

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

Cleber Ramos

**Eric Serafim
(DANITEC)**

Luiz Marques

Angélica Paranhos

**Aroldo Junior
(COELBA)**

Paulo Junior

**Luiz Alberto Almeida
(UFBA)**

lalberto@ufba.br

DADOS DA EMPRESA:

Danitec Engenharia e Consultoria LTDA.

Rua Prof. Aristides Novis, nº 01, Térreo, Federação. Salvador - Bahia.

Telefone: **(71) 3235-1052**

E-mail: cleber.ramos@danitec.com.br - www.danitec.com.br

PALAVRAS CHAVE: Computadores de Mão – PDA, Mapeamento de Equipamentos de Redes de Distribuição Elétrica, Segurança e Confiabilidade de Dados, Tecnologia RFID

RESUMO

O presente trabalho técnico 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 em desenvolvimento promete alcançar 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 cadastramento, exclusão, alteração e visualização de dados dos usuários do sistema.

1. 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. 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 equipamento, a DANITEC em parceria com a COELBA através do programa de P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) desenvolve um sistema com etiquetas eletrônicas de identificação por rádio frequência (*RFID Tags*) para substituir a leitura das atuais etiquetas e também substituir o formulário de papel por um computador de mão (*PDA – Personal Data Assistant*). 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. O sistema de identificação por radiofrequência facilita a identificação, a localização e a prevenção de fraudes e o gerenciamento das informações sem o uso do formulário de papel. 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.

2. DESENVOLVIMENTO

A finalidade deste projeto de pesquisa e desenvolvimento é construir um módulo leitor *RFID* com comunicação *Bluetooth* e criar também aplicações para *desktop*, *PDA* e *web* em conformidade com os processos realizados na COELBA. Atualmente, as informações dos equipamentos das redes de distribuição estão parcialmente inscritas na placa de identificação de alumínio e na base de dados na empresa de distribuição. Com isso, têm-se grande dificuldade na identificação dos equipamentos, devido à sujeira acumulada na etiqueta, como também a impossibilidade de leitura visual noturna e a necessidade de leitura próxima ao equipamento em funcionamento, o que impõe risco de ocorrência de acidentes de trabalho. Além disso, os formulários de papel utilizados nos processos de manutenção atuais são suscetíveis a erros, como fraudes ou escrita ilegível no formulário. Isso traz como consequência, o aumento de perdas financeiras e da probabilidade de falhas em equipamentos pela má manutenção ou pelas informações equivocadas.

O processo de movimentação dos equipamentos das redes de distribuição possui um sistema com várias etapas, como pode ser visto na figura 1.

