



**XX SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0
22 a 25 Novembro de 2009
Recife - PE

GRUPO XV

**GRUPO DE ESTUDO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E TELECOMUNICAÇÃO
PARA SISTEMAS ELÉTRICOS - GTL**

SISTEMA INTEGRADO DE COLETA DE DADOS VIA REDE GPRS

**Helmut Alexander Riegg(*)
CEMIG Distribuição S.A.**

RESUMO

A monitoração “*real time*” dos sistemas constituídos por linhas de transmissão, subestações e redes de distribuição, gerenciados por sistemas SCADA, viabiliza a implementação de ferramentas computacionais para diagnosticar faltas, detectar os defeitos e solucioná-los rapidamente, reduzindo o tempo de interrupção. A comunicação feita predominantemente por linha discada, um recurso que apresenta diversos inconvenientes (queimas de *modems* por transientes elétricos, falhas nas conexões, etc.) está sendo substituída por *modems* GPRS (e *software* embarcado) aumentando a cobertura e a capacidade de comunicação. Nesse sistema diversos dispositivos registradores podem ser utilizados, atendendo a uma demanda crescente de telemetria nos processos da empresa.

PALAVRAS-CHAVE

Celular, GPRS, RDP, Telemetria, SCADA

1.0 - INTRODUÇÃO

Com o sistema elétrico brasileiro cada vez mais competitivo e exigente, seja através do seu agente regulador, a ANEEL, e ou dos próprios clientes do setor elétrico (com a adoção de contratos cada vez mais ousados e “punitivos” às distribuidoras e transmissoras), torna-se necessário a adoção de recursos e ferramentas mais modernas nos centros de controle e nas áreas de engenharia do sistema elétrico.

Atendendo à crescente demanda por uma operação mais eficiente do Sistema Elétrico, a tecnologia de automação da rede de distribuição e linhas de transmissão cria mais alternativas e flexibilidades para os Centro de Operação da Distribuição e do Sistema Elétrico – COD e COS, seja no atendimento às ocorrências, seja nos serviços programados em sua rede, incluindo também as áreas de engenharia, na gerência e controle dos dados dos pontos automatizados. Essa automação reduz consideravelmente os índices de interrupção e agiliza o atendimento a clientes.

A monitoração em tempo real desses sistemas viabiliza a implementação de ferramentas computacionais para diagnosticar faltas, verificando também, além da causa da falha, se o comportamento dos dispositivos de proteção foi adequado. Engenheiros contam também com informações coletadas pelos oscilógrafos, ou pelos registradores digitais de perturbação (RDP). Este conjunto de dados é essencial para a avaliação da operação da proteção.

Com o investimento cada vez maior na área de automação de rede de distribuição e transmissão, ampliando o parque atual de equipamentos de rede automatizados, o setor de telecomunicações da CEMIG desenvolveu uma solução de comunicação de telefonia celular GSM, via serviços GPRS (*General Packet Radio Service*), conectados diretamente aos Centros de Controle e seu software SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*).

Essa solução apresenta baixo custo operacional e baixo índice de manutenção, oferecendo o transporte de dados via TCP/IP, utilizando protocolos diversos. O sistema também permite que diversos outros dispositivos

coletores/registadores de dados (*datalogger*) possam ser utilizados, atendendo a uma demanda crescente de telemetria nos processos da empresa. O sistema foi chamado então de: Sistema Integrado de Coleta de Dados via Rede GPRS, atendendo não somente ao “Sistema de Análise de Perturbações da CEMIG” (SAPNET), como a outras aplicações associadas ao monitoramento de linhas de transmissão e redes de distribuição. O objetivo do trabalho proposto é detalhar o projeto apresentado acima, destacando a implementação da solução e os benefícios advindos do mesmo para a CEMIG, bem como sua experiência atual nessa área.

