

# Sistema de Comunicação Digital entre Centro de Operação e Veículos de Manutenção e Emergência

E. Deschamps, F. L. Perez, J. G. F. Zipf e M. A. Wisintener, FURB e J. L. Langer, CELESC

**Resumo**—As agências regionais da CELESC estão equipadas com sistema de comunicação baseados em rádio VHF, ligados ao Centro de Operações da Distribuição (COD), de onde os despachos são emitidos aos carros de manutenção através de um canal de voz. Os problemas do uso deste sistema compreendem a impossibilidade do sinal de comunicação alcançar a todos os pontos devido a áreas de sombra e deficiências inerentes à comunicação por voz, que comprometem a qualidade da comunicação. Este artigo propõe a redefinição dos sistemas de comunicação entre os veículos de emergência e o COD através de um sistema dedicado de comunicação digital baseado nos meios satélite e celular, a fim de aumentar a qualidade dos serviços prestados aos consumidores em situações de manutenção e emergência. São apresentados neste artigo: modelo do sistema projetado, a tecnologia de comunicação entre o COD e os veículos de manutenção e resultados obtidos em testes de campo.

**Palavras-chave**—Tecnologia da Informação; Comunicação Digital; Integração Veículos com Banco de Dados.

## I. INTRODUÇÃO

Atualmente as agências regionais da CELESC estão equipadas com sistema de comunicação baseados em rádio VHF. Diretamente do Centro de Operações da Distribuição (COD), os despachos são emitidos individualmente aos carros de manutenção através de um canal de voz. São comuns problemas relacionados a qualidade dessa comunicação e seus efeitos são sentidos no cotidiano da concessionária, podendo afetar em maior ou menor grau a qualidade dos serviços de atendimento das solicitações de emergência.

Com o atual sistema, áreas de sombra (sem cobertura) impedem que o sinal de comunicação alcance todos os pon-

tos, comprometendo definitivamente a agilidade dos serviços. Também se verificam atualmente cortes intermitentes dentro da área de cobertura do sistema VHF.

Outro problema atualmente verificado relaciona-se a deficiências inerentes à comunicação por voz. Questões como dicção, tom de voz, variações de audição, falta de concentração podem comprometer a qualidade da comunicação.

A partir desta análise, concluiu-se que a realização da comunicação através de mensagens de texto via terminal embarcado utilizando um sistema digital de comunicação, ofereceria maior clareza de detalhes aumentando com isso a confiabilidade das informações transmitidas/recebidas. A comunicação por mensagens permitiria também a consulta on-line de parâmetros técnicos dos equipamentos sob intervenção da manutenção.

Definida a importância de se realizar a implementação de um sistema com estas características, restou a necessidade de se definir os meios de transmissão de dados mais adequados a garantir a confiabilidade da comunicação entre os veículos de manutenção e emergência e o COD, em qualquer ponto geográfico no qual os primeiros se encontrarem para a realização de serviços.

Em [6] é apresentada uma análise sobre a utilização dos satélites como um potencial meio de comunicação para o fornecimento do serviço de Internet. Segundo o autor, situado entre uma variedade de opções para possibilitar comunicação de dados para os municípios, os satélites se destacam por total alcance e rapidez na implantação do acesso e no oferecimento de alta velocidade para a Internet em projetos de conexões com esse serviço.

O crescimento extraordinário ocorrido recentemente nas áreas de comunicação celular, redes locais sem fio e serviços via satélite permite que informações e recursos possam ser acessados e utilizados em qualquer lugar e em qualquer momento. Por isso, a preocupação com a segurança das informações torna-se cada vez mais importante. Hoje é comum o uso de métodos formais nos protocolos criptográficos e protocolos de autenticação para o ambiente celular: GSM, CDPD e UTMS [8].

Na administração pública do Paraná já foram implementados vários casos de utilização da tecnologia WAP possibilitando acesso remoto as mais diversas informações e serviços públicos em qualquer lugar e a qualquer hora. Os setores já utilitários deste tipo de serviço são a polícia, departamento penitenciário, Detran e a Secretaria da Fazenda [7].

Por fim, em [11] e [10] são apresentados os resultados da

---

Este trabalho foi apoiado pelas Centrais Elétricas de Santa Catarina dentro do Programa de Pesquisa & Desenvolvimento – ciclo 2002/2003.

