

# Netbook como Compactador de Dados e Terminal Satelital na Frota da Distribuição

Alan G. Santos, Cleber N. Ramos, Luiz Marques, Carlos A. Caria, Joilton P. Almeida, Normando C. Cerqueira, Luiz Alberto Luz de Almeida.

**Resumo** – Atualmente, o sistema de gerência de mensagens, situado no centro de operações das concessionárias trocam, via satélite, grande quantidade de dados com as viaturas de campo usadas no atendimento das ocorrências do sistema de distribuição de energia elétrica. O presente trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema capaz de compactar e descompactar de forma bi-direcional estes dados. O algoritmo desenvolvido foi testado e validado, em campo, com dados reais existentes na base de dados da concessionária obtendo-se uma redução aproximada de 36% do custo de transmissão. A solução adotada de embarcar na viatura um robusto computador (Netbook) torna possível a instalação de aplicações que venham ajudar não só os eletricitistas das viaturas em suas atividades como também o operador do sistema de atendimento centralizado da operação, permitindo-os alcançar maior precisão e rapidez no atendimento das reclamações e solicitações dos clientes.

**Palavras-chave** – Redução de custo, Satélite, Sistema de monitoramento, Sistemas embarcados, Compressão/Descompressão de dados.

## I. INTRODUÇÃO

Atualmente a COELBA (Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia) emprega uma frota de veículos para atendimento de campo que utiliza tecnologia de comunicação via satélite explorado pela Autotrak Comércio e Telecomunicação S/A. A tecnologia Autotrak [1] é composta por dois itens: o hardware, chamado também de eletrônica embarcada, é composto pelo Terminal de Comunicação Móvel (MCT – Mobile Communication Terminal) do qual fazem parte o terminal e a antena de comunicação via satélite com GPS (Sistema de Posicionamento Global) integrado. O MCT é um equipamento de comunicação digital, bidirecional, via satélite. O terminal é composto por um teclado, uma tela de cristal líquido e cabos de conexão. O equipamento funciona através de comandos básicos e por meio dele é possível enviar e receber mensagens. O software inteligente permite que

o setor de operação da COELBA seja responsável pelo gerenciamento das atividades de monitoramento, rastreamento e comunicação com a frota.

Hoje, o sistema de gerência de mensagens, situado no centro de operações da concessionária (unidade central) troca, via satélite, grande quantidade de dados com a viatura em campo (unidade móvel). Para garantir a plena funcionalidade de operação, o sistema Autotrak dispõe de transponders exclusivos nos satélites BrasilSAT e PanAmSAT. É por meio desses canais que todas as mensagens da COELBA são transmitidas, com a comunicação ocorrendo em tempo-real. Isso garante que extensa área de cobertura, que inclui todo estado da Bahia, sem qualquer tipo de interrupção na comunicação, assim como é minimizada a ocorrência de interferências de sinal, ruídos ou áreas de sombra. O receptor GPS integrado à antena permite determinar a localização geográfica de cada veículo da frota COELBA com precisão. A COELBA vem equipando suas viaturas com esta tecnologia, assim há um aumento de custo com a instalação de terminais em novos veículos, como também um aumento no volume do tráfego de dados.

O Índice ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) de Satisfação do Consumidor – IASC [2] é uma preocupação constante das concessionárias, que têm buscado a modernização e melhoria do pronto atendimento às reclamações e solicitações de seus clientes. A modernização dos sistemas de atendimento a emergência exige confiabilidade na transmissão de dados, incremento na quantidade de informações transmitidas, entre os veículos e os centros de operação, bem como a redução nos custos de atendimento.

Como alternativa a este método usual de frota de veículos para atendimento de campo utilizando a tecnologia de comunicação via satélite, a DANITEC em parceria com a COELBA através do programa de P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) da ANEEL desenvolveu um sistema que minimiza o volume do tráfego de dados em canal de comunicação via satélite usado em viaturas que executam a manutenção do sistema de distribuição de energia elétrica utilizando método de compressão de dados. Além da compressão dos dados, o sistema disponibiliza uma base de dados no veículo com informações necessárias para o pronto atendimento, como dados dos consumidores e da rede elétrica a ser atendida. Também o trabalho técnico tem como potencialidade um computador embarcado na viatura conectado a antena, sendo possível a instalações de aplicações que venham ajudar o técnico em campo nas suas atividades.

