

## **INTEGRANDO ESCOLA E EMPRESA ATRAVÉS DO TCC: TELE SUPERVISÃO REMOTA DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA EMPREGANDO *WEB SERVICES* E TECNOLOGIA GPRS**

**Reginaldo Steinbach** – reginaldo@nersd.org  
Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina, Departamento Acadêmico de Eletrônica, Núcleo de Engenharia de Redes e Sistemas Distribuídos  
Avenida Mauro Ramos, 950  
88020-300 – Florianópolis - SC

**Roberto Alexandre Dias** – roberto@cefetsc.edu.br

**Igor Thiago Marques Mendonça** – igor@nersd.org

**Renato Borba Rolim** – renatobr@celesc.com.br  
Centrais Elétricas de Santa Catarina (CELESC)  
DVOD - Divisão de Operação da Distribuição  
Av. Itamaraty, 160  
88034-900 – Florianópolis – SC

**Luiz Fernando Teixeira** – luiz@w2bnet.com.br  
W2B Comunicações LTDA  
Rua Tenente Silveira, 293  
88000-000 – Florianópolis - SC

***Resumo:** Este documento apresenta o desenvolvimento de um trabalho de conclusão de curso, realizado através da integração entre a escola e a empresa. Esta integração, resultou no desenvolvimento de um protótipo de tele supervisão de dispositivos da rede de distribuição de energia elétrica empregando *Web Services* e tecnologia GPRS, como parte integrante de um projeto de pesquisa e desenvolvimento da CELESC/ANEEL em parceria com a empresa W2B Comunicações LTDA. Neste trabalho será apresentado o desenvolvimento de um protótipo de sistema de tele supervisão de transformadores de distribuição de média e baixa potência utilizando tecnologia GPRS. Ao final do trabalho são apresentados os resultados obtidos com o desenvolvimento do hardware protótipo, os impactos operacionais da proposta nas atividades da concessionária de distribuição de energia elétrica e as possibilidades de projetos futuros.*

***Palavras-chave:** Microcontroladores, EZ80F91, GPRS, *Web Services*, Tele Supervisão*

### **1 INTRODUÇÃO**

O desenvolvimento científico e tecnológico que está se vivenciando nesses últimos tempos tem exigido uma reformulação na maneira como são formados os profissionais de nível superior. A exigência por um profissional que corresponda às reais necessidades do mercado e com uma formação focada em uma determinada área de atuação, abriu espaço para

o surgimento dos cursos de tecnologia, definidos a partir do Decreto Federal nº 2.208/97 (BRASIL, 2007).

A eletrônica digital vem sendo utilizada cada vez mais como base dos produtos, criando assim novas possibilidades de aplicações e soluções. O foco do Curso Superior de Tecnologia de Sistemas Digitais, centrado na aplicação de processadores digitais, além de garantir oportunidades de inserção no mercado para seus egressos, apresenta um perfil complementar aos demais cursos superiores do setor eletrônico oferecidos na região, que tem suas propostas focadas respectivamente em Sistemas Digitais para as áreas de atuação de: automação industrial, telecomunicações e comunicação de dados.

A estrutura curricular do Curso Superior de Tecnologia em Sistemas Digitais está baseada nas tecnologias disponíveis no mercado, como por exemplo: dispositivos lógicos programáveis, sistemas elaborados a partir de microprocessadores, microcontroladores, processadores digitais de sinais, além da base conceitual e prática de lógica discreta, estruturas amplificadoras e acionamentos eletro-eletrônicos. A formação não se restringe a área tecnológica, passa também pela gestão tanto do conhecimento e recursos humanos quanto pela gestão empreendedora. Desta forma o perfil do egresso está diretamente ligado ao desenvolvimento na forma de concepção, elaboração, teste e depuração de sistemas digitais baseados em eletrônica, aplicação na forma de interpretação e aplicação de conhecimentos para a manutenção do funcionamento destes sistemas e empreendimento na percepção e interpretação de oportunidades para a aplicação de produtos ou serviços baseados em sistemas digitais.

O trabalho de conclusão de curso abordado por este artigo (STEINBACH, 2007) surgiu a partir do convite feito ao autor deste artigo, então aluno do Curso Superior de Tecnologia em Sistemas Digitais, pelo professor da disciplina de microprocessadores e coordenador do Núcleo de Engenharia de Redes e Sistemas Distribuídos (NERsD), núcleo de pesquisa vinculado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina (CEFET/SC), para participar como bolsista no desenvolvimento do projeto intitulado GPRSenergia (DIAS, 2005), projeto este financiado em parte pela concessionária de energia local e em parte por uma empresa privada, que tinha como objetivo “desenvolver e implementar um sistema de supervisão de falhas em tempo real em transformadores, empregando tecnologia GPRS.” O convite foi aceito e em abril de 2005 iniciou-se o desenvolvimento do projeto.

Juntamente com o Projeto GPRSenergia, o NERsD estava desenvolvendo o projeto SLAenergia (DIAS, 2004) que tinha por objetivo: “desenvolver um sistema para o gerenciamento dos dispositivos que compõem um sistema de distribuição de energia, a fim de que possa ser implementado um modelo de gestão de contratos de nível de serviço para o setor de distribuição de energia elétrica, os chamados 'Service Level Agreements' (SLAs), de forma similar ao já adotado por empresas de telecomunicações.” O desenvolvimento conjunto destes projetos permitiu a visualização de um modelo de gestão para o setor elétrico e fez com que um fornecesse subsídio para o desenvolvimento do outro. Assim o modelo de gestão foi desenvolvido pelo projeto SLAenergia e o hardware de tele supervisão, necessário para a implementação deste modelo, desenvolvido pelo projeto GPRSenergia.

As instituições parceiras no desenvolvimento deste projeto foram: a concessionária de energia elétrica local, Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A. (CELESC), o NERsD e a W2B Comunicações LTDA.