E. Deschamps é professor do Departamento de Engenharia Elétrica e de Telecomunicações da Universidade Regional de Blumenau (e-mail: edu-des@furb.br).

F. L. Perez é professor do Departamento de Engenharia Elétrica e de Telecomunicações da Universidade Regional de Blumenau (e-mail: fabiotek@furb.br).

J. G. F. Zipf é professor do Departamento de Engenharia Elétrica e de Telecomunicações da Universidade Regional de Blumenau (e-mail: gilzipf@furb.br).

M. A. Wisintener é professor do Departamento de Sistemas e Computação da Universidade Regional de Blumenau (e-mail: maw@furb.br).

J. L. Langer é engenheiro das Centrais Elétricas de Santa Catarina (e-mail: jllanger@celesc.com.br).

integração software e hardware interligados por um meio de comunicação. A primeira referência mostra a implementação de um laboratório remoto onde através da internet, diversas pessoas em diferentes lugares, podem realizar experiências com o Microcontrolador 8052. Já a segunda apresenta uma descrição do protótipo desenvolvido para automatização da leitura de níveis de flúmens, com o objetivo de auxiliar no monitoramento e fornecer informações sobre o comportamento dos mesmos, utilizando tecnologia relacionada à comunicação por radio frequência e microcontroladores da família PIC.

Os sistemas atualmente disponíveis no mercado resolvem apenas parcialmente os problemas de comunicação apresentados, uma vez que oferecem as opções de comunicação celular ou satélite de forma excludente. Estes sistemas também não incluem um software que otimize a utilização destes meios de comunicação de acordo com as suas limitações técnicas e custos operacionais. Os softwares de gerenciamento de informações destes produtos em geral são soluções prontas e genéricas não atendendo as necessidades específicas de comunicação entre COD e unidades móveis, além de apresentarem um elevado custo de aquisição e operação.

Neste artigo são apresentados os resultados de um projeto desenvolvido dentro do programa anual de pesquisa e desenvolvimento da CELESC no ciclo 2002/2003, onde foi proposto um sistema dedicado baseado nos meios de comunicação satélite e celular (CDMA, TDMA e GSM), que atenda as necessidades específicas da concessionária, resolvendo diversos problemas atualmente verificados na qualidade dos serviços ofertados aos consumidores, principalmente nos serviços de emergência.

Foram identificadas através de pesquisa a livros, dissertações, tese, artigos técnico-científicos, sites da internet e catálogos de fabricantes de equipamentos de comunicação as principais tecnologias utilizadas para o projeto/integração de equipamentos de comunicação digital. Com os dados levantados a partir da pesquisa bibliográfica foram definidas as tecnologias de comunicação e os circuitos/equipamentos desenvolvidos e/ou integrados para a implementação em laboratório do equipamento de comunicação em duas versões: celular e satélite. Definida a parte física dos equipamentos de transmissão/recepção de dados foi feito o desenvolvimento do software de comunicação e tratamento de dados. Finalmente, com os dados de projetos dos circuitos e do software de comunicação e tratamento de dados, foi feita a implementação em laboratório dos protótipos de comunicação para análise de desempenho. Após a conclusão dos testes laboratoriais foram realizados os testes em campo através da implementação dos protótipos em viaturas da Agência Regional da CELESC de Blumenau-SC, a fim de averiguar a confiabilidade e o desempenho dos equipamentos projetados em condições normais de funcionamento.

## II. TECNOLOGIAS DE COMUNICAÇÃO

O termo Comunicação de Dados é utilizado para caracterizar sistemas de telecomunicações em que a informação na origem e no destino encontra-se na forma digital.

Essas informações podem ser dos seguintes tipos: voz, áudio, imagens, vídeo ou dados propriamente ditos. Geralmente são processadas por sistemas computacionais ou sistemas que possuem as funcionalidades para converter os sinais analógicos para o formato digital, a fim de serem transferidas entre localidades diversas para atender às necessidades de cada usuário.

Para viabilizar a transferência de dados no formato digital através de sistemas analógicos (públicos ou particulares), foram desenvolvidos os MODEMS, cuja função era converter os bits 0 e 1 dos formatos digitais em frequências compatíveis com os sinais analógicos (entre 0 e 7 kHz aproximadamente) para então transferir a informação através das redes existentes.