O trabalho está dividido nas seguintes partes: metodologi-

---

Este trabalho é referente ao projeto P&D 0047-027-2007 que foi desenvolvido no âmbito do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica regulado pela ANEEL e contratada pela COELBA junto a DANITEC Engenharia e Consultoria Ltda., realizado em Salvador/BA, nos ciclos 2006 e 2007.

Carlos Caria, Joilton Almeida, Normando Cerqueira trabalham na COELBA (e-mails: ccaria@coelba.com.br; jalmeida@coelba.com.br; ncerqueira@coelba.com.br).

Alan Santos, Cleber Ramos e Luiz Marques trabalham na DANITEC (e-mails: alan.santos@danitec.com.br; cleber.ramos@danitec.com.br; luiz.marques@enautec.com.br).

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

foi utilizado; funcionamento do sistema), testes e resultados e conclusão.

Primeiramente serão abordados neste trabalho a metodologia utilizada, compressão de dados e como funciona, seguido da implementação e funcionamento do sistema, testes em campo, resultados, e, finalmente, a conclusão e as referências bibliográficas.

## II. METODOLOGIA

A metodologia utilizada no desenvolvimento do projeto dividiu-se em 9 etapas.

Etapa 1: Revisão bibliográfica: foram realizadas as revisões bibliográficas buscando tecnologia em aplicações similares, documentação técnica sobre o canal de satélite, técnicas de compressão de dados, recursos computacionais e dispositivos eletromecânicos que serão incorporados ao projeto. Foram aplicadas algumas técnicas de compressão de dados para uma escolha e também foram feitos estudos no protocolo do canal de satélite.

Etapa 2: Análise de requisitos: foram feitas reuniões com os usuários e os gerentes do projeto da concessionária para o levantamento dos requisitos dos *softwares*. Estas reuniões contemplaram a definição das rotinas e dos sistemas usualmente empregados pelas concessionárias. Além disso, contemplou também as características específicas dos sistemas e das rotinas típicas da concessionária.

Etapa 3: Projeto detalhado do sistema: Após as análises dos requisitos da etapa 2, foram elaboradas documentações detalhadas dos sistemas. Nesta etapa foram criados: documento do projeto e desenvolvimento da técnica de compressão de dados não cadastrais, documento do projeto do protocolo de comunicação, documento do projeto de software da unidade móvel e documento do projeto da unidade central.

Etapa 4: Implementação da técnica de compressão e do sistema da unidade móvel: foram implementadas a técnica de compressão dos dados, o protocolo de comunicação, o software da unidade móvel e o equipamento da unidade móvel. Durante estas implementações foram desenvolvidos interfaces humano-computador para técnicos de campo, estas não sendo uma 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.

Etapa 5: Implementação do software da unidade central e integração com o software da unidade móvel: foi desenvolvido o *software* da unidade central e integrado com o software da unidade móvel.

Etapa 6: Ensaio de robustez: Foram realizados testes preliminares de robustez para realização de correções no projeto.

Etapa 7: Testes em campo: nesta etapa, um conjunto de testes em campo, composto de 01 carro com a antena e a solução do projeto, foi implementado e testado. Foram realizados testes induzidos e espontâneos para verificar a resposta do técnico em campo com o consumidor e central de ope-

ração.

Etapa 8: Refinamento do projeto: após os testes em campo e com os resultados foram realizadas as correções necessárias nos equipamentos e softwares.

Etapa 9: Transferência de tecnologia e conclusão do projeto: foram elaboradas documentações do projeto, relatórios de acompanhamento, artigo técnico e relatório final.

## III. DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

### A. Compressão de Dados

Segundo [3], a compressão de dados é o processo de codificar um corpo de informações digitais dentro de uma representação menor, da qual a original pode ser reconstituída em momento posterior. As técnicas de compressão de dados podem ser divididas em duas grandes famílias: com perda e sem perda. O processo é denominado “sem perda”, se a informação pode sempre ser reconstituída exatamente sem qualquer distorção ou perda de informação. A compressão “com perda” sacrifica um pouco da integridade da informação em troca de um grande incremento na compressão.