O NERsD é um grupo de pesquisa e desenvolvimento do CEFET-SC, atuando em vários projetos na área de redes de computadores, sistemas distribuídos e sistemas embarcados. A W2B Comunicações LTDA, é uma empresa do ramo soluções de integração de redes de comunicação sem fio, atuando também na área de pesquisa e desenvolvimento na tele supervisão de dispositivos através da Internet. A CELESC é empresa estatal, de economia mista, concessionária de distribuição, transmissão e geração de energia elétrica no estado de

Santa Catarina.

O objetivo deste trabalho é apresentar o desenvolvimento de um protótipo de tele supervisão para o sistema de distribuição de energia elétrica utilizando Web Services e GPRS. Para tanto, são apresentadas as principais bases tecnológicas utilizadas no desenvolvimento deste trabalho: microcontroladores, Web Service, GPRS e o microcontrolador eZ80F91 utilizado como base para o desenvolvimento do protótipo.

## 2 CONCEITOS BÁSICOS

### 2.1 Microcontroladores

A tecnologia de microcontroladores evoluiu intensamente nas últimas décadas. Pode-se encontrar sua utilização em diversos equipamentos eletrônicos presentes no dia a dia, devido à necessidade de miniaturização dos produtos eletrônicos.

A definição mais apropriada para microcontroladores é que são circuitos integrados (CI's) com alta densidade de integração que possui, em um único chip, os componentes necessários para realizar o controle de processos lógicos (ZELENOVSKY; MENDONÇA, 2006).

Segundo Usategui e Martínez (2003) um controlador é o dispositivo que é empregado no controle de um ou mais processos. Este conceito tem permanecido inalterado através do tempo, porém, sua implementação física tem variado freqüentemente. Há algumas décadas, os controladores eram construídos apenas com componentes discretos, montados em uma placa de circuito impresso, e composto por uma unidade de processamento lógico e diversos componentes de periferia como: chips de memória, portas de entrada/saída, relógios de tempo real, etc.

Devido aos avanços tecnológicos, estes dispositivos puderam ser integrados em um único chip, recebendo então o nome de microcontrolador, o que proporcionou o surgimento dos chamados System on Chip (SoC) ou Sistemas em um único chip.

Os principais componentes dos microcontroladores são:

- Unidade central de processamento (CPU);
- Memória de programa;
- Módulos para controle de periféricos (Temporizadores, Portas Seriais, Portas de Entrada e Saída, conversores analógico/digital (A/D), conversores digital/analógico (D/A), etc);
- Circuito gerador de clock.

Devido ao seu tamanho reduzido dos microcontroladores, na maioria das vezes é possível montar o controlador no próprio equipamento a ser controlado, neste caso, o controlador recebe o nome de controlador embarcado (embedded controller) (USATEGUI; MARTÍNEZ, 2003).

Nos microcontroladores a memória de instruções e dados está inclusa no próprio chip. A parte não volátil desta memória (ROM - Read Only Memory ou Memória Apenas de Leitura) contém as instruções que controlam a aplicação. Na outra parte (RAM - Random Access Memory ou Memória de Acesso Aleatório), memória volátil, são guardadas as variáveis e dados utilizados no programa.

#### *Aplicações dos microcontroladores*

Cada vez mais, os microcontroladores são embarcados nos produtos com a finalidade de aumentar suas funcionalidades, reduzir tamanho e custo, melhorar sua confiabilidade e diminuir consumo. São utilizados: na fabricação de jogos eletrônicos, eletrodomésticos, produtos de áudio e vídeo e computadores; em produtos de instrumentação eletrônica e

controle de sistemas. Tem se popularizado, também, na indústria automobilística.

Existe uma grande diversidade de microcontroladores, e a sua principal classificação dá-se pelo tamanho da palavra de dados, que pode ser de 4, 8, 16 ou 32 bits. Os microcontroladores de 16 e 32 bits possuem mais vantagens e são superiores aos de 4 e 8 bits, porém, os microcontroladores de 8 bits dominam o mercado, devido à que, a maioria das aplicações, não necessita de dispositivos mais potentes e conseqüentemente mais caros.

Os microcontroladores de 32 bits tem se popularizado em aplicações de processamento de imagens e áudio, comunicações, aplicações militares e dispositivos de armazenamentos de dados.

### ***Critérios de seleção***

No momento de optar por um microcontrolador em um projeto, existe uma série de fatores a serem considerados, como: documentação, ferramentas de desenvolvimento disponíveis, preço; além das características do microcontrolador: tipo de memória de programa, número de temporizadores, interrupções entre outros.

Com relação ao custo, os fabricantes de microcontroladores competem duramente para vender seus produtos. Pois, a redução de alguns centavos em uma unidade, pode representar uma grande redução no custo final do produto, quando produzido em escala.

Antes de selecionar um microcontrolador é importante analisar os requisitos da aplicação a ser desenvolvida:

- Processamento de dados: Qual a velocidade de processamento exigida pela aplicação e qual o tamanho das palavras de dados que serão processadas;
- Entrada e Saída: Quantas portas de entrada e saída são necessárias para a aplicação, qual a necessidade de corrente de saída em tais portas.
- Consumo: Aplicações alimentadas por baterias precisam de componentes de baixo consumo, ou que possuam rotinas de economia de energia.
- Memória: Para se conhecer a necessidade de memória do sistema, devemos separala em: memória volátil, memória não volátil e memória não volátil que possa ser modificada.

## **2.2 GPRS**

As redes GSM (Global System for Mobile Communications) são excelentes para chamadas de voz, porém são limitadas quando se necessita receber e transmitir dados. A rede GSM utiliza para transmissão de dados a tecnologia denominada comutação a circuito (CSD – Circuit Switched Data). Desta forma, a transmissão dos dados é feita realizando-se a comutação de um circuito telefônico, semelhante a uma conexão discada, fazendo com que, a cobrança seja realizada sobre o tempo de conexão, a taxa de transmissão seja limitada em 9,6 kbits/s (kbps) (WHAT..., 2007).