2.0 - SITUAÇÃO E DEMANDAS

Com uma rede de distribuição e linhas de transmissão de grandes proporções a tarefa de fornecer energia e manter o serviço disponível torna-se extremamente complexa. Falhas na rede ocorrem e podem ser causadas por diversos eventos. Dispositivos de proteção são inseridos no circuito da rede para protegê-la nos momentos de falha. A maioria dos defeitos que atingem a rede são transitórios, ou seja, ocorrem por um pequeno instante. Os “religadores automáticos” são amplamente utilizados pois são capazes de diferenciar um defeito permanente de um transitório. Esses são constituídos de chaves controladas eletricamente e submersas em óleo, gás ou a vácuo, que são ligadas em série ao circuito, podendo interrompê-lo temporariamente. Através da medição de corrente em seus terminais, o religador detecta o defeito (falta ou curto-circuito) e dispara rapidamente o mecanismo que abre o circuito. Após algum tempo, o circuito é fechado novamente e esse processo de abrir e fechar pode se repetir várias vezes. Se o defeito continuar após várias tentativas, o religador abrirá definitivamente, isolando a parte defeituosa do sistema. Mas, para o serviço operativo da CEMIG, isso não é o suficiente. Seria melhor se, na ocorrência de uma falha, fosse possível identificá-la, localizá-la para então tomar as medidas de reparação. Essa mesma demanda ocorre no caso de linhas de transmissão.

2.1 Linhas de Transmissão

Com o objetivo de localizar e diagnosticar faltas, verificando também, se o comportamento dos dispositivos de proteção foi adequado, foi criado o Sistema de Análise de Perturbações da CEMIG (SAPNET). Nele, todas as informações de RDPs são coletadas e analisadas, gerando relatórios para a correta gerência do sistema elétrico. De forma resumida, o processo de localização de faltas em Linhas de Transmissão (LT) apresenta as seguintes etapas:

- a). Coleta dos registros de oscilógrafos, RDP, Relés digitais (via rede corporativa, telefonia ou celular);
- b). Análise e Localização da Falta (através de algoritmos computacionais);
- c). Inspeção da área indicada na análise pela Equipe de Linha.



FIGURA 1 – Exemplo de equipamento RDP montado em uma Subestação.