De modo geral, a compressão de dados consiste em receber uma sequência de símbolos e transformá-la em uma sequência de códigos. Se a compressão for eficiente, o fluxo de códigos resultante será menor do que os símbolos.

Os métodos de compressão são Huffman, Ziv-Lempel (LZ77, LZSS, LZ78, LZW, LZMA), Shannon-Fano e dentre outros que foram estudados e analisados neste trabalho. Dentre esses métodos, optou-se pelo método de Huffman, pois o método de Huffman é um método de compressão que usa as probabilidades de ocorrência dos símbolos no conjunto de dados a ser comprimido para determinar códigos de tamanho variável para cada símbolo. Além disso, é um método de compressão sem perdas, baseadas em caracteres e possui a técnica de compressão mais eficaz para textos em linguagem natural.

Além destas características que o método de Huffman apresenta, vejamos como funciona o método de Huffman [4]. A codificação de Huffman utiliza uma estrutura de uma árvore binária. Esta árvore é uma árvore binária completa, chamada de árvore de Huffman que é construída recursivamente a partir da junção dos dois símbolos de menor probabilidade, que são então somadas em símbolos auxiliares e estes símbolos auxiliares recolocadas no conjunto de símbolos, como mostra a Figura 1. O processo termina quando todos os símbolos foram unidos em símbolos auxiliares, formando uma árvore binária.



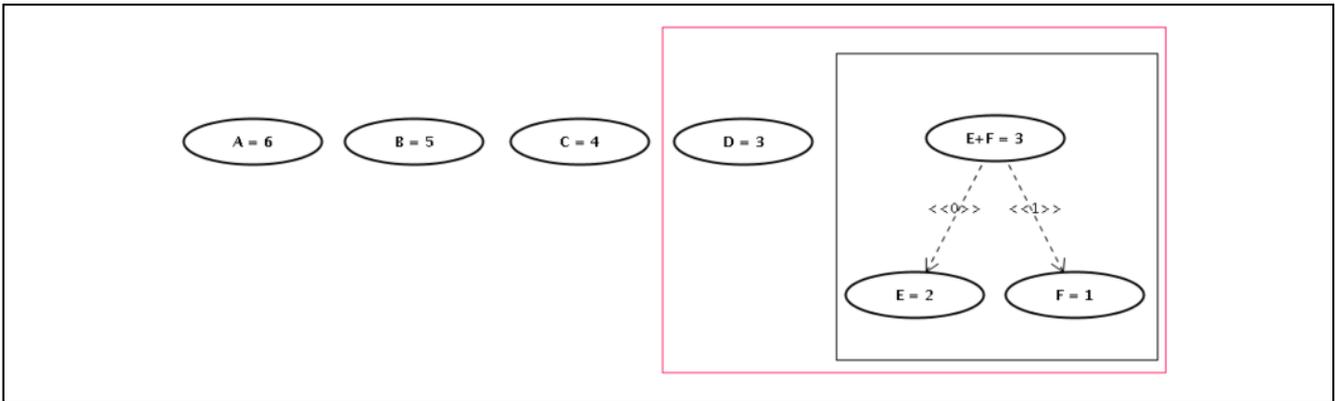


Figura 3. União dos nós E e F.