O GPRS (General Packet Radio Service) é um método que permite a transmissão de dados mais rápida sobre o GSM, tipicamente entre 32 e 48 kbps. O GPRS possui o conceito de “always on” (sempre ativo), pois, pelo fato de não se estabelecer um circuito telefônico para se fazer a transmissão dos dados, a conexão pode ficar sempre ativa e cobrança é realizada sobre o volume de dados trafegados. O GPRS faz parte de uma série de tecnologias, desenvolvidas para permitir que as redes 2G alcancem a performance de redes 3G. Estas tecnologias são conhecidas como 2.5G e inclui também tecnologias como HSCSD (High Speed Circuit Switched Data) e EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution) (WHAT..., 2007).

A principal característica das redes 3G é a transmissão de grandes volumes de dados a altas velocidades (até 2Mbps), habilitando o uso de aplicações como vídeo conferências, downloads de vídeo, navegadores web, email, etc.

### ***Classes GPRS***

As classes dos terminais GPRS determinam a velocidade com que os dados serão transmitidos. Tecnicamente a classe se refere ao número de timeslots disponíveis para upload e download. Os timeslots utilizados para transmitir dados diminuem os timeslots reservados para chamadas de voz. Estes timeslots estão disponíveis de forma simultânea, quanto mais slots forem utilizados maior será a velocidade de transmissão. Como no GPRS a transmissão é feita em pacotes de dados, os timeslots não são utilizados durante todo o tempo, e podem ser compartilhados por vários usuários da rede. Essa é a principal razão para a cobrança ser realizada sobre os dados trafegados e não sobre o tempo de conexão.

## **2.3 Web Services**

Web Services são serviços disponíveis através da Internet, que utilizam o padrão XML (Extensible Markup Language) para troca de mensagens, independente do tipo de Sistema Operacional ou linguagem de programação (CERAMI, 2002). Proposto inicialmente pela Microsoft, adotado e regulamentado pela The World Wide Web Consortium (W3C), os Web Services fornecem padrões abertos para a comunicação entre aplicações de diferentes plataformas.

### ***Implementação***

Sua implementação pode ser realizada em qualquer linguagem de programação que tenha habilidade de se comunicar através da Internet. Uma das principais vantagens dos Web Services é permitir que diferentes linguagens de programação, em diferentes plataformas de desenvolvimento, possam se comunicar através de padrões abertos e bem definidos (WOLTER, 2001). Todos os protocolos de Web Services foram criados a partir das definições do XML.

Esse tipo de integração não é novidade na Web, programas CGI (Common Gateway Interface) e Java servlets, há muitos anos vem sendo utilizados para comunicar aplicações. A diferença crucial é que estas implementações são consideradas soluções ad hoc, ou seja, proprietárias eram desenvolvidas para aplicações específicas e praticamente sem portabilidade. Com o conceito de Web Services temos a promessa de alguma padronização, chegando mais próximo da integração de aplicações (CERAMI, 2002).

### ***Protocolos***

O SOAP (Simple Object Access Protocol) é o protocolo de comunicação de Web Services, que apesar de não ser o único é o mais utilizado. Em síntese, SOAP é uma especificação que define um formato XML para mensagens. Ele se comunica sobre HTTP e por este motivo é suportado por todos os Sistemas Operacionais. O principal motivo para a grande aceitação deste protocolo é a existência de ferramentas para criar e analisar as mensagens SOAP.

Apesar de já consolidado como protocolo padrão de comunicação dos Web Services, o SOAP produz um uma sobrecarga de protocolo as mensagens enviadas, o que não é interessante em dispositivos com limitados recursos computacionais. Uma alternativa ao uso do SOAP é fazer a comunicação com o Web Service diretamente sobre HTTP, o chamado HTTP Binding. Este modelo suporta os métodos GET, POST, PUT e DELETE do HTTP (HAAS, 2004).

A WSDL (Web Services Description Language) é a linguagem de descrição de Web Services. Ela tem a missão de proporcionar as condições necessárias ao usuário que deseja construir aplicações, para consumir ou se comunicar com os Web Services. Trata-se de um arquivo XML com o conjunto de mensagens SOAP que o Web Service pode trocar e como elas deverão ser trocadas (CHINNICI, 2004). Por ser um arquivo XML, pode ser lido e

editado, mas comumente é gerado e consumido por softwares.

A UDDI (Universal Description, Discovery and Integration) é o mecanismo de publicação e descoberta de Web Services (OASIS..., 2005), e pode ser pública ou usada internamente em uma empresa.

## **2.4 Microcontrolador ZiLOG EZ80F91**

O eZ80 é um microcontrolador de 8-bits, de alta velocidade, capaz de executar códigos quatro vezes mais rápido que o Z80 padrão, operando a mesma velocidade de clock. O incremento na eficiência do processamento da CPU eZ80 permitiu melhorar a largura da banda de trabalho e diminuir o consumo de energia. Apenas estas características já fazem com que o eZ80 possa ter sua performance comparada à de seus concorrentes de 16-bits (ZILOG, 2006a).

O eZ80 é também o primeiro, dentre os microcontroladores de 8-bits, a suportar 16MB de endereçamento linear. Cada parte do software, tarefa ou o próprio sistema operacional, pode operar tanto em modo ADL (Address and Data Long), podendo endereçar até 16MB, quanto em modo Z80-compatible, permitindo o aproveitamento de códigos escritos para Z80 e Z180.

Além disso, ele tem capacidade de operar a uma velocidade de clock de até 50MHz e oferece, no próprio chip, memórias FLASH e SRAM, Ethernet MAC, portas de entrada e saída e vários outros periféricos.

O eZ80F91 tem integrado um controlador Ethernet padrão IEEE 802.3. Ele tem suporte a 10Mbps e 100Mbps de velocidade de transmissão, operação em full duplex, além de suporte ao padrão industrial denominado Media Independent Interface (MII), visando simplificar a conexão de uma interface de camada de física Physical Layer interface (PHY).