Essa tecnologia permitia baixas taxas de transferência de informação a princípio, mas o seu desenvolvimento continuou até hoje, e ainda se usam modems para o acesso discado a internet ou para o acesso a redes privadas através dos sistemas públicos.

Os sistemas legados usavam protocolos de comunicação do tipo X.25, entre outros, usando baixas taxas de transmissão e interface proprietárias que dependiam muito dos equipamentos dos usuários.

Atualmente os provedores de serviços de telecomunicações dispõem de redes de dados muito mais confiáveis, com capacidade para transportar as informações digitais no seu formato original a taxas cada vez maiores e compatíveis com as necessidades de cada usuário.

As tecnologias utilizadas são compatíveis com os protocolos Frame Relay, ATM e IP, embora outras tecnologias sejam também atendidas (interfaces FICON, ESCON, Fiber Channel, Gigabit Ethernet, Fast Ethernet, entre outras) [2].

Os serviços de comunicação de dados são geralmente segmentados para os mercados de: provedores, corporações, pequenas e médias empresas e residencial. Nesses mercados os serviços típicos oferecidos são: de interligação de 2 ou mais pontos do usuário (dependendo do seu porte e do tamanho de sua rede corporativa) para formar as VPN's (Virtual Private Network), e de acesso a Internet. São ainda fornecidos projetos especiais de serviços para aplicações específicas de instituições de grande porte.

### A. VPN – Virtual Private Network

É uma rede privada que possibilita o acesso a uma intranet corporativa e aplicativos na rede da empresa matriz. Uma Rede Privada é aquela que, ao contrário das redes públicas, só pode ser utilizada por uma empresa, grupo de pessoas ou dispositivos autorizados. As motivações para implantar uma rede privada são: a) Segurança: garantir autenticação, integridade dos dados e confidencialidade das comunicações; b) Qualidade do serviço: ter uma garantia quanto à disponibilidade e performance do serviço; c) Não existência de rede pública para prover o serviço e d) Reduzir custos.

Esta rede privada pode ser utilizada também para o tráfego telefônico interno entre sede e filiais e incorporar conexões com fornecedores ou clientes e dar acesso remoto a funcionários realizando trabalhos externos como vendedores ou assistência técnica.

Os principais tipos de VPNs são: VPN formada por circuitos virtuais (Frame Relay e ATM), VPN utilizando a Internet e VPN/IP oferecida por um provedor com backbone IP.

### B. Comunicações móveis

Atualmente os principais meios de comunicação móveis são baseados em transmissão VHF (rádio), celular e satélite. Cada um dos sistemas possui características de custo, confiabilidade, cobertura, manutenção e operação distintas.

#### i) Transmissão via VHF

As ondas de rádio são amplamente usadas na comunicação tanto ao ar livre quando em lugares fechados pelo fato de que essas ondas podem percorrer longas distâncias e penetrar facilmente em construções. Tais ondas onidirecional podem ser também transmitidas para todas as direções, ou seja, captação ou irradiação multidirecional, e o transmissor e o receptor não precisam estar alinhados fisicamente. Em algumas ocasiões, a onda de rádio onidirecional é boa. No entanto, pode ocorrer a interferência de frequência de rádio. Por isso, todos os governos dificilmente autorizam o usuário do transmissor de rádio. Nas frequências baixas, as ondas de rádio passam bem entre os obstáculos, no entanto, possui baixa qualidade. Nas frequências altas, as ondas tendem a viajar em linha reta, saltando os obstáculos. Elas também são absorvidas pela chuva. Em todas as frequências, ondas de rádio são assunto para a interferência em motores e outros equipamentos elétricos. As ondas de rádio são absorvidas pela terra, entretanto, em alguns casos, as ondas de alta frequência (HF) são refletidas de volta a terra pela camada da atmosfera, a ionosfera.

As ondas de rádio oferecem algumas vantagens distintas sobre todos os outros meios de transmissão, sendo as mais significativas a não existência de linhas físicas de transmissão para serem cortadas ou danificadas, tempo de resposta bastante rápido, baixo custo para comunicação de voz quando comparada com outros meios e permite a instalação em áreas remotas onde não é possível ou praticável o uso de fios ou cabos coaxiais. Por outro lado, o sistema de comunicação para uso privado em VHF tem em média um alcance de 20Km a 40Km, necessidade de licença para operar, necessidade de espaço para torres e retransmissores e pouca capacidade de transmissão de dados.