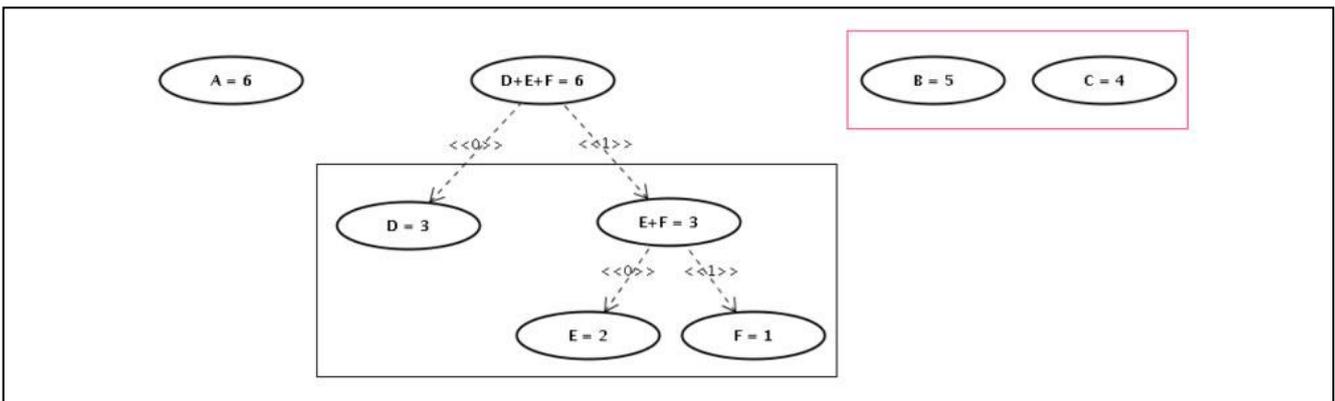


Figura 4. União dos nós E, F e D e união de B e C.

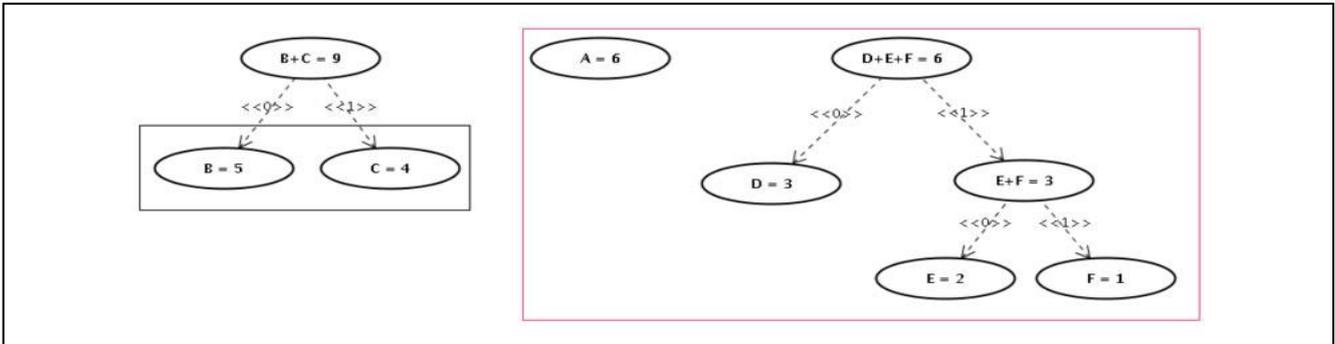


Figura 5. União do nó A ao nó D+E+F.

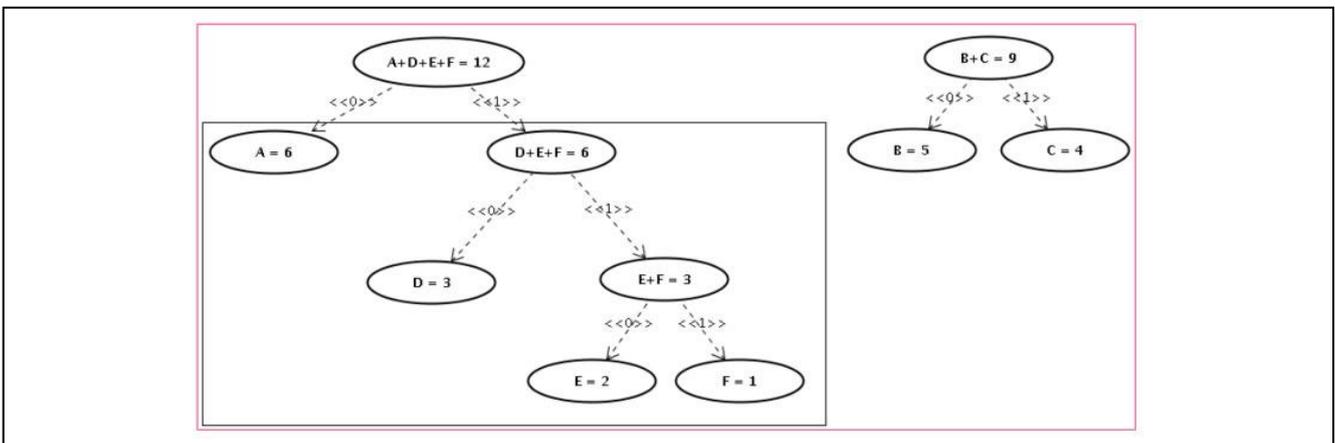


Figura 6. Junção dos nós A+D+E+F com o nó B+C.