A alta performance do controlador Ethernet, é conseguida devido à otimização do barramento interno da CPU eZ80 em conjunto com o compartilhamento de memória, além de um canal de acesso direto a memória (DMA) dedicado para Tx/Rx da Ethernet. Este barramento faz com que os dados possam ser trocados entre o controlador e a memória com uma interação mínima da CPU, reduzindo também a carga do sistema.

### ***ZiLOG Real-Time Kernel***

A ZiLOG fornece o ZiLOG Real-Time Kernel (RZK) que é um Sistema Operacional de Tempo Real baseado no sistema operacional XINU (COMER, 1984), preemptivo e multitarefa, desenvolvido para aplicações embarcadas. Ele é suportado por todos os dispositivos da família eZ80 de microcontroladores e microprocessadores. Quase que a totalidade do código do RZK é escrito em ANSI C. Durante a compilação, as aplicações desenvolvidas são ligadas ao RZK, resultando em um código objeto que é gravado na plataforma que se está desenvolvendo (ZILOG, 2006b). A arquitetura do RZK, apresentada na Figura 1, é configurável, escalável e modular, acrescida de um rico set de APIs (Application Programming Interface) de fácil utilização.

### ***ZiLOG TCP/IP***

O suporte à conectividade com a Internet é conseguido com o ZiLOG TCP/IP (ZTP) que é uma suite de software fornecida pela ZiLOG que opera sobre o RZK. Ele contém uma série de bibliotecas para a implementação de uma pilha TCP/IP embarcada. As API's permitem, ao programador, um rápido desenvolvimento de aplicações prontas para a Internet, com um mínimo de esforço. Como as API's são comuns a todos os membros da família eZ80, pode-se facilmente portar uma solução para outro dispositivo. (ZILOG, 2006c)

O ZTP é inter-operável com todos os padrões RFC-compliant TCP/IP e implementações de Protocolos de Rede.

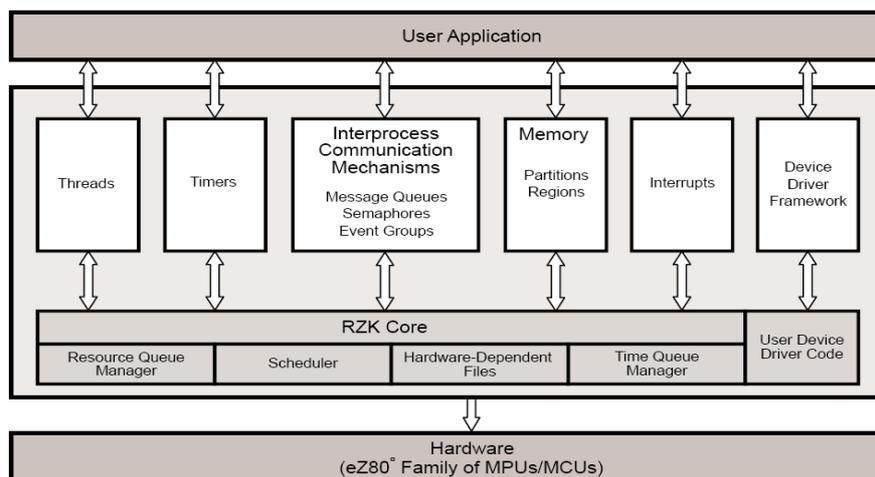


Figura 1 - Arquitetura do Kernel RZK

Os protocolos suportados e a arquitetura do ZTP são: ARP (Address Resolution Protocol), DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol), DNS (Domain Name Server), HTTP (Hyper Text Transfer Protocol), ICMP (Internet Control Message Protocol), IGMP (Internet Group Management Protocol), IP (Internet Protocol), PPP (Point-to-Point Protocol), RARP (Reverse Address Resolution Protocol), SMTP (Simple Mail Transfer Protocol), SNMP (Simple Network Management Protocol), SSL (Secure Socket Layer Protocol), TCP (Transmission Control Protocol), Telnet, TFTP (Trivial File Transfer Protocol), TIMEP (Time Protocol), UDP (User Datagram Protocol).

### 3 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Os avanços no setor elétrico contribuiu de maneira fundamental para o crescimento econômico e social do Brasil. Porém a falta da adequada gestão do uso da energia e manutenção do sistema, criou graves problemas, que culminaram no colapso do sistema no ano de 2001, vários estados brasileiros foram obrigados a entrar em estado de racionamento, a fim de prevenir uma parada total do fornecimento.

Para poder-se realizar a gestão do sistema elétrico, é necessário conhecer e acompanhar os componentes que o compõe. Este acompanhamento pode ser feito em tempo real, desde a geração da energia até as subestações, através de ferramentas desenvolvidas especificamente para este fim. Porém, das subestações até os consumidores finais são poucas as ferramentas que possam realizar o monitoramento dos componentes do sistema.

Este é o problema que motivou este trabalho, a falta de uma ferramenta específica para o monitoramento em tempo real dos componentes da rede de distribuição de energia elétrica, neste estudo focando-se nos transformadores de distribuição.

Como a especialidade dos membros do grupo de pesquisa é na área de redes de computadores, buscou-se formas de adaptar ferramentas largamente utilizadas nessa área para serem utilizadas na gestão da rede de distribuição de energia, sempre mantendo a filosofia do grupo de utilizar padrões abertos e inter-operáveis.

A primeira solução cogitada foi a utilização do Protocolo de Gerência Simples de Rede (SNMP), este protocolo é amplamente utilizado para a gerência de redes de computadores, porém o primeiro impasse na utilização desta solução, é que esta não é muito escalável para volume de dispositivos a ser gerenciados numa rede de distribuição de energia elétrica (PRAS, 2004). Além disso, no SNMP o dispositivo é o servidor. Entretanto na rede GPRS não há acesso da internet para o dispositivo, mas somente do dispositivo para a internet, o que impede que um cliente na internet consulte os dados no dispositivo.