#### ii) Transmissão via satélite

Satélites de comunicação surgiram na década de 60 com características que os tornaram atrativos para muitas aplicações. Os satélites podem ser considerados grandes repetidores de microondas (3 a 30 GHz) localizados no céu, mesmo porque eles são sistemas de rádio-enlace, contendo vários transponders, cada qual lendo uma frequência determinada, amplificando o sinal e enviando-o de volta em uma frequência diferente para evitar interferência com os sinais que estão chegando. O sinal que sai do satélite pode cobrir uma grande área da superfície terrestre ou então apenas uma pequena área de alguns quilômetros de distância. Em locais onde a extensão territorial é muito grande, é recomendado

utilizar a comunicação via satélite, pois os meios de comunicação terrestre possuem barreiras econômicas e técnicas.

O satélite, do ponto de vista de transmissão é uma simples estação repetidora dos sinais recebidos da Terra que são detectados, deslocados em frequência, amplificados e retransmitidos de volta a Terra. Um satélite típico é composto de uma parte comum (“bus”) onde se encontram as baterias, painéis solares, circuitos de telemetria e a parte de propulsão. Além do “bus” temos a carga útil (“payload”) composta essencialmente dos circuitos repetidores, denominados “transponders”.

As frequências mais utilizadas para comunicação via satélite são as da banda C e banda Ku, conforme apresentado na Tabela I.

TABELA I  
FREQUÊNCIAS UTILIZADAS NA COMUNICAÇÃO SATELITAL

-	Banda C	Banda Ku
Frequência de uplink (estação terrena para satélite)	5,850 a 6,425 GHz	14,0 a 14,5 GHz
Frequência de downlink (satélite para estação terrena)	3,625 a 4,200 GHz	11,7 a 12,2 GHz

Um transponder em banda C tem, tipicamente, 36MHz de largura de banda, enquanto que os de banda Ku tem tipicamente 27MHz. Internacionalmente, a banda mais popular é a banda Ku, pois permite cursar tráfego com antenas menores que as de banda C, devido ao fato das suas frequências serem mais altas. Entretanto, devido ao mesmo fato, a transmissão em banda Ku é mais suscetível a interrupções causadas pela chuva. Dessa forma a banda C é mais popular em países tropicais. No Brasil durante muito tempo só se utilizou a banda C. Mais recentemente, a banda Ku vem recebendo maior aceitação.

As aplicações onde a comunicação via satélite são mais comuns são aquelas em que se deseja espalhar a mesma informação, no link de descida, por uma região geográfica muito extensa como, por exemplo, para a TV e a Internet; onde se deseja atingir localidades remotas como, por exemplo, campos de mineração, madeiras, propriedades rurais e suburbanas e postos em rodovias; e quando o tempo de implantação seja muito rápido, ou de uso ocasional, como, por exemplo, para shows, rodeios, corridas de automóvel.

Existe uma variedade de métodos de acesso e partilhação de canais de satélite. Os principais são TDMA (“Time Division Multiple Access”) ou acesso múltiplo por divisão de tempo, no qual a cada canal está associado um intervalo de tempo que se repete periodicamente; FDMA (“Frequency Division Multiple Access”) ou acesso múltiplo por divisão de frequência, no qual a cada canal está associada uma frequência; FTDMA (“Frequency Time Division Multiple Access”) ou acesso múltiplo por divisão de frequência e tempo, que é uma combinação dos dois anteriores, onde cada canal está associado um par ordenado de frequência e intervalo de tempo; e CDMA (“Code Division Multiple Access”) ou acesso múltiplo por divisão de código, que utiliza

a técnica de espalhamento espectral (“spread spectrum”) onde a cada canal está associado um código, que é a chave de decodificação daquele canal [4].

### iii) Transmissão via celular

Telefonia celular é o nome dado para caracterizar comunicações móveis através de sistemas celulares que tenham interconexão com a Rede Telefônica fixa.

Com a telefonia celular o terminal telefônico fixo que possui um número associado ao local onde está o telefone passou a ter como alternativa um pequeno aparelho portátil que pode receber ou fazer chamadas em movimento e de praticamente qualquer lugar onde esteja.

