconsistências no banco de dados da concessionária. Esse aplicativo também faz a comunicação com o leitor *RFID* via *Bluetooth* para obtenção dos dados das etiquetas eletrônicas. O aplicativo *PDA* possui um sistema de acesso restrito, como mostra a figura 5, para proteger e validar os usuários a certas funcionalidades.

Após o usuário fazer a autenticação no sistema, serão apresentados às funcionalidades que lhe forem atribuídas. Para cada tipo de acesso, haverá opções específicas inerentes às atividades do usuário cadastrado previamente. Assim como no aplicativo *desktop*, o *layout* para a aplicação *PDA* foi detalhadamente estudado para se criar um ambiente mais amigável ao usuário [15]. Uma das preocupações seria a rejeição do equipamento por parte dos técnicos, alegando que o formulário de papel seria muito mais fácil de utilizar. Para evitar esse impasse, diversas reuniões com a empresa de distribuição foram realizadas a fim de coletar informações e sugestões para a construção de um *layout* de fácil aceitação pelos usuários. O aplicativo instalado no *PDA* impede que o usuário possa fechá-lo para utilizar outras funcionalidades do sistema operacional do equipamento. No momento em que o usuário sai do programa, na verdade o mesmo estará realizando um *logoff* do aplicativo, retornando à tela inicial de *login*.



Figura 5. Sistema de login da aplicação *PDA*.

Esse bloqueio impede que o usuário utilize o *PDA* para outros fins, evitando assim conseqüentes falhas pela má uti-

lização do equipamento e prevenindo gastos com a manutenção do *PDA*. A figura 6 demonstra uma das telas do aplicativo para o *PDA*, conforme a utilização de um usuário específico, mostrando as opções disponíveis.



Figura 6. Algumas funcionalidades da aplicação *PDA*.

Nesta figura, têm-se as funcionalidades de recepção de equipamentos de fábrica e recepção de nota transferência de equipamentos do almojarifado. A figura 7 mostra a tela de cadastro de recepção de equipamentos de fábrica.



Figura 7. Formulário do processo de recepção de equipamentos de fábrica da aplicação *PDA*.

Na aplicação *PDA*, para a identificação de um equipamento, além de fazê-la utilizando o leitor *RFID*, pode-se também buscar essas informações através da base de dados do aplicativo, pois poderão existir equipamentos que ainda não estão cadastrados com a etiqueta *RFID*. Para executar a identificação por esse meio, entra-se com o número de CIA ou o nú-

mero de série e fabricante. A aplicação *PDA* se encarrega de retornar todos os dados referentes àquele equipamento.

Para gerenciar a aplicação *desktop*, foi criada uma aplicação *web*, que será responsável pelo cadastro, alteração, exclusão e visualização de usuários que utilizarão a aplicação *desktop* e também a própria aplicação *web*. A aplicação *web* é muito importante para o projeto, pois os processos de movimentação de equipamentos de distribuição estão localizados em regiões distintas e sendo assim, cada setor da empresa de distribuição possuirá uma aplicação *desktop*. Portanto, há a necessidade do gerenciamento remoto do sistema.

A figura 8 mostra a aplicação *web* após a autenticação do usuário no sistema. Nessa tela, existe um *menu* com as opções de cadastrar, alterar, excluir e visualizar usuário e uma opção de sair do sistema.

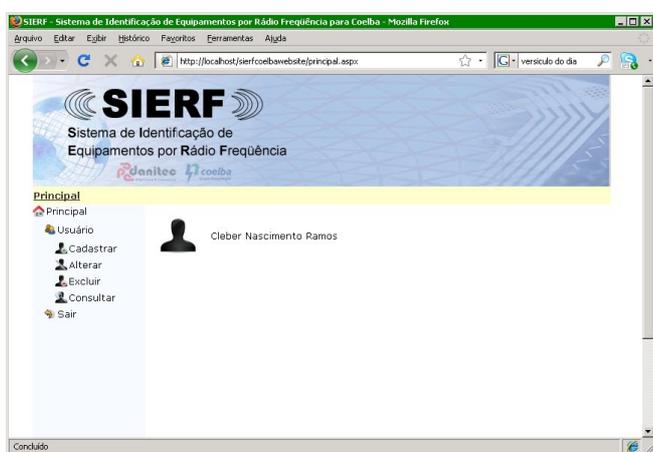


Figura 8. Tela inicial da aplicação *web*.

A figura 9 mostra a tela de cadastro de usuário. Nessa tela, existem dois tipos de usuário, o Administrador (a) e Coordenador (a).