A partir deste impasse e aproveitando a experiência de um dos membros do grupo, foi proposta a utilização de Web Services. A partir daí foi criado um modelo de gestão para o sistema elétrico utilizando Web Services.

### 3.1 Modelo proposto

O modelo que foi proposto e utilizado como base para o desenvolvimento do sistema de tele supervisão de transformadores é o apresentado na Figura 2.

Como pode ser observado na Figura 2; o sistema de tele supervisão é composto por um dispositivo de coleta de dados de operação, que fica instalado junto ao transformador de distribuição; o Web Service, onde recebe e armazena os dados coletados pelo dispositivo e pelas estações de trabalho, onde pode ser realizado o acompanhamento do estado de operação da rede de distribuição.

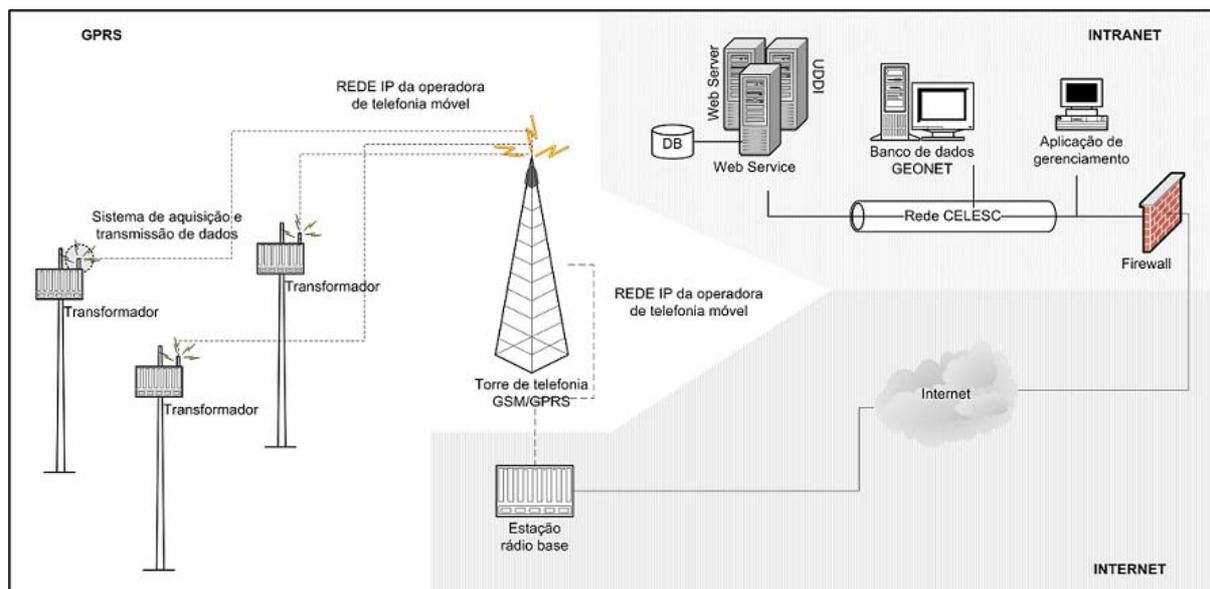


Figura 2 - Modelo do Sistema de Tele Supervisão de Transformadores

O foco do projeto desenvolvido como trabalho de conclusão de curso, é o desenvolvimento do dispositivo de coleta de dados que fica instalado junto aos transformadores de distribuição.

### 3.2 Resolução ANEEL 505

Além do modelo apresentado na Figura 2, utilizou-se para balizar o desenvolvimento do trabalho, a resolução ANEEL 505, tendo em vista a necessidade de estabelecer os parâmetros de conformidade dos níveis de tensão do sistema de distribuição.

A resolução 505 (ANEEL, 2001), publicada em 26 de Novembro de 2001, pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), órgão que regulamenta a sistema elétrico brasileiro, estabelece de forma atualizada e consolidada, as disposições relativas à conformidade dos níveis de tensão de energia elétrica em regime permanente no sistema de distribuição.

Neste trabalho, buscou-se monitorar de forma contínua os níveis de tensão fornecidos pelos transformadores do sistema de distribuição, seguindo os limiares de tensão apresentados na Figura 3, baseada nas especificações da resolução 505.

A Figura 3 mostra os limiares de conformidade de tensão aprovados pela ANEEL. Observa-se que a faixa de operação adequada fica compreendida entre 201 e 231 volts em

todas as três fases do ponto de alimentação. As faixas de operação entre 189 e 201 volts (sub-tensão) e entre 231 e 233 volts (sobre-tensão) são consideradas precárias. Abaixo de 189 volts e acima de 233 volts o nível de operação é considerado crítico. A norma também estabelece que abaixo do limite 160 volts o sistema é considerado em falha (Falta de Tensão).



Figura 3 - Níveis de conformidade de tensão no sistema de distribuição de energia elétrica de acordo com a resolução ANEEL 505.

#### 4 SOLUÇÃO EMPREGADA

A solução selecionada para o desenvolvimento foi a utilização de um sistema microcontrolado, baseado no microcontrolador eZ80F91 da ZiLOG, que possui conectividade com a internet através da tecnologia GPRS e que faz o registro dos dados em banco de dados utilizando o conceito de Web Services.

##### 4.1 Arquitetura de hardware

O diagrama de blocos do sistema desenvolvido para realizar a tele supervisão de transformadores é apresentado na Figura 4 e é composto pelos seguintes blocos: Módulo de Adequação de Tensão, Módulo de Conversão Analógico/Digital, Módulo Microcontrolado, Terminal de Dados GPRS.