Esta mobilidade é conseguida pela utilização de comunicação wireless (sem fio) entre o terminal e uma Estação Rádio Base (ERB) conectada a uma Central de Comutação e Controle (CCC) que tem interconexão com o serviço telefônico fixo comutado (STFC) e a outras CCC's, permitindo chamadas entre os terminais celulares e deles com os telefones fixos comuns.

O terminal móvel se comunica com a ERB mais próxima. A área de cobertura referente a uma ERB é chamada de célula. Ao se locomover o terminal móvel muda de célula e tem sua comunicação transferida de uma ERB para outra. A mudança de ERB durante uma chamada é denominada “handover”.

De acordo com o plano de serviço do assinante é definida uma área de mobilidade que pode estar restrita a um conjunto de ERBs cobrindo um município ou corresponder à área de cobertura de várias CCCs e suas ERBs como é o caso da cidade de São Paulo.

Quando o terminal está fora de sua Área de Mobilidade ele está em roaming, ou seja, ele é um assinante visitante no sistema celular daquela região.

É possível a um terminal operar em um sistema celular em outra região do país ou do mundo desde que o terminal seja compatível com as características técnicas da operadora visitada e exista um acordo de roaming desta com a operadora do assinante.

As principais características técnicas para permitir o roaming são frequência de operação e padrão de tecnologia do terminal. Um sistema celular que utilizasse apenas uma ERB em uma cidade com a Banda de Frequências alocada usualmente para este tipo de serviço poderia atender a menos de 500 usuários em comunicação simultânea.

Como as frequências do espectro eletromagnético são um recurso escasso, devido a sua utilização por um grande número de aplicações, a ampliação da capacidade dos sistemas celulares foi possível com a divisão da banda disponível em grupos de frequências que são reutilizados em células não adjacentes.

A divisão mais comum é a da banda em 7 grupos de frequências. Estas células podem ser, por sua vez, divididas em 3 setores gerando um padrão de plano de distribuição de frequências com 21 grupos.

No Brasil estas faixas de frequências foram divididas em Bandas conforme apresentado na Tabela II.

TABELA II  
FREQUÊNCIAS UTILIZADAS NA COMUNICAÇÃO CELULAR

-	Frequência (MHz) de transmissão da	
	Estação Móvel	ERB
Banda A	824-835	869-880
	845-846,5	890-891,5
Banda B	835-845	880-890
	846,5-849	891,5-894
Banda D	910-912,5	955-957,5
	1710-1725	1805-1820
Banda E	912,5-915	957,5-960
	1740-1755	1835-1850
Subfaixas de Extensão	907,5-910	952,5-955
	1725-1740	1820-1835
	1775-1785	1870-1880

As faixas de frequência de 1885 a 1900 MHz, de 1950 a 1980 MHz e de 2140 a 2170 MHz foram reservadas para implantação de sistemas celulares que sigam as especificações IMT-2000 da UIT (União Internacional de Telecomunicações).

Contudo, quanto maior a frequência maior a perda no espaço livre quando a onda se propaga o que implica em células menores. Um sistema celular em 1800 MHz precisará de mais células do que um sistema celular em 800 MHz para obter a mesma performance.

Os principais padrões de tecnologia para sistemas celulares compreendem: AMPS - Advanced Mobile Phone Service, GSM - Global System for Mobile Communication, TDMA (IS 136) - Time Division Multiple Access e CDMA (IS 95) - Code Division Multiple Access.

O AMPS foi o padrão dominante para os sistemas celulares analógicos de primeira geração. Foi desenvolvido pelos Laboratórios Bell da AT&T e os primeiros sistemas entraram em operação em 1983 nos Estados Unidos tendo sido adotado pelo Brasil e vários outros países. Neste sistema a comunicação entre terminal móvel e ERB é feita na faixa de 800 MHz através de sinais analógicos em canais de 30 kHz.

O sistema GSM, originalmente conhecido como Groupe Special Mobile, é um padrão digital de segunda geração do celular desenvolvido na Europa para substituir os diferentes padrões analógicos utilizados pelos países europeus nas faixas de 800 e 450 MHz. O GSM utiliza canais de 200 kHz na faixa de 900 MHz e teve desenvolvida, posteriormente, uma versão adaptada para as faixas de 1800 e 1900 MHz. Este sistema é hoje o padrão com o maior número de usuários em todo o mundo (mais de 1 bilhão).