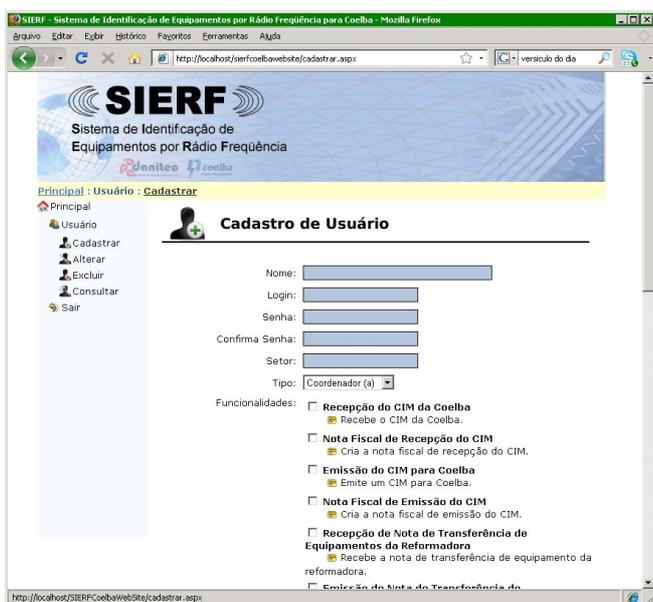


Figura 9. Tela cadastro de usuário da aplicação *web*.

O Coordenador (a) é um usuário que utilizará a aplicação

desktop, e nele são definidas as funcionalidades a serem acessadas por este usuário, como por exemplo, recepção de equipamentos de fábrica e recepção de nota transferência de equipamentos do almoxarifado. O Administrador (a) é um usuário que utilizará a aplicação *web*.

Para que as aplicações *desktop* e *web* funcionem nas operações como cadastro, alteração, exclusão e visualização de usuário, foi necessário criar um *web service* com um banco de dados centralizado para que as aplicações *desktop* e *web* acessem remotamente para validação e cadastro dos dados. O *web service* é um servidor *web* utilizado para a integração e a comunicação entre aplicações diferentes, trazendo agilidade para os processos e eficiência na comunicação destes.

A aplicação *desktop* acessa o *web service* para fazer a autenticação do sistema, como foi já dito anteriormente. Cada setor da empresa de distribuição possuirá uma aplicação *desktop* com suas funcionalidades definidas pela aplicação *web*, que por sua vez acessa a *web service* pra fazer todo o gerenciamento do usuário, ou seja, cadastro, alteração, exclusão e visualização dos usuários que utilizarão as aplicações *desktop* e *web*. A figura 10 mostra o funcionamento das aplicações entre o *web service*.

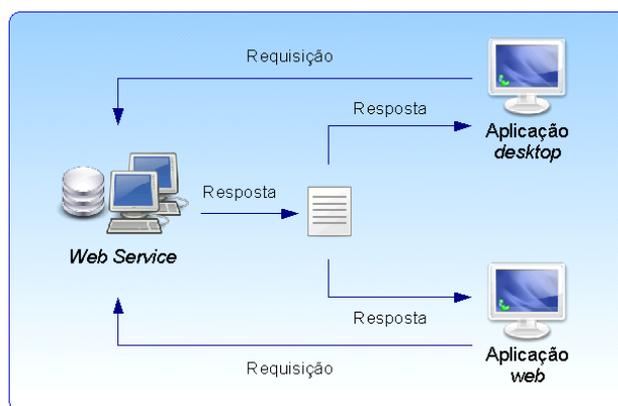


Figura 10. Comunicação entre a *web service* e as aplicações *desktop* e *web*.

Como mostra a figura 10, a aplicação *desktop* faz uma requisição ao *web service* para fazer a autenticação passando o *login* e senha. Ao receber os parâmetros, o *web service* processa os dados e envia a resposta para a aplicação *desktop*, com os dados do usuário e suas funcionalidades definidas pelo sistema *web*. Na aplicação *web*, também são feitas requisições ao *web service* para fazer a autenticação e o gerenciamento dos usuários que utilizarão a aplicação *desktop* e a própria aplicação *web*.

IV. TESTES EM CAMPO

Foram realizados testes com o leitor *RFID* na identificação de um transformador de energia em funcionamento, instalado em um poste. A etiqueta eletrônica fora instalada na lateral esquerda do transformador se visto de frente, numa região de fácil acesso e visibilidade. Na figura 11, tem-se em destaque a etiqueta instalada e a placa de identificação usual do equipamento.