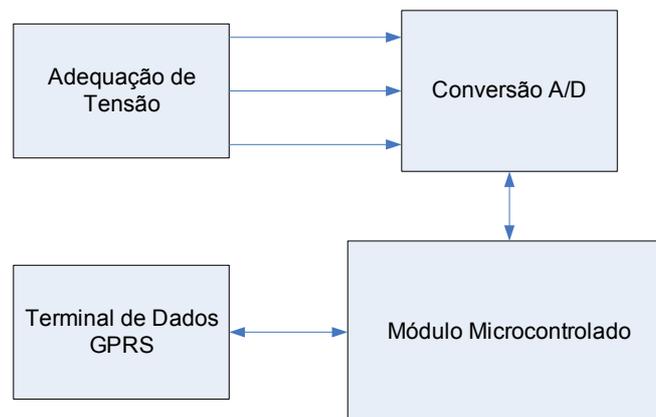


Figura 4 - Diagrama de blocos do Hardware de Tele Supervisão

##### *Módulo de adequação de tensão*

Para se fazer a adequação das tensões fornecidas pelo secundário do transformador com a tensão máxima de entrada do conversor analógico/digital (A/D), utilizou-se um transformador de potencial. Este transformador realiza um abaixamento da tensão com uma relação de 36,67: 1, o que representa para uma entrada de 220 volts uma saída de 6 volts.

Para se conseguir o valor eficaz de uma onda senoidal, como é o caso da tensão que é entregue pelo secundário do transformador, existem duas formas: discretizando a onda ou a

retificando (STEINBACH, 2007).

O método de discretização é feito a partir de um conversor A/D de alta velocidade e um processador de sinais digitais, que com os dados coletados realiza operações para processar o valor eficaz da tensão. Este valor gerado é denominado True RMS, pois representa o real valor eficaz da tensão, porém o custo para empregá-lo no sistema, seria maior, tendo em vista que não se necessita de tal precisão nos valores representados.

A segunda maneira, que é a utilizada no protótipo desenvolvido, se faz retificando a senóide de modo a disponibilizar uma tensão contínua, cujo valor representa a tensão eficaz do secundário do transformador. Apesar de não oferecer a mesma precisão do método de discretização, pois sofre influência de harmônicos e ruídos da rede, se torna a mais viável, tendo em vista os custos com tempo de desenvolvimento e de hardware.

Esta forma de aquisição do valor eficaz da tensão se mostrou muito eficiente. A única inconveniência é que, devido à retificação, a relação entre entrada e saída varia de acordo com uma equação linear, porém com coeficiente linear diferente de zero, que depende das impedâncias intrínsecas do circuito retificador. Por esta razão, é necessário levantar a curva de resposta do retificador, o que é feito variando-se a tensão de entrada, na faixa de trabalho do sistema, e verificando-se a tensão de saída do retificador.

#### ***Módulo de conversão A/D***

A tensão retificada, obtida através do bloco de adequação de tensão, precisa ser digitalizada para ser processada pelo microcontrolador, esta tarefa é realizada pelo conversor A/D. Devido à necessidade de se ter um conversor A/D que fosse confiável, preciso e que pudesse oferecer uma proteção ao sistema, tendo em vista que ele está na fronteira entre o mundo digital e o analógico, portanto sujeito a receber interferências desse meio, optou-se por utilizar um conversor A/D industrial, que é projetado para suportar interferências similares as ocorridas na linha de distribuição.

#### ***Módulo microcontrolado***

Foi empregado um módulo comercial de uso genérico que utiliza como microcontrolador o eZ80F91, da empresa americana ZiLOG, que possui core eZ80Acclaim! (ZILOG, 2006a) e é indicado para as mais diversas aplicações, incluindo produtos para automação comercial, bancária, predial, controle de acesso, rastreadores veiculares com GPRS, entre outros. Este módulo oferece ao usuário 256KB de memória Flash *on chip*, além de 512KB *on board*, 32KB de memória SRAM *on chip*, somados a 512Kbytes *on board*, um conjunto completo de periféricos incluindo um controlador Ethernet MAC, 4 *Timers*, 2 Interfaces Seriais UARTs, SPI e I2C e controlador de Interrupção.

#### ***Terminal de dados GPRS***

Como já foi descrito, o sistema realizará a transmissão dos dados para um servidor na Internet, para tanto, é necessário que o sistema ofereça suporte à programação em rede, e em segundo lugar ele precisa ter um ponto de acesso à rede. Oferecer um ponto de acesso a cabo seria inviável, pois a concessionária de energia elétrica não possui tal estrutura. Por esta razão, optou-se por utilizar a tecnologia de transmissão via GPRS, utilizando a estrutura de rede de uma operadora de telefonia GSM/GPRS local.

## **4.2 Arquitetura de software**

Para compor o software do sistema, utilizou-se funções de biblioteca da ZiLOG, pertencentes ao RZK e ao ZTP que são, respectivamente, o Sistema Operacional e o suporte a pilha TCP/IP, fornecidos pela ZiLOG, bem como funções desenvolvidas para realizar as operações necessárias ao projeto.

As bibliotecas de funções utilizadas são compostas em sua maioria por funções essenciais ao funcionamento do sistema, portanto, não podem ser excluídas do mesmo. Dentre as funções utilizadas cabe ressaltar as que configuram o sistema, e as que foram utilizadas nas rotinas criadas para executar as operações necessárias ao projeto.

O ZTP pode funcionar como cliente e servidor de conexões PPP. O PPP (Point-to-Point Protocol) é um protocolo para transmissão de pacotes através de linhas seriais, e é projetado para transportar pacotes através de uma conexão entre dois pontos.

Outra característica muito importante do ZTP é o suporte ao Network Time Protocol ou NTP. O NTP é o protocolo responsável por fornecer a hora mundial a partir de um servidor na internet, denominado servidor de NTP. Pois, ao longo do tempo, o relógio do sistema tende a variar. Enquanto o tempo passa, o relógio do sistema se torna menos preciso. O NTP é uma forma de assegurar que o relógio está correto.

Muitos serviços na Internet dependem, ou se beneficiam, da precisão do relógio do computador estar correto. Se o relógio interno do sistema proposto não estiver correto o as informações referentes a data e hora de envio dos dados (time stamp) das mensagens geradas não representam o exato momento da aquisição dos dados.