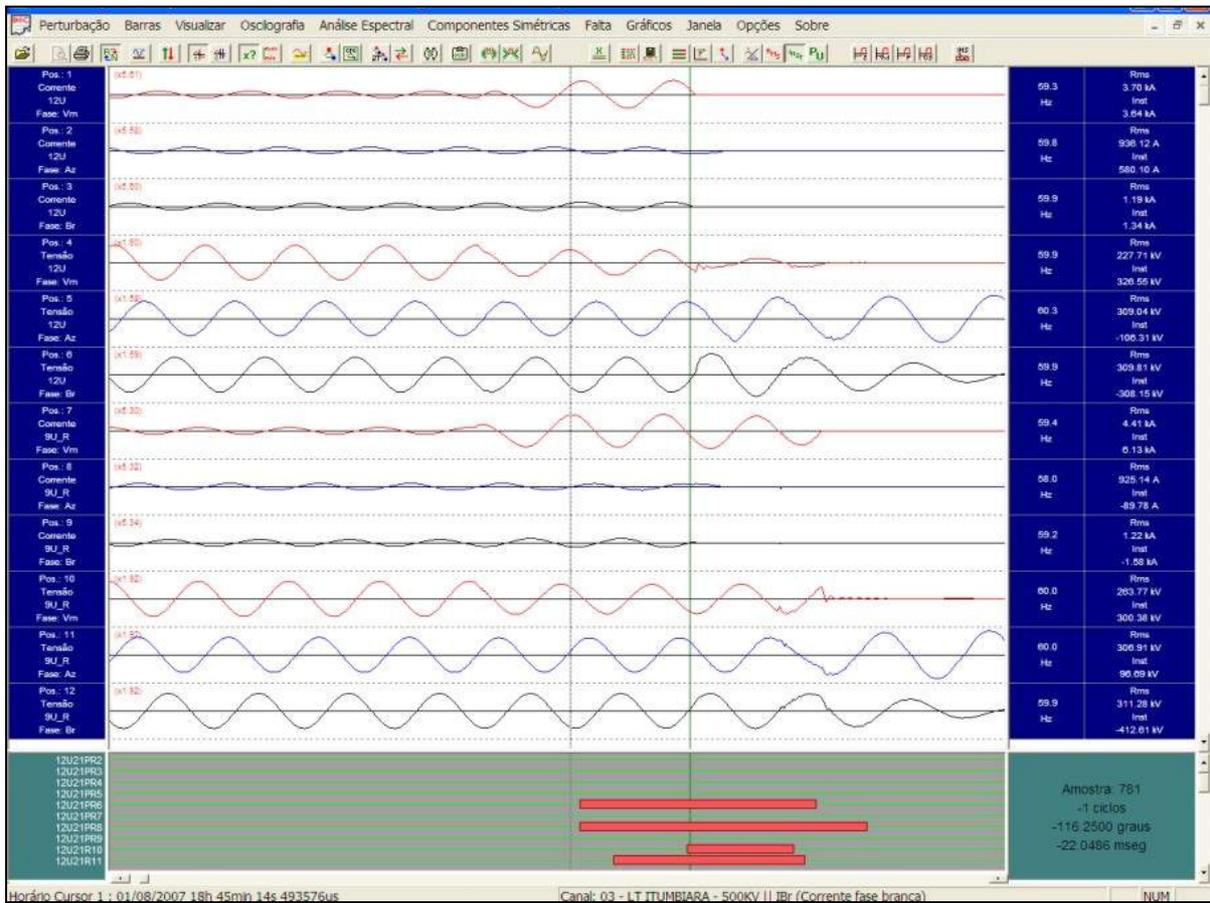


FIGURA 2 – Tela com a oscilografia de uma perturbação.

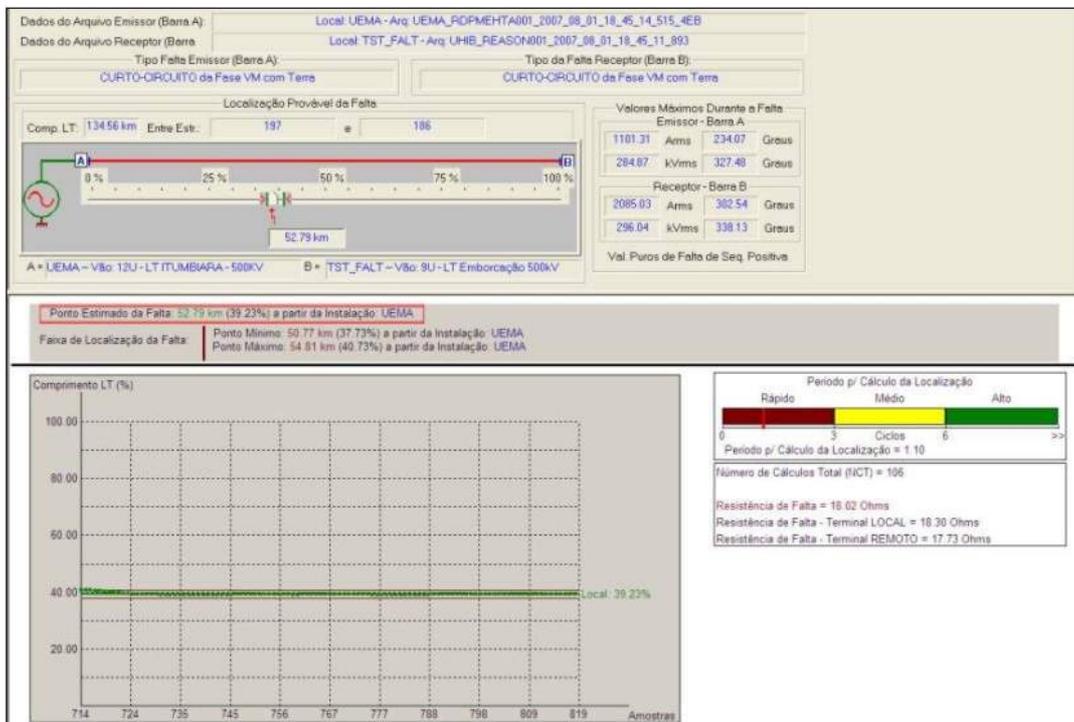


FIGURA 3 – Tela com o resultado da Localização de Falta.