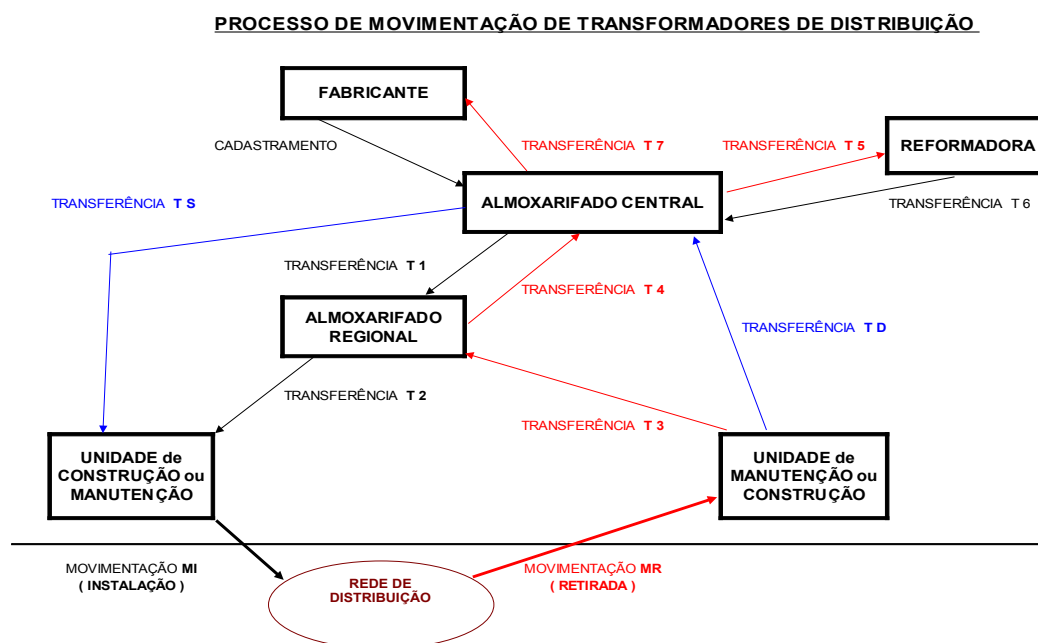


Figura 1: Processo de movimentação de equipamentos de distribuição

Na execução desse sistema, muito tempo é gasto em tarefas como a digitação dos formulários das equipes de manutenção, conferência na entrada e saída dos equipamentos em cada setor, armazenamento dos formulários em arquivos e no rastreamento de informações detalhadas de cada equipamento em arquivos. O tempo consumido para a execução dessas etapas traduz-se em atrasos na execução da manutenção. O projeto em questão engloba todas essas etapas, processando as informações por meio totalmente digital, reduzindo significativamente os custos administrativos, resultando na melhoria dos processos de manutenção.

2.1 - 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*). 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. 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*). 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 tornou-se 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). 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. 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. Encontramos no modelo de etiqueta tipo botão (figura 2) a que mais adequada ao projeto, por ser pequena, discreta e com alcance de leitura razoável para a aplicação.



Figura 2: 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. Sobra agora, 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 está sendo desenvolvido pensando-se em duas situações:

1 - Identificação de equipamentos em campo pela equipe de manutenção, através do leitor acoplado a uma vara-de-manobra com encaixe universal; O leitor em desenvolvimento 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; Está em desenvolvimento um design adequado para favorecer o manuseio do leitor em aplicações no solo, como as realizadas no almoxarifado da empresa de distribuição de energia elétrica. O objetivo final é 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.

2.2 - APLICAÇÕES EM SOFTWARE

Considerando os processos atuais de movimentação dos equipamentos das redes de distribuição de energia elétrica, estão sendo produzidos *softwares* em três interfaces: *desktop*, *web* e *PDA*. A aplicação *desktop* foi criada para gerenciar os usuários que utilizarão o *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 da aplicação *desktop*. Essas rotas são arquivos com extensão *.txt que contêm dados referentes aos equipamentos da empresa de distribuição e que é gerado pelo próprio sistema da empresa de distribuição. No *layout* da aplicação *desktop* (figura 3) têm-se botões referentes ao gerenciamento de usuário que são cadastrar, alterar, excluir e visualizar usuário. Para a comunicação entre o *PDA* e o sistema da empresa de distribuição, têm-se os botões importar e exportar rota. Por fim, o botão sair para fechar o aplicativo. 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.

Para gerar as rotas necessárias, a aplicação *desktop* executa o processo de importação da rota e faz todo o processamento dos dados. Após essa execução, se houver alguma inconsistência em relação aos dados importados, é gerado um relatório reportando tais ocorrências. Isso ajuda a consertar

possíveis erros nos dados do sistema da empresa de distribuição. Finalizando todo o processamento, o aplicativo gera um banco de dados e exporta para o *PDA*.

O processo de exportação da rota é realizado 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 outro 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.