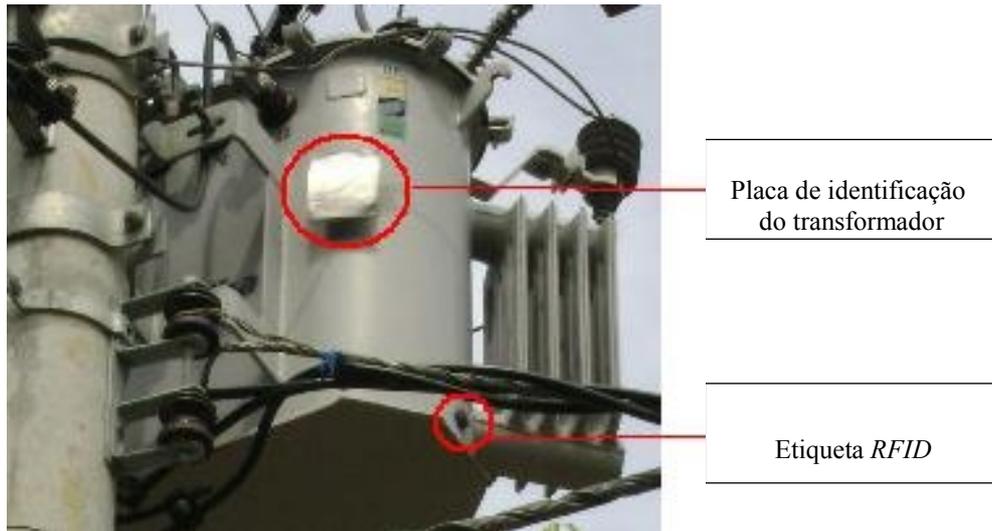


Figura 11. Localização da placa de identificação e da etiqueta *RFID*.

É de se notar a dificuldade que uma equipe de manutenção encontra para identificar o equipamento em campo, visto que nem sempre a placa de identificação está numa posição favorável à sua leitura. Também há a necessidade do deslocamento de um veículo com cesta isolada para rede energizada, sendo que alguns locais são de difícil acesso para o automóvel. Para a identificação do equipamento, o técnico sobe com a cesta isolada e vai de encontro ao equipamento para ler a placa de identificação, como mostra a figura 12.



Figura 12. Leitura da placa de identificação de um transformador utilizando um veículo com cesta isolada.

Técnicos de linha viva (LV) da COELBA ajudaram com as simulações de identificação de um transformador com etiqueta *RFID*, como mostra a figura 14, possuindo o número de CIA e número de série do equipamento gravado internamente na etiqueta. Para a utilização do leitor, o mesmo é acoplado à vara-de-manobra, como mostra a figura 13.



Figura 13. Encaixe do leitor na vara-de-manobra.

Após o encaixe, o leitor é ligado e então acende-se um *LED* de alto brilho, indicando seu funcionamento e permitindo a uma boa visibilidade. Nesse momento, o equipamento ainda não está apto a realizar leituras de etiquetas *RFID*, pois para tanto, é necessário que o operador do *PDA* acesse uma tarefa de conferência de equipamentos no programa desenvolvido, ativando então a comunicação *Bluetooth* para a transmissão dos dados. No momento em que o *Bluetooth* é ativado, um *LED* de alto brilho azul é aceso, informando que a conexão está em funcionamento. Quando uma etiqueta *RFID* é identificada, o *LED* azul pisca, indicando a transmissão dos dados contidos na etiqueta *RFID* para o *PDA*. Realizada a leitura com sucesso, o operador do *PDA* faz o seu processo padrão, só que agora não com formulário de papel,

e sim com a aplicação *PDA*. Após o término do processo, o técnico em campo volta para o almoxarifado e descarrega os dados utilizando a aplicação *desktop*.

As áreas, tais como instrumentação e supervisão. A identificação e o gerenciamento por meio eletrônico, traz uma maior segurança e confiabilidade dos dados, eliminando riscos de falha e redução do tempo de execução das tarefas.



Figura 14. Teste em campo do leitor e da aplicação *PDA*.

Em relação aos testes das aplicações, foram selecionadas algumas funcionalidades mais importantes para a validação dos *softwares*. Dentre os processos, foram selecionados: recepção de equipamentos de fábrica; emissão de nota de acompanhamento de equipamentos; recepção de nota de acompanhamento de equipamentos e emissão de nota de transferência de equipamentos do almoxarifado. Foram realizados testes, tais como: processamento e carregamento dos dados das rotas no *PDA*; aquisição dos dados utilizando o leitor *RFID*; manuseio das funcionalidades da aplicação *PDA*; descarregamento e processamento dos dados salvos no processo e finalmente a inserção dos dados coletados em campos na base de dados da concessionária. Este último foi a título de simulação, não havendo interação com a base de dados real da concessionária.