FIGURA 4 – Foto da área queimada sob a estrutura 195 da LT.

Tabela 1 – Relatório de Inspeção indicando o ponto de falta e a causa da perturbação

Resultado de inspeção após ocorrência								
Dados da ocorrência		LT/LI:	Emborcação - Itumbiara		Data:	01/08/07	15:45 hs	
Indicação RDP		Dados coletados no Setor	Trecho Percorrido pela Equipe		Localização do Ponto			
	Km	Estrutura + próxima		Km	Ponto Encontrado:	Km	Tipo de inspeção:	
Mínimo	46,000	209	Estrutura	206	45,650	197	50,710	Terrestre
Provável			a					
Máximo	76,000	139	Estrutura	139	76,180	193	52,378	
A partir de	Emborcação		Resultado/Observações/Detalhes da inspeção:					
Fase	Verm./Terra		Realizada inspeção detalhada e foi encontrado queimada sob a faixa de servidão no vão 193 a 197. Há marcas de curto nos cabos, sem danos aos mesmos.					
Impedância	Alta							
Tempo Limpo			Informações importantes:					
			Um fazendeiro ateou fogo para preparar o solo para plantar, perdeu o controle do fogo, que veio a atingir a faixa de servidão. Feito o B. O.					

Atualmente a comunicação dos servidores instalados na área de engenharia de proteção com os RDPs no campo é feita em sua maioria através de linha discada. Este recurso apresenta diversos inconvenientes como a baixa velocidade de comunicação, alto índice de queima de *modems* nas subestações (devido aos transientes elétricos), falhas nas conexões, etc..

2.2 Redes de Distribuição

Até então, a CEMIG recebia reclamações dos consumidores sobre a falta de energia para então deslocar uma equipe, muitas vezes a mais de 50 Km de distância, para finalmente realizar o serviço de localização e de reparo da rede, o que leva tempo significativo, causando prejuízos para ambos os lados.

Uma sequência de defeitos transitórios, como os ocasionados por ventos durante uma tempestade, podem exaurir as tentativas de religação do circuito. Até mesmo a própria carga do sistema em horários de pico podem ocasionar a atuação do religador.

Seria necessário então informar em tempo real ao Centro de Controle da Rede de Distribuição (COD) quando e qual equipamento de proteção atuou. Também seria importante permitir reiniciar o ciclo de atuações do religador de forma remota.

A primeira tentativa de solucionar esse problema foi através de um sistema de rádios UHF instalado nas chaves seccionadoras e religadores. Os rádios transmitem através de estações repetidoras da CEMIG (instaladas em pontos estratégicos de Belo Horizonte) as informações da rede e as ocorrências de falha para o COD.

Embora a topografia extremamente irregular da cidade não ajudasse na cobertura de rádio, um grande passo havia sido dado na solução do problema, pois já era possível saber da ocorrência de eventos em tempo real, além de sua localização. Essa solução apresenta um custo elevado, pois requer investimentos em infra-estrutura de rádio.

Com o advento e a expansão da rede de telefonia celular foi possível dar mais um passo na solução desse problema. Passou-se a utilizar celulares TDMA equipados com “cabos de dados” ligados ao Religador. Através de uma conexão discada (CSD) com velocidades baixas (4800bps) é possível trocar informações com o equipamento remoto.



FIGURA 5 – Religador de energia utilizando celular TDMA.