O sistema TDMA, padronizado pelo IS 54 e, posteriormente, aperfeiçoado pelo IS 136, é um padrão desenvolvido para aumentar a capacidade de sistemas AMPS pelo aumento do número de usuários compartilhando o canal de 30 kHz. A utilização de canais digitais de comunicação entre terminal móvel e ERB permite que até 3 usuários compartilhem um mesmo canal pela utilização de diferentes slots de tempo.

Finalmente, o sistema CDMA, padronizado pelo IS 95, é um padrão que revolucionou os conceitos empregados na comunicação entre terminal móvel e ERB. No lugar de divi-



GPS com protocolo NMEA para fornecimento das coordenadas (Latitude e Longitude) através de porta serial com erro máximo de 15 metros (Fig. 4).

Na Fig. 5 é apresentado o terminal de comunicação embarcado com display alfanumérico com 80 caracteres, teclado próprio ou teclado tipo PC-AT, duas portas seriais, programável com pelo menos 512Kbytes de memória e capacidade de operar utilizando protocolo TCP/IP.



Fig. 2 – Antena e modem satelital.



Fig. 3 – Módulo celular GSM.



Fig. 4 – Antena e placa GPS.



Fig. 5 – Terminal de comunicação com teclado.

### B. Software de comunicação

Nas Figs. 6 e 7 são apresentados os fluxogramas do software de comunicação do terminal embarcado e do software de comunicação no servidor respectivamente. Estes programas foram desenvolvidos em linguagem C++ (terminal) e Delphi (servidor).

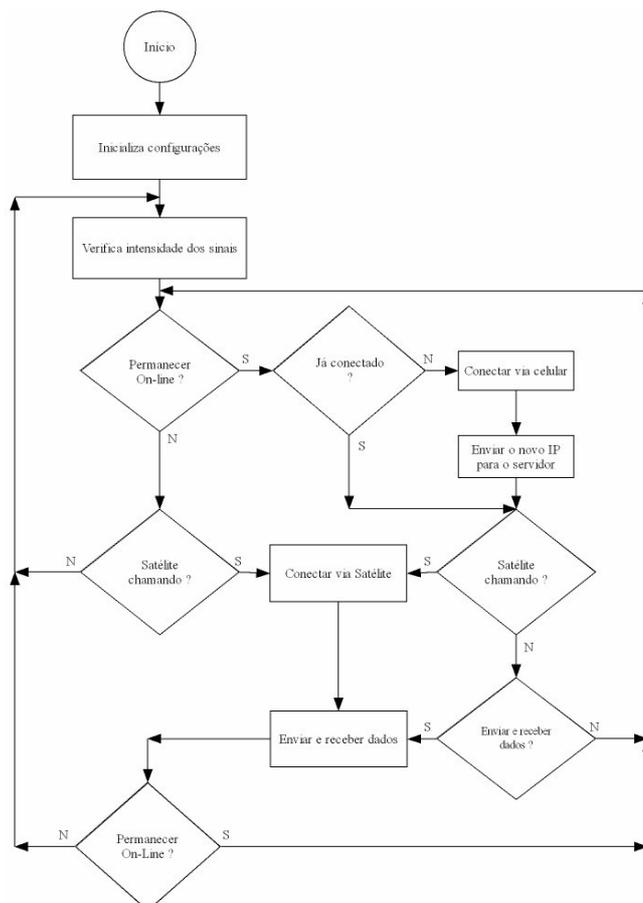


Fig. 6 - Fluxograma do software de comunicação do terminal embarcado.

## V. TESTES DE CAMPO

Após a implementação em laboratório do sistema projetado, o mesmo foi instalado em uma viatura da central de manutenção e emergência da Agência Regional de Blumenau

da CELESC (Fig. 8).