Após gerar a árvore de Huffman que agora é uma árvore estritamente binária, Figura 7, podemos agora identificar os códigos para cada símbolo. Para isto basta percorrer a árvore até o símbolo e "anotar" o bit correspondente às arestas que percorremos. Por exemplo, para chegar a letra D percorremos os bits 0 até o nó A+D+E+F, depois o bit 1 para chegar em D+E+F e depois o bit 0 novamente, chegando a letra D. Assim o código Huffman para a letra D será 010.

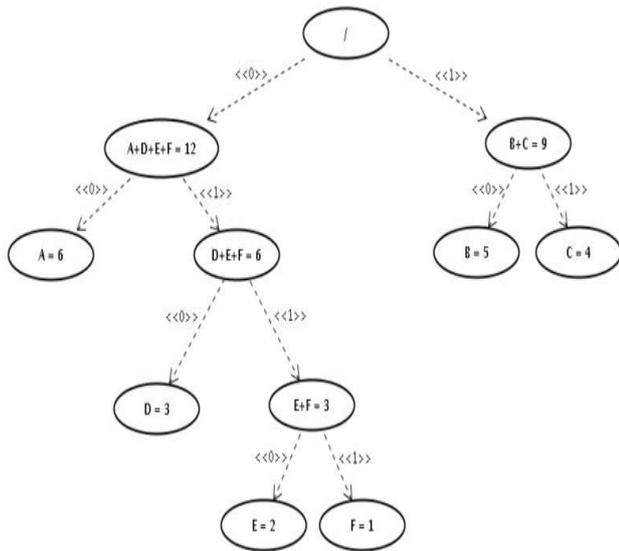


Figura 7. Árvore de Huffman.

Na Tabela IV listamos os códigos Huffman para cada um dos símbolos que usamos. Agora, ao codificarmos a nossa sequência original temos:

00000000000010101010101111111010010010011001100111

Totalizando apenas 51 bits. A nossa compressão foi de 12 bits, ou cerca de 20%.

Tabela IV. Tabela de códigos de Huffman.

Caractere	A	B	C	D	E	F
Contagem	00	10	11	010	0110	0111

Em casos reais a compressão obtida pode ser bem maior, pois a frequência de alguns símbolos é bastante grande enquanto a de outros é quase nula (as vogais "a", "e", "i", "o" e "u" ocorrem com bastante frequência, enquanto algumas letras como "y", "k" ou "z" aparecem bem menos). Essa diferença grande nas frequências faz com que os caracteres mais frequentes, e conseqüentemente com símbolos mais curtos, sejam melhor representados aumentando bastante a taxa de compressão.

### B. Implementação e funcionamento do sistema

Considerando o processo atual de manutenção do sistema

de distribuição de energia elétrica utilizando viaturas com comunicação via satélite, foram produzidos softwares para ser integrados com o sistema da concessionária. Antes de descrever sobre os softwares, vamos mostrar como funciona atualmente o sistema da concessionária.

A Figura 8 mostra o funcionamento do sistema de atendimento da concessionária que utiliza tecnologia de comunicação via satélite. O tele atendimento recebe reclamações de consumidores com algum problema que aconteceu no fornecimento da energia elétrica. Dependendo do problema que ocorrer, o tele atendimento passa as informações para o sistema GSE (Gestão do Sistema Elétrico) que esta situada no centro de operações da concessionária (unidade central). O sistema GSE tem por objetivo gerenciar e comunicar-se com as viaturas para atribuir tarefas, ou seja, troca mensagens via satélite designando tarefas a serem executadas. O envio das mensagens passam por um sistema chamado SuperVisor, da Autotrac, através de ODBC (Open Data Base Connectivity). O ODBC [5] é um padrão para acesso a sistemas gerenciadores de bancos de dados. Este padrão define um conjunto de interfaces que permitem o uso de linguagens de programação como Visual Basic, Delphi, Visual C++, C#, entre outras capazes de utilizar estas interfaces, para ter acesso a uma vasta gama de bases de dados distintas sem a necessidade de codificar métodos de acesso especializados.