Essa solução permitiu aumentar a cobertura do sistema de automação, mas apresentou vários problemas: O celular convencional não é adequado para uso em ambiente externo e sofreu travamentos por diversos motivos, como temperatura e flutuação na alimentação de energia. Mesmo com o uso de *modems* celulares, o serviço TDMA sofreu interrupções devido à “clonagem” dos aparelhos. Também ocorriam queimas das placas “discadoras” que eram dispositivos que acionavam o celular, fazendo a discagem do número do modem do COD.

3.0 - REDE GPRS E SUAS CARACTERÍSTICAS

O setor de telecomunicações da CEMIG desenvolveu então uma solução de comunicação utilizando *modems* GPRS com inteligência (*software*) embarcada. Essa tecnologia possibilitou grandes avanços para diversas áreas da empresa, aumentando a cobertura e a capacidade de comunicação. Não foram mais necessários equipamentos extras, como as discadoras atreladas aos celulares, e os aparelhos utilizados nesta solução são imunes à clonagem.

Na tecnologia GSM, a conexão pode ser discada (CSD - *Circuit Switched Data*) ou via serviço GPRS (*General Packet Radio Service*), no qual a comunicação se estabelece quando o *modem* se conecta (utilizando protocolos TCP/IP) a um servidor na CEMIG através da rede da Operadora Celular. Neste servidor existe um *software* específico para o controle da comunicação e através dele é feita a integração ao Sistema SCADA. A Figura 6 mostra um exemplo dessa aplicação com religadores de energia.

Um *software* (instalado na memória do *modem*) é responsável por todo o processo de comunicação, providenciando a conexão TCP/IP aos servidores do sistema SCADA que supervisionam e controlam a rede de distribuição.



FIGURA 6 – Religador de Energia utilizando modem GPRS.

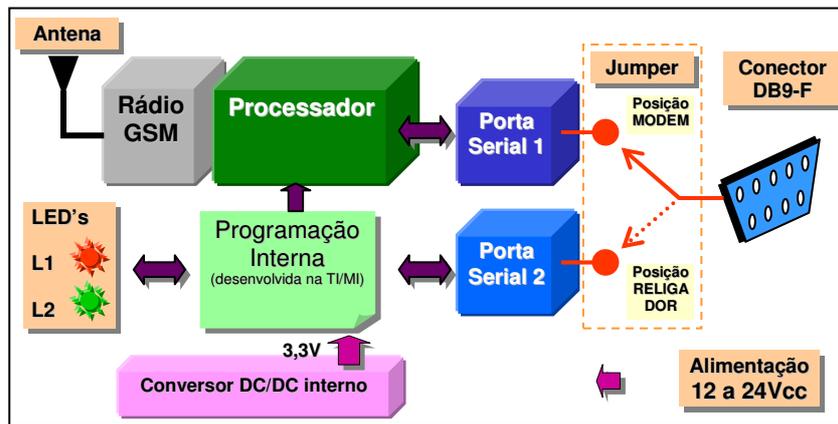


FIGURA 7 – Diagrama de blocos do modem utilizado pela CEMIG.

3.1 Obstáculos ou desafios

Desde o princípio de sua utilização na CEMIG, constatou-se que a rede GPRS apresenta características bem diferentes das redes proprietárias. O sistema que comunica via rádio dedicado apresenta um índice de indisponibilidade muito menor do que os sistemas celulares.

Tabela 2 – Comparação entre tecnologias

SISTEMA	Celular TDMA	Celular GSM	Rádio UHF (próprio)
Comunicação de dados	Somente CSD	CSD e GPRS	Canal dedicado ou compartilhado (<i>polling</i>)
Taxas	4800bps	9600bps/>30kbps	9600bps
Características	Possuía maior cobertura na fase inicial do projeto; Paga-se pelo minuto de conexão.	Em GPRS, permite conexão contínua (24h); Paga-se pelo <i>kilobyte</i> trafegado.	Requer infraestrutura (repetidores); Alta disponibilidade; Sem custo mensal.
Desvantagem	Serviço público	Serviço público	Custo de investimento

A rede celular é um serviço público e sofre variações na disponibilidade de canal ao longo do dia e também dependendo do local.