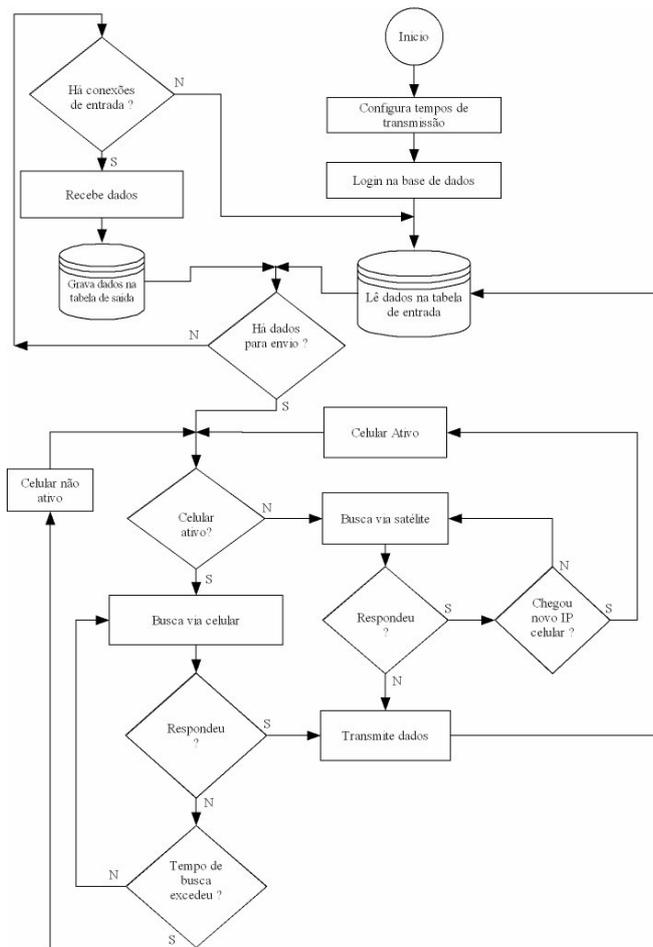


Fig. 7 - Fluxograma do software de comunicação do servidor na CELESC.



Fig. 8 – Terminal de comunicação embarcado em viatura de manutenção e emergência.

Os testes de campo foram realizados com a viatura se deslocando por diversas regiões abrangidas pela Agência Regional de Blumenau da CELESC, incluindo áreas onde a comunicação tradicional, via VHF, não estava disponível (sem cobertura). Estes testes foram realizados no decorrer de uma semana de atuação da equipe de manutenção responsável pela viatura, durante operação regular de atendimento de ordens de serviço de manutenção e emergência.

Na tabela III encontram-se as estatísticas do teste de campo realizado.

TABELA III  
ESTATÍSTICAS DO TESTE DE CAMPO

Velocidade média de transmissão via celular	44 Kbits/s	
Velocidade média de transmissão via satélite	19.2 Kbits/s (fixa)	
Taxa de sucesso de comunicação	100%	
Uso da comunicação celular	89%	
Uso da comunicação satélital	11%	
Percentual de conexão – Celular	1ª Tentativa	60%
	2ª Tentativa	35%
	3ª Tentativa	5%
Percentual de conexão – Satélite	1ª Tentativa	50%
	2ª Tentativa	35%
	3ª Tentativa	15%
Tempo disponível para comunicação via celular	75%	
Tempo disponível para comunicação via satélite	25%	
Tempo sem comunicação	6 min a cada 8 horas (médio)	
Tempo da comunicação via celular	5 seg (máximo)	
Tempo da comunicação via satélite	12 seg (médio)	
Tempo da comunicação via celular através de conversa on-line (chat)	3 seg (máximo)	
Tempo da comunicação via satélite através de conversa on-line (chat)	1 seg (máximo)	

A velocidade média de transmissão compreende a taxa de transmissão de dados entre o terminal de comunicação na viatura e o COD.

Taxa de sucesso de comunicação significa o percentual de vezes nas quais a comunicação entre a viatura e o COD, utilizando o sistema desenvolvido, foi bem sucedida.

Uso da comunicação celular/satélite demonstra o número de vezes na amostragem realizada nas quais foram utilizadas os meios de comunicação satélite e celular pelo sistema de comunicação digital.

O percentual de conexão envolve as taxas de sucesso de conexão em primeira, segunda e terceira tentativa de cada um dos meios utilizados.

Tempo disponível para comunicação engloba o percentual de tempo onde cada um dos meios poderia ser utilizado pelo sistema de comunicação digital. É de certa forma, uma medida da disponibilidade de uso do meio celular.

O tempo sem comunicação compreende os momentos nos quais nenhum dos meios de comunicação utilizados pelo sistema desenvolvido estavam disponíveis (áreas de sombra).