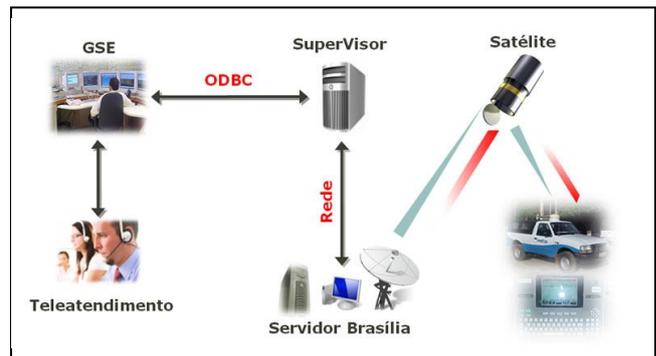


Figura 8. Funcionamento atual do sistema de manutenção de distribuição de energia elétrica.

O SuperVisor ao receber as mensagens, direciona para a base de dados do Servidor Brasília que está localizado em Brasília via rede. E o Servidor Brasília enviar para o Satélite as informações da mensagem. Ao receber as informações, o Satélite verifica qual a viatura (unidade móvel) vai receber a mensagem e enviar a mensagem para a viatura. A viatura possui uma MCT que é equipamento de comunicação digital, bidirecional, via satélite que recebe e envia as mensagens através de uma console. Após a viatura receber a mensagem, o técnico executa a sua tarefa designada.

A troca de mensagens é bidirecional, ou seja, tanto o sistema GSE quanto as viaturas trocam mensagens para se comunicarem. O processo contrário funciona do mesmo modo, a viatura enviar uma mensagem para o Satélite, o Satélite enviar a mensagem para o Servidor Brasília, o Servidor Brasília envia via rede a mensagem para o SuperVisor localizado na concessionária, e o SuperVisor enviar via ODBC para

o sistema GSE que gerência as viaturas.

Para minimizar o volume do tráfego de dados em canal de comunicação via satélite usado em viaturas que executam a manutenção do sistema de distribuição de energia elétrica foram desenvolvidos três softwares. Todos os três softwares possuem interface Desktop e foram desenvolvidos na linguagem de programação C# utilizando a IDE (Integrated Development Environment – Ambiente Integrado de Desenvolvimento) Microsoft 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 [6], [7]. O primeiro software é chamado de ComTraC (Compressor de Tráfego de Caracteres) Servidor e foi criado para fazer a interface entre o sistema GSE e o SuperVisor como mostra a Figura 9.

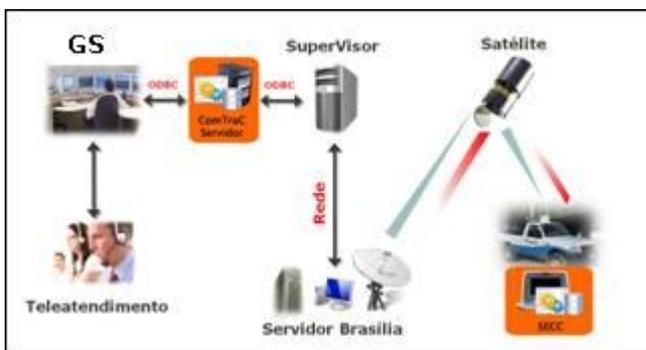


Figura 9. Funcionamento atual do sistema de manutenção de distribuição de energia elétrica com a nova solução.

O ComTraC tem por objetivo verificar se existem mensagens para enviar e receber. Se existir mensagem a enviar, o ComTraC pega esta mensagem e comprime, após comprimir, verifica qual o custo menor de enviar a mensagem, se é a mensagem normal ou comprimida. Após a verificação, envia a mensagem normal ou comprimida para o SuperVisor. Se existir mensagem à receber, o ComTraC pega a mensagem e descomprime, e envia para o sistema GSE. Na Figura 10 mostra a interface gráfica do ComTraC Servidor.