### 4.3 Funcionamento do protótipo

Discutidas as características do Hardware e do Software do Sistema, pode-se explanar sobre o funcionamento do mesmo. A Figura 5 apresenta o fluxograma da função de aquisição de dados e a seguir é descrito o funcionamento da mesma.

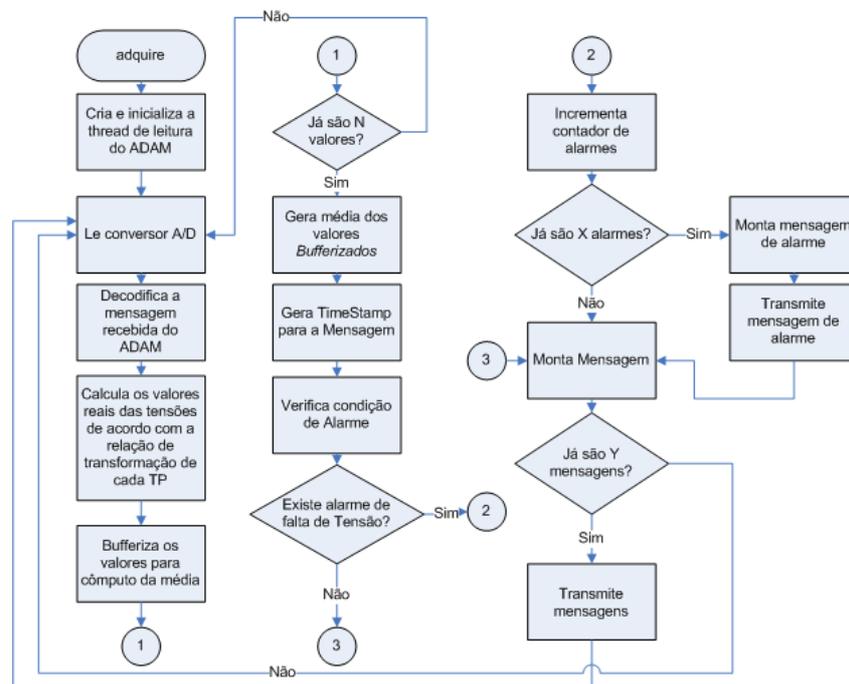


Figura 5 - Fluxograma da Função de Aquisição

Após a inicialização de todo o sistema operacional do sistema microcontrolado e do modem GPRS, inicia-se a aquisição dos dados de tensão do transformador, a partir dos módulos de adequação de tensão e do conversor A/D. O conversor A/D recebe da aplicação de aquisição de dados, via interface serial do módulo micro-controlado, um comando requisitando os dados de tensão. Em resposta o conversor A/D retorna à aplicação de aquisição de dados uma mensagem que contém os valores de tensão de cada uma das entradas

do conversor.

Esta mensagem é decodificada, e transformada em um valor de ponto flutuante, o que permitirá a realização de cálculos com os valores coletados, valores estes que são armazenados em um *buffer* de dados. Este processo é repetido e está configurado para ser realizado com um intervalo de 1 segundo. A cada 30 segundos é computada uma média para cada tensão a partir dos valores coletados neste intervalo de tempo. A partir dos valores computados é gerado uma mensagem que será transmitida posteriormente ao *Web Service*. Esta mensagem contém a identificação do transformador; a data, hora, minuto e segundo do registro; a média dos valores de cada tensão, calculada a partir dos dados armazenados e um código de alarme gerado a partir da resolução 505 da ANEEL.

Como se está utilizando como meio de transmissão a rede GPRS, e neste, o custo de transmissão é referente ao volume de dados trafegados, e não do tempo que se permanece conectado, optou-se por armazenar as mensagens em memória e transmiti-las de uma única vez, em um intervalo de tempo pré-determinado. A mensagem gerada pelo sistema tem atualmente o tamanho de 66 Bytes, o protocolo TCP/IP impõe a transmissão um cabeçalho de em média 1600 Bytes. Fazendo o envio de 20 bilhetes a sobrecarga de protocolos é reduzida em até 42%, reduzindo o custo do envio individual dos bilhetes. O número de mensagens por transmissão, no entanto, é configurável por software.

Apesar do escopo deste trabalho estar restrito a tele supervisão de transformadores de média e baixa potência, ele poderia ser aplicado, sem perda de generalidade a outros elementos do sistema de distribuição, como: reguladores de tensão, religadores, conversores de frequência e etc.

## 5 RESULTADOS

Para se constatar de forma precisa a veracidade dos dados transmitidos pelo sistema de monitoramento, foram efetuadas medições em laboratório do sistema protótipo em paralelo a um registrador comercial, modelo Smart Meter T, da Indústria de Micro Sistemas Eletrônicos LTDA (IMS). O ensaio ocorreu durante 4 horas, com variação de carga aleatória e a granularidade das medidas foi de uma amostra por segundo, em conformidade com a resolução 505 da ANEEL

A comparação entre os valores medidos pelo sistema protótipo desenvolvido neste trabalho e um registrador comercial (*off-line*) é apresentada no gráfico da Figura 6.