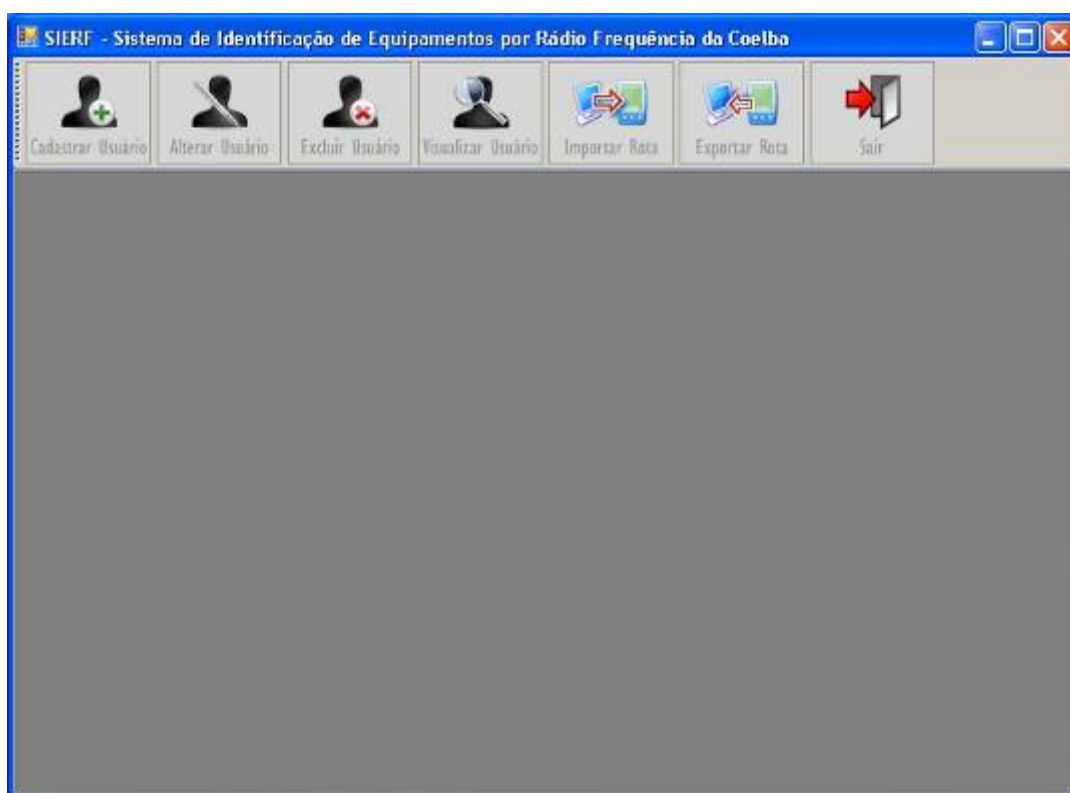


Figura 3: *layout* da aplicação *desktop*

O aplicativo para o *PDA* fora 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 para o *PDA* possui um sistema de acesso restrito, como mostra a figura 4, para proteger e validar os usuários a certas funcionalidades.

Após o usuário fazer a autenticação no sistema, será apresentada as 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. 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 reunir informações e sugestões para a construção de um *layout* de fácil aceitação pelos usuários. O aplicativo instalado no *PDA* impedirá 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 *logout* do aplicativo, retornando à tela inicial de *login*. Existirá um *login* e senha específicos em mãos do supervisor responsável para sair do aplicativo, em caso de necessidade. Esse bloqueio impede que o usuário utilize o *PDA* para outros fins, evitando assim conseqüentes falhas pela má utilização do equipamento e prevenindo gastos com a manutenção do *PDA*. A figura 5 demonstra uma das telas do aplicativo para o *PDA*, conforme a utilização de um usuário específico, mostrando as opções disponíveis.



Figura 4: Sistema de Login da aplicação PDA



Figura 5: Algumas funcionalidades da aplicação PDA

Na figura 5, como exemplo, têm-se as funcionalidades de recebimento de equipamentos de fábrica, que lê as etiquetas eletrônicas de identificação dos equipamentos vindos da fábrica para o almoxarifado da empresa de distribuição; a funcionalidade nota de transferência de equipamentos, que cria um documento para a transferência de equipamentos entre os almoxarifados central e regional e *vice-versa*, ou também outras localidades como a reformadora de equipamentos.

Para um gerenciamento da 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*. Ela é necessária pois cada setor da empresa de distribuição possuirá uma aplicação *desktop* e será necessário gerenciar as funcionalidades de cada setor da empresa. Após o usuário realizar a autenticação no sistema, aparecerá uma tela como na figura 7.

Nessa tela, existe um menu com as opções de cadastro, alteração, exclusão e visualização de usuário e uma opção de sair do sistema.