O segundo aplicativo de software é chamado de ComTraC Cliente que foi criado para visualizar e consultar mensagens enviadas e recebidas que foram trocadas entre a viatura e o sistema GSE em tempo-real; para geração do dicionário de dados para ser utilizado na compressão; e para o controle de viaturas que possuem a solução do trabalho. A Figura 11 mostra a interface gráfica do ComTraC Cliente.



Figura 10. Interface gráfica do ComTraC Servidor.



Figura 11. Interface gráfica do ComTraC Cliente.

Para que o sistema de otimização da transmissão de dados em sistemas de elevado custo de tráfego funcione foi retirado da viatura o console que é equipamento de comunicação digital, bidirecional, via satélite que recebe e envia as mensagens, interface limitada, sem capacidade gráfica com Display monocromático simples. E foi colocado um netbook robusto e um suporte para netbook como mostra a Figura 12.



Figura 12. Solução do projeto na viatura.

O terceiro e último aplicativo de software é chamado de SECC (Sistema Embarcado de Comunicação e Compressão)

que foi criado para trocar mensagens com o sistema GSE. Este software junto com o netbook executa a mesma tarefa que o console da Autotrac, agora com a compressão de dados e o banco de dados com informações necessárias para o pronto atendimento, como dados dos consumidores e da rede elétrica a ser atendida. A Figura 13 ilustra a interface gráfica do SECC.



Figura 13. Interface gráfica do SECC.

#### IV. TESTES E RESULTADOS

Foram realizados testes em laboratório e em campo para verificar a veracidade do sistema de otimização da transmissão de dados em sistemas de elevado custo de tráfego na redução de volume do tráfego de dados em canal de comunicação via satélite usado em viaturas que executam a manutenção do sistema de distribuição de energia elétrica.

Primeiramente, foram testados os aplicativos de softwares em laboratório junto com a antena do satélite. Durante os testes em laboratório foram utilizados dados fictícios para trocar mensagens entre o simulador GSE e a antena hospedada na Danitec.

Após os testes em laboratório, executamos a solução em um ambiente mais real. Foi alugado um carro e instalado o Terminal de Comunicação Móvel (MCT – Mobile Communication Terminal) do qual fazem parte o terminal e a antena de comunicação via satélite com GPS integrado. O terminal é composto por um teclado, uma tela de cristal líquido e cabos de conexão. A Figura 14 mostra o MCT instalado no carro.

Nesta instalação foi retirado o terminal e adicionado o computador embarcado ‘netbook’ com o sistema SECC. Com a solução instalada no carro em um ambiente mais real, os testes foram submetidas aos ensaios de campo e foram classificadas como: teste de robustez, teste de impacto e teste de temperatura de operação.

Inicialmente foi executado um ensaio para comprovar o funcionamento da solução, e também a integração hardware e software em condições reais de operação. Para tal, uma equipe da Danitec, juntamente com um pesquisador do projeto, se deslocaram de um carro alugado Fiat Uno Ano 2007 até o centro de operação de Feira de Santana da COELBA. Durante o trajeto (Salvador – Feira de Santana) até o centro

de operações, nas intermediações de Simões Filho, a comunicação com o satélite foi perdida, e permaneceu fora do ar por cerca de quinze (15) quilômetros a partir do ponto em que foi detectado o evento. Após contato com a empresa responsável pela disponibilização do serviço, a Autotrac, foi esclarecida que a indisponibilidade momentânea não foi causada pela solução, mas sim por fatores climáticos e cobertura de satélites na região.



Figura 14. Instalação do MCT.

Posteriormente a solução de hardware foi submetida a testes em campo, tanto espontâneos quanto induzidos. Teve como objetivo comprovar que a solução é robusta a operação. Para tal, o veículo de testes que estava com a solução instalada foi submetida à frenagem brusca e a circular em trajetos (pistas) com condições precárias de terreno, como buracos e lombadas. Os testes de temperatura de operação da solução foram executados em condições reais, e foram focados especialmente ao netbook adotado como terminal de comunicação. Neste teste o equipamento foi submetido a incidência solar direta dentro do veículo de testes completamente fechado.