Já o tempo da comunicação envolve os tempos máximo (celular) e médio (satélite) gastos na comunicação entre a viatura e o COD.

Finalmente, o tempo de comunicação através de conversa on-line demonstra os tempos máximos gastos com a comu-

nicação utilizando o recursos de *chat* entre o técnico na viatura e o técnico no COD.

## VI. CONCLUSÕES

Neste artigo foi apresentado um sistema de comunicação digital que utiliza os meios de transmissão via celular e satélite a ser empregado para a comunicação entre o Centro de Operação da Distribuição e as viaturas de manutenção e emergência de uma concessionária de energia elétrica.

Tal sistema objetiva a melhoria do processo de comunicação entre estes setores, através da substituição do sistema de comunicação via rádio que apresenta diversos problemas destacando-se entre eles: a área de cobertura falha e o uso de linguagem por voz.

O sistema foi desenvolvido através da integração de módulos tais como: antena e modem satelital, módulo celular, sistema GPS e terminal de comunicação. Além disso, foram desenvolvidos programas de comunicação em linguagem C++ e Delphi.

Após a implementação e testes em laboratório, o sistema foi instalado em uma viatura da Agência Regional de Blumenau das Centrais Elétricas de Santa Catarina, onde foram realizados os testes de campo.

Dos testes realizados até o momento, pode-se observar um funcionamento adequado do sistema, em especial em áreas onde a comunicação por rádio era deficiente.

Destacaram-se nos testes realizados a rapidez na comunicação, sua confiabilidade e a simplicidade do sistema desenvolvido, o que permitiu sua utilização com facilidade pelos técnicos de manutenção.

Para validar de forma mais ampla a utilização do sistema, estão planejados testes de campo em um número maior de viaturas, bem como em outras regiões do Estado de Santa Catarina.

## VII. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as contribuições da equipe de informática (DPIN) da CELESC recebidas durante o desenvolvimento do sistema. Também agradece a colaboração do Engenheiro Anderson Vasques durante o processo de implementação laboratorial e testes de campo.

## VIII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ALADWANI, Adel M. Implications of some of the recent improvement philosophies for the management of the information systems organization. *Industrial management & Data Systems*, 1999, Pag. 33-39, MCB University Press.
- [2] BERNAL F<sup>o</sup>, Huber. Comunicações de Dados. Tutorial. Disponível em: [http://: www.teleco.com.br](http://www.teleco.com.br) . 2003.
- [3] DIAS, Kelvin L., SADOK, Djamel F. H. Internet Móvel: Tecnologias, Aplicações e QoS. 19<sup>o</sup> Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores. Maio de 2001 Florianópolis - Santa Catarina.
- [4] HUGUENEY, Carlindo. Comunicação via Satélite. Tutorial. Disponível em: <http://: www.teleco.com.br>. 2003.
- [5] LEEK, Colin. Information systems frameworks and strategy. *Industrial Management & Data Systems*, 1997, Pag. 86-89, MCB University Press.
- [6] NASSIF, Lilian N. Internet via Satélite: as expectativas da comunicação em banda larga e as implicações tecnológicas. *Revista IP - Informática Pública*, ano 3, n<sup>o</sup> 2, dezembro de 2001.
- [7] ORTOLANI, Luiz F. B. M-Government: Casos do Paraná e Potencial Uso no Setor Público no Brasil. Artigo publicado no site <http://www.pr.gov.br> em abril de 2002.
- [8] SANTOS, Myrna C.M., Xexéo, José A.M., Rezende, José F. Análise Formal de Protocolos de Segurança para Redes Celulares. IV Workshop de Comunicação sem Fio e Computação Móvel - WCSF2002 - SP - 23 a 25 de outubro de 2002.
- [9] SOUZA, José L. Telefonía Celular no Brasil. Tutorial. Disponível em: <http://: www.teleco.com.br>. 2003.
- [10] WISINTAINER, Miguel A., Einsfeld, Gari J. Automação da Coleta de Níveis Fluviais. XI SEMINCO - Seminário de Computação - Universidade Regional de Blumenau - Setembro de 2002.
- [11] WISINTAINER, Miguel A., Marques, Luís C. C. Utilizando a Internet para Experimentos com o Microcontrolador BASIC-52. VI SEMINCO - Seminário de Computação - Universidade Regional de Blumenau - Setembro de 1997.