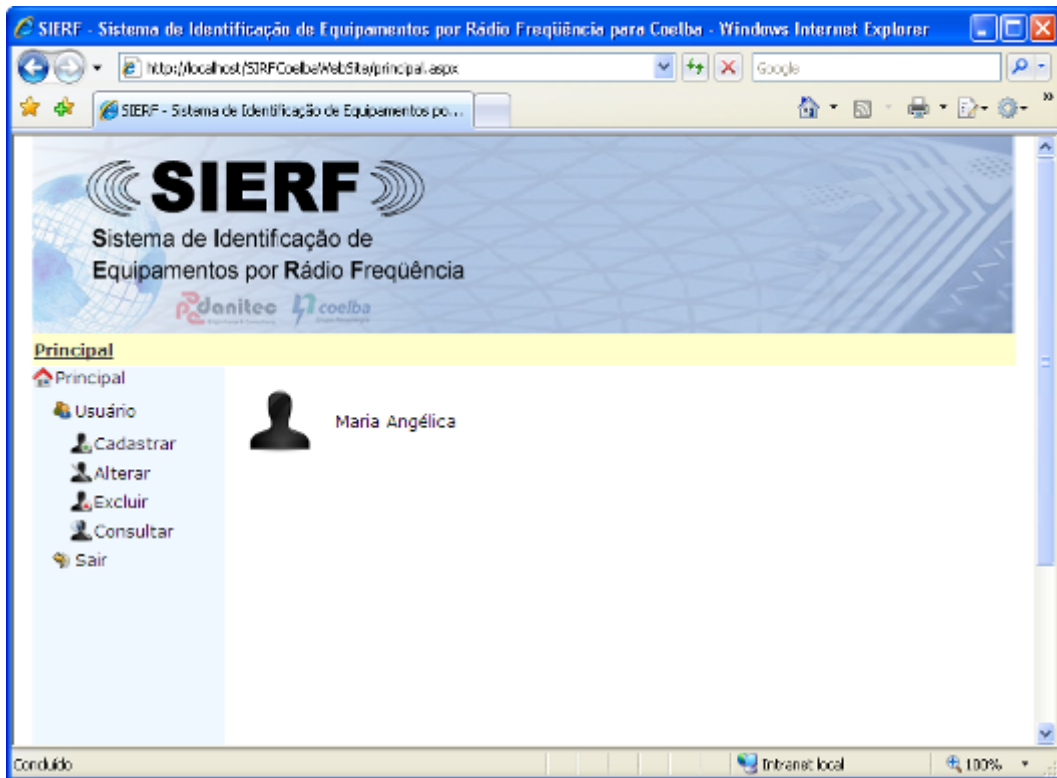


Figura 7: Tela inicial da aplicação Web

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 o *web service* pra fazer todo o gerenciamento do usuário, ou seja, cadastro, alteração, exclusão e visualização dos usuários que utilizarão a aplicação *desktop* e também a própria aplicação *web*.

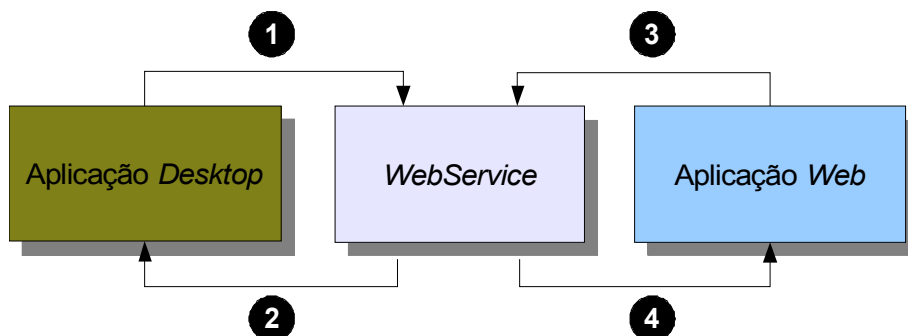


Figura 8: Comunicação entre o *web service* e as aplicações *desktop* e *web*.

Como mostra a figura 8, em (1), 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* em (2), com os dados do usuário e suas funcionalidades definidas pelo sistema *web*. Na aplicação *web*, em (3), também são feitas requisições ao *web service* para fazer a autenticação e o gerenciamento do usuário que utilizará a aplicação *desktop* e o recebimento da resposta (4).

3. TESTES EM CAMPO

Foram realizados testes com o leitor construído para o projeto 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 9, têm-se em destaque a etiqueta instalada e a placa de identificação usual do equipamento.