Os testes submetidos a solução comprovaram que após pequenas modificações no suporte de acomodação do netbook o equipamento estaria pronto para operação. Em relação à temperatura máxima que a solução foi sujeita foi a 63° C, e nesta temperatura nenhum problema foi atestado, sendo que o netbook suporta temperatura de 0° C até 45° C.

Os resultados dos experimentos foram satisfatórios, pois mostrou uma redução considerável no custo quase pela metade de mensagens trocadas entre o simulador GSE e a viatura, como também trouxe uma grande potencialidade para a viatura que foi o computador embarcado. Com este computador será possível a instalações de aplicações que venham ajudar o técnico em campo nas suas atividades, como a Google Earth para visualização de rotas, sistema com mapas do sistema elétrico e entre outros.

## V. CONCLUSÕES

A tecnologia de comunicação via satélite cresce mundialmente e esta sendo usadas em várias aplicações no mercado, como atingir localidades remotas; por exemplo, campos de mineração, madeireiras, propriedades rurais; divulgação de informação, como, TV e a internet; entre outras.

A COELBA (Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia) emprega uma frota de veículos para atendimento de campo com a tecnologia de comunicação via satélite devido a sua larga área de cobertura e particular confiabilidade, fundamental ao atendimento da operação do sistema de atendimento as ocorrências do sistema elétrico de distribuição.

A transmissão satelital é adotada também por concessionárias de energia com pequena área de concessão devido a sua grande confiabilidade que se traduz em melhor qualidade no atendimento das reclamações solicitadas pelos seus clientes. Embora com maior custo de transmissão quando comparado, por exemplo, a transmissão via tecnologia celular.

Este trabalho desenvolveu um sistema capaz de minimizar o volume do tráfego de dados no canal de comunicação via satélite, de maior custo, com dramática redução de 36% nos custos de transmissão. Notadamente, o fator custo de transmissão, reduzido neste trabalho, é o único fator considerado indesejável nesta tecnologia.

Agora se torna possível substituir as consoles tradicionais das viaturas, baseadas em caracteres e sem nenhuma capacidade gráfica ou computacional, pela plataforma PC (Netbook) expandindo sua capacidade operacional e elevando-as de meros elementos passivos a ativas participantes do processo operacional de atendimento as ocorrências do sistema de distribuição. Contribuindo na agilidade, precisão e confiabilidade através da implantação de software de apoio embarcado, que pode colaborar com os técnicos de campo em suas atividades e reduzir a demanda das centrais de operação. O computador embarcado pode ser usado por: sistema que determina graficamente a localização geográfica exata das viaturas e do ponto da ocorrência (GPS); determinação da melhor rota para o atendimento das reclamações; localização ótima para as viaturas de prontidão; representação gráfica do sistema elétrico; e aplicativos para atendimento aos clientes.

## VI. AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por nos ter dado saúde e capacidade para o desenvolvimento deste projeto. A Coelba, por a-

poiarem esta pesquisa a partir do Programa P&D e por possibilitarem a sua abertura para a condução da pesquisa.

## VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AUTOTRAC. Autotrac Comércio e Telecomunicações S/A. Disponível em: <<http://www.autotrac.com.br/>>. Acesso em: 28 janeiro 2010.
- [2] IASC. Índice Aneel de Satisfação do Consumidor. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=189>>. Acesso em: 28 janeiro 2010.
- [3] LYRA A. L.; OKUBO E.; DELUCA E. F.; ALVES M. F. Compressão sem perda: Método de Huffman e Método de Lempel – Ziv. Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Departamento de Computação. São Paulo, 2003.
- [4] WIKIPÉDIA. A enciclopédia livre. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Codificação\\_de\\_Huffman](http://pt.wikipedia.org/wiki/Codificação_de_Huffman)>. Acesso em: 29 janeiro 2010.
- [5] WIKIPÉDIA. A enciclopédia livre. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/ODBC>>. Acesso em: 01 fevereiro 2010.
- [6] *Trac Integrated SCM & Project Management*. Acesso em: Março 2006. Disponível em: <<http://trac.edgwall.org/>>.
- [7] *Subversion is na open source project*. Acesso em: Março 2006. Disponível em: <<http://subversion.tigris.org/>>