A transmissão dos dados ocorre em rajadas (*burst*) e apresenta uma latência significativa para o seu uso em aplicações de tempo real.

As operadoras celulares atuam em sua rede, alterando configurações, sem divulgar informações prévias aos clientes. Isso significa que o serviço pode ficar indisponível por diversos motivos.

O reposicionamento de antenas e a concentração variável de clientes em momentos específicos (locais de jogos, Shopping Centers, cidades turísticas, etc.) afetam a qualidade e disponibilidade da comunicação.

Por diversas vezes, também constatou-se o travamento dos *modems*, ficando estes impossibilitados de se conectar ao servidor. O travamento ocorre em sua maioria por problemas na rede e não no dispositivo ou no programa interno do *modem*. A solução empregada foi a utilização de “reset” via *software*, quando este detecta que a comunicação não é efetivada. Também foi implementado um *reset* via mensagem SMS (*Short Message Service*).

3.2 Critérios para Implantação

A CEMIG já possui mais de 400 *modems* celulares em uso, principalmente com religadores de energia e chaves seccionadoras em diversas localidades no Estado.

Para a implementação do sistema, foram criados procedimentos para facilitar a identificação dos melhores locais onde o *modem* GPRS poderá funcionar.

Critérios para a escolha do tipo de antena (Figura 8a):

- Em muitos casos (enlace até 5km): Omnidirecional;
- Direcional (Yagi ou “espinha de peixe”) com ganhos entre 12 e 14dB, somente quando:
 - ✓ O local do religador tem “visada” para a torre da BTS (*Base Transceiver Station*), mas está muito distante (enlace > 5km);
 - ✓ O local do religador tem “visada” para muitas BTS ao mesmo tempo e precisa-se selecionar apenas uma delas.
- Não é aconselhável:

- × utilizar antenas maiores que 1,2m (alto ganho: 20dB);
- × utilizar antenas direcionais quando o religador está captando um sinal refletido somente!

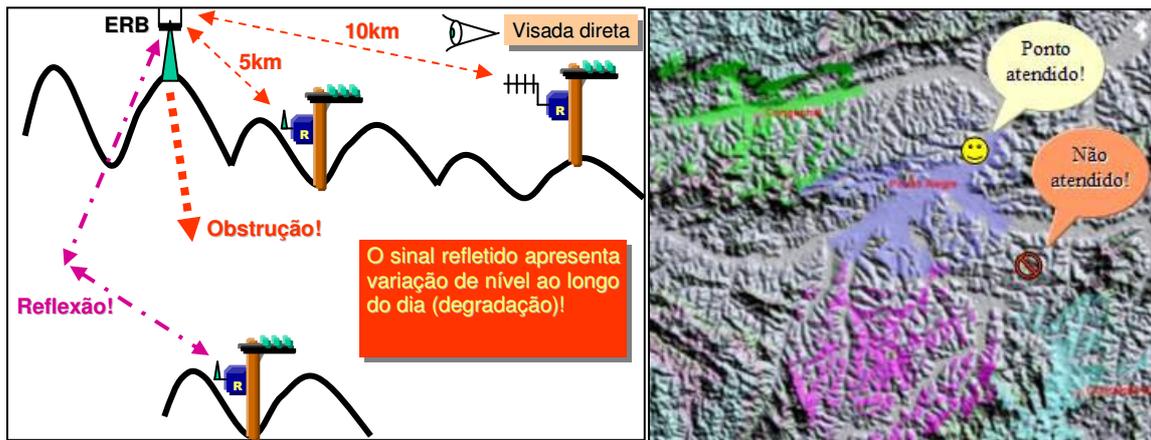


FIGURA 8 – Exemplo de instrução quanto a escolha e instalação de antenas celulares e estudo de cobertura.

Um estudo de cobertura é feito, considerando a posição das Estações Base Celulares (BTS) e o relevo do terreno, bem como as posições dos religadores.

Uma instrução auxilia a própria equipe de Manutenção da Automação da Rede a instalar os equipamentos, indicando qual o tipo de antena (omnidirecional ou direcional) deve ser utilizado.