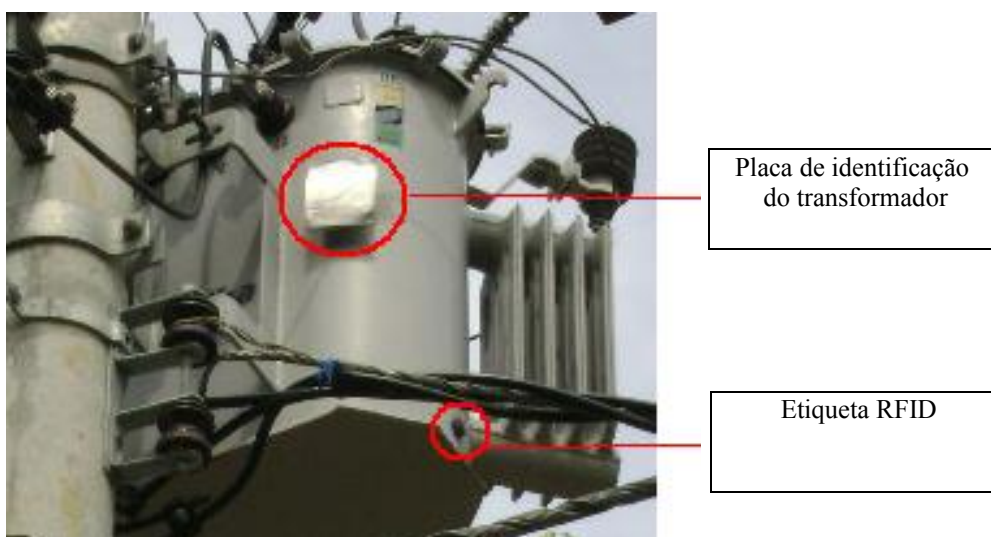


Figura 9: Localização da placa de identificação e da etiqueta RFID

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 na figura 10.

Convidou-se dois técnicos de linha viva (LV) da COELBA para a simular a identificação de um transformador com etiqueta *RFID* (figura 12), possuindo o n° de série do equipamento gravado internamente. Para a utilização do leitor, acopla-se o mesmo à vara-de-manobra, conforme a figura 11. Após o encaixe, o leitor é ligado e então acende-se um *LED* de alto brilho, indicando seu funcionamento e permitindo a visibilidade mesmo em ambientes de pouca luz. 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 alguma 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* sai da opção de identificação de equipamentos e então a conexão *Bluetooth* é desativada, reduzindo o consumo de energia do leitor, que é alimentado por quatro pilhas recarregáveis.



Figura 10: Leitura da placa de identificação de um transformador utilizando um veículo com cesta isolada.



Figura 11: Encaixe do leitor na vara-de-manobra



Figura 11: Teste em campo do leitor e do aplicativo no PDA

4. CONCLUSÕES

Não existe 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 *Personal Digital Assistant (PDA)* em diversas 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. 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 conseqüentemente o armazenamento dos mesmos.

Com o *web service*, torna-se prático o cadastro e o gerenciamento dos usuários do sistema, podendo ser realizado em qualquer setor, inclusive no interior do Estado. 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.

A grande potencialidade desta tecnologia pode ser realçada diante do grande crescimento das aplicações no mercado, bem como pela existência de conferência internacional sobre tal tema. As pesquisas nesta área têm convergido para o desenvolvimento de protocolos robustos para evitar a identificação equivocada de objetos e para a padronização universal da tecnologia.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANATEL. Leis Decretos e Regulamentos, ANATEL. Acesso em: novembro de 2007. Disponível em: <<http://www.anatel.gov.br>>.

BERNARDO. CLAUDIO G. A tecnologia RFID e os benefícios da etiqueta inteligente para os negócios.

FINKENZELLER, Klaus. RFID Handbook 2º Edition.

GASPAR, T. RODRIGUES, H. ODEDRA, S. COSTA, M. METROLHO J. C. BARDILL, A. Handheld Devices as actors in Domotic Monitoring System.

HF reader system series 6000, reference guide. Texas instruments, 2002.

MILENKOVIC, M. CHAPMAN, J. An Accelerometer-Based Physical Rehabilitation System.

MILLER, Michael. Descobrindo o Bluetooth. Rio de Janeiro, Ed. Campus, 2001.

MORÃES, M. J. F. Comunicação de dados por radiofrequência. Dissertação de mestrado, Florianópolis, 2001.

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>.

RODRIGUES, H. GASPAR, T. METROLHO, J.C. LOPES. EPDA as Surveillance Device in monitoring System.

ROHDE, G. F. Tags e Readers RFID: visão geral. I Workshop Interno do Grupo de Sistemas Embarcados, Porto Alegre, PUCRS, 2006.

TANSEI, I.N. SINGH,R. Monitoring and Management of Machines with Wireless PDAs in Wireless Networked Facilities.

UPM RAFLATAC. Rafsec 49 x 82 mm tag - Product specification. UPM Raflatac, 2006.

VIANA, Gilberto Alcântara. RFID é nova onda em radiofrequência. Tecnologia da Informação e Comunicação, acesso em 07 de julho de 2004.