V. CONCLUSÕES

Não existem comercialmente produtos ou sistemas similares ao apresentado. No entanto, as técnicas de identificação eletrônica difundem de forma abrangente, principalmente no varejo, ampliando cada vez mais o uso de *PDA's* em diver-

Investigações da utilidade de *PDA's* aliados à tecnologia *Bluetooth* em diversas áreas tem sido direcionadas a sistemas capazes de gerar rápidos diagnósticos e alertas de anormalidade baseados na facilidade de uso e interface amigável. De forma similar, tem sido feitos estudos de sistemas de monitoração baseados em *PDA* aplicáveis a máquinas e sistemas elétricos, portanto, o mesmo aparelho poderá ser utilizado como multitarefa, agregando outros aplicativos inerentes a outras atividades.

Os sistemas de identificação em radiofrequência, *RFID*, superam as tecnologias tradicionais, tais como códigos de barra e reconhecimento visual, principalmente pela sua praticidade. Os dados de inspeção podem ser arquivados em computadores, criando assim a facilidade em programar rotinas de *back-ups*, além de reduzir o consumo de papel e consequentemente o armazenamento dos mesmos.

Com a *web service*, torna-se prático o cadastro e o gerenciamento dos usuários do sistema, podendo ser realizado em qualquer setor, inclusive fora da sede da empresa. É uma tendência o gerenciamento de sistemas via *web*, podendo ser acessado *in loco*, criando versatilidade, redução de tempo e segurança na execução de atividades. E também as aplica-

ções desenvolvidas podem se adaptarem para outras concessionárias sendo apenas feitas pequenas alterações.

Os resultados obtidos nos testes apontam uma melhoria da qualidade do serviço prestado na instalação e manutenção de equipamentos no sistema de distribuição referentes à facilidade de identificação, localização e a monitoração dos equipamentos e peças. Assim, permitindo a descentralização no armazenamento de informações, prevenção de fraudes e o gerenciamento das informações sem o uso do formulário de papel.

VI. AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por nos ter dado saúde e capacidade para o desenvolvimento deste projeto. A Coelba, por apoiarem esta pesquisa a partir do Programa P&D e por possibilitarem a sua abertura para a condução da pesquisa. Agradecer a Antônio Zangali por ajudar a simular os testes para validação das aplicações, e também agradecer aos técnicos de campo que participaram dos testes.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] FINKENZELLER, Klaus. *RFID Handbook 2° Edition*.
- [2] PINHEIRO, José M. S. *RFID - Identificação por Radiofrequência*. acesso em 25/10/2007. Disponível em: <www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo_identificacao_por_radiofrequencia.html>.
- [3] UPM RAFLATAC. Rafsec 49 x 82 mm tag - Product specification. UPM Raflatac, 2006.
- [4] BERNARDO. CLAUDIO G. A tecnologia RFID e os benefícios da etiqueta inteligente para os negócios.
- [5] ANATEL. Leis, decretos e regulamentos, ANATEL. Acesso em: novembro de 2007. Disponível em: <<http://www.anatel.gov.br>>.
- [6] MORÃES, M. J. F. *Comunicação de dados por radiofrequência. Dissertação de mestrado, Florianópolis, 2001*.
- [7] *HF reader system series 6000, reference guide. Texas instruments, 2002*.
- [8] MILLER, Michael. *Descobrimo o Bluetooth. Rio de Janeiro, Ed. Campus, 2001*.
- [9] ROHDE, G. F. *Tags e Readers RFID: visão geral. I Workshop Interno do Grupo de Sistemas Embarcados, Porto Alegre, PUCRS, 2006*.
- [10] VIANA, Gilberto Alcântara. *RFID é nova onda em radiofrequência. Tecnologia da Informação e Comunicação, acesso em 07 de julho de 2004*.
- [11] *Trac Integrated SCM & Project Management. Acesso em: Março 2006. Disponível em: <http://trac.edgewall.org/>*.
- [12] *Subversion is na open source project. Acesso em: Março 2006. Disponível em: <http://subversion.tigris.org/>*
- [13] GASPAR, T. RODRIGUES, H. ODEDRA, S. COSTA, M. METROLHO J. C. BARDILL, A. *Handheld Devices as actors in Domotic Monitoring System*.
- [14] RODRIGUES, H. GASPAR, T. METROLHO, J.C. LOPES. *EPDA as Surveillance Device in monitoring System*

- [15] TANSEI, I.N. SINGH, R. *Monitoring and Management of Machines with Wireless PDAs in Wireless Networked Facilities*.