No mapa acima (Figura 8b) temos um exemplo de estudo de cobertura, onde as manchas coloridas representam as áreas prováveis de presença de sinal. Se não houver nenhuma obstrução física (de árvores, prédios, etc.) existe grande probabilidade de se ter um nível de sinal RF aceitável.

A cobertura depende, entre outras coisas: do relevo do terreno, da frequência e da sensibilidade do modem celular.

3.3 Inovações

Para garantir a maior segurança da solução, a CEMIG se utiliza de um *link* dedicado entre a operadora celular e a sua rede. Toda a comunicação que se utiliza de GPRS não deve trafegar pela Internet. Apesar de proporcionar um custo maior, esta solução elimina a possibilidade de invasões, além de minimizar a indisponibilidade da conexão. A utilização de *modems* embarcados dentro da Unidade de Controle do Religador é a principal inovação presente nesse projeto. Os *modems* embarcados tem a capacidade de carregar uma “inteligência” dentro deles. Essa “inteligência” é possível porque seu processamento interno tem capacidade de executar programas (*softwares*) carregados na sua memória, tornando os *modems* capazes de tratar informações e tomar atitudes a partir de certos eventos.

Outra vantagem é a de se ter uma solução desenvolvida por pessoal da própria CEMIG com a possibilidade de customização e rápida atuação nos momentos onde se identifica um problema.

Uma característica da automação de equipamentos na CEMIG é que 90% utiliza um protocolo de comunicação diferente do IP, como por exemplo RP570, IEC870, DNP3.0, e outros. Com o uso dos modems GPRS é possível transportar esses protocolos em uma mesma rede de pacotes IP.

É importante salientar que o uso dos protocolos acima, originalmente criados para redes com baixa latência, sem uma correta adequação, apresentam problemas com a geração de alarmes indevidos de “falha de canal de comunicação”. Quando o sistema SCADA interroga o equipamento remoto e este demora para responder, é gerado um alarme do tipo “fora de linha”, sem no entanto, a comunicação estar indisponível.

É fundamental então o uso de um equipamento (*hardware* e *software*) que mantenha uma supervisão e gerenciamento de todos os equipamentos GPRS, gerando relatório de desempenho e disponibilidade do sistema. A grande maioria dos produtos GPRS disponível no mercado não apresentam esta funcionalidade e requerem o seu desenvolvimento em separado.

O conhecimento adquirido com a experiência no uso dessa tecnologia com religadores permitiu a sua aplicação em outros sistemas da empresa, como a coleta de dados de sistemas de telemetria e monitoração. A customização do *software* interno do modem GPRS permitiu adequá-lo às demandas de outras áreas da empresa.

4.0 - CONCLUSÃO

Baseado na experiência inicial, o projeto foi considerado satisfatório e hoje há mais de 400 religadores conectados via celular, além de outros dispositivos que estão prontos para entrar em operação, como por exemplo, os localizadores de falta (dispositivos que auxiliam na identificação de curto-circuito na rede) e RDPs. Um novo contrato está em andamento e prevê a implantação de mais de 1000 *modems* GPRS em todo o Estado.

Essa solução, além de agregar uma série de valores à prestação do serviço da CEMIG, cumpre seu principal

objetivo que é o de deixar o menor número de consumidores sem energia elétrica pelo menor tempo otimizando todo o aparato operacional da empresa.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) SonyEricsson – “GR64 Integrators Manual - R4” de Abril/2007

(2) Teleco.com – “Seção: Tutoriais Telefonia Celular” – disponível em: < <http://www.telecom.com.br> > - acessado em 10/03/2009

6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Helmut Alexander Riegg

Nascido em Contagem, MG em 20 de março de 1972.

Graduação (1998) em Engenharia Industrial Elétrica: CEFET-MG.

Empresa: CEMIG, desde 1997.

Engenheiro de Projetos de Telecomunicações na Superintendência de Telecomunicações.