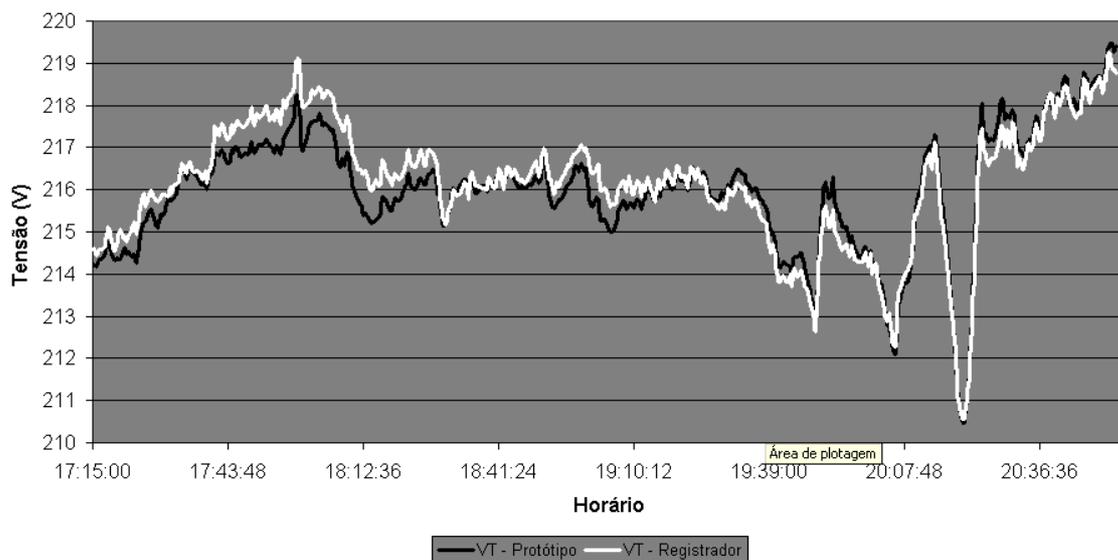


Figura 6 - Comparação da tensão na fase T

## 6 CONCLUSÕES

A realização de um trabalho de conclusão de curso, aliando a escola e a empresa, permite integrar conceitos ministrados, nas disciplinas do curso de graduação, à realidade do mercado de trabalho. Esta integração pôde ser percebida em todas as etapas da concepção do protótipo desenvolvido.

A partir do desenvolvimento do protótipo foi possível observar que o emprego do modelo proposto para o gerenciamento de dispositivos do sistema de distribuição de energia elétrica é uma alternativa viável, agilizando o despacho de equipes de manutenção em caso de falha.

Os impactos operacionais do trabalho desenvolvido puderam ser percebidos após o encaminhamento de um questionário ao Departamento de Controle da Qualidade de Energia (CQDE) da concessionária CELESC, contendo questionamentos sobre a avaliação que eles tinham do protótipo.

Quando perguntados sobre a visão a respeito do projeto responderam da seguinte forma:

*“O sistema de telemetria de transformadores vem ao encontro as necessidades emergentes quanto ao gerenciamento dos circuitos de baixa tensão, pois o crescente aumento do carregamento destes acaba gerando uma preocupação cada vez maior com a qualidade dos níveis de tensão, fazendo com que busquemos formas mais rápidas e precisas na coleta de informações.”*

Sobre os impactos de um sistema de telemetria em tempo real do ponto de vista da operação e controle de qualidade do sistema de distribuição de energia:

*“Para o CQDE, o sistema de telemetria viria a otimizar o tempo de captura, processamento e análise das grandezas elétricas medidas referentes a pedidos de verificação de níveis de tensão. Tal otimização, teria reflexos no tempo de atendimento, qualidade da informação, adequação à resolução 505 da ANEEL dos níveis de tensão e outros encaminhamentos decorrentes da análise de um circuito secundário específico ou unidade consumidora ligada a este.”*

Sobre as estratégias de utilização das informações de monitoração:

*“Por analisar as informações de monitoramento, poderiam ser verificadas tendências do circuito, o que permitiria a detectar pontos de necessidade de manutenção imediata, com previsão de falhas e necessitando de atenção; permitindo tomadas de decisão e encaminhamentos necessários a área de projetos e/ou manutenção.”*

A Tabela 1 demonstra um comparativo, retirado do questionário, entre o sistema que o CQDE possui atualmente (off-line) e o sistema proposto.

Tabela 1 - Comparativo Sistema Atual X Sistema Proposto

Off-line	Tempo-Real
Lentidão na coleta de informações (necessidade de ir a campo para coletar)	Informação disponível de forma imediata na empresa
Necessita de processamento dos dados coletados para depois disponibilizá-las ao usuário	A informação é disponibilizada ao usuário automaticamente
Não depende de sistema de telefonia	Depende das operadoras do sistema de telefonia e da área de cobertura delas
Risco de perda de dados devido à permanência do equipamento no local e manipulação (qualquer dano ao equipamento só é detectado após análise em laboratório)	Maior confiabilidade no armazenamento dos dados (qualquer dano ao equipamento pode ser detectado na solicitação das informações por sistema de telefonia)
Impossibilidade do gerenciamento interativo, antes da análise laboratorial	Interação entre os diversos níveis gerenciais às informações em tempo real.

Dando continuidade ao presente trabalho, estudos para aprimoramento e incremento de funcionalidades estão sendo desenvolvidos. Como proposta de trabalhos futuros sugere-se uma abordagem de gerenciamento do nível de serviço, através do estabelecimento de “Contratos de Nível de Serviço” pactuados entre o Departamento de Operação da Distribuição de Energia e as Agências Regionais de uma concessionária de distribuição de energia elétrica, empregando protocolos da tecnologia P2P.

Nesta proposta serão avaliadas as vantagens do emprego destas tecnologias do ponto de vista de flexibilidade, interoperabilidade e facilidade de implementação, preocupando-se com a relação custo/benefício, uma vez que o principal cenário analisado emprega a infra-estrutura de uma operadora de telecomunicações GSM/GPRS, onde o custo da transmissão de dados é por volume trafegado. Para tanto poderá ser empregado um gateway de comunicações nos transformadores do sistema de distribuição de média e baixa potência. Na medição de consumo final de energia elétrica, se prevê o desenvolvimento de um protótipo de medidor digital de potência ativa e fator de potência, com uma interface de comunicação de dados no padrão Power Line Communications (PLC), onde os dados são transmitidos pela própria rede elétrica. Conectados aos transformadores, o gateway de comunicações além de coletar e transmitir os dados relativos aos parâmetros elétricos de qualidade e conformidade de tensão dos transformadores atua com interface de comunicação entre a rede PLC e a Internet.

Com este esquema será possível o monitoramento remoto do consumo final de energia elétrica para a implementação de um esquema de bilhetagem automatizada do consumo de acordo com um esquema de tarifação diferenciada, que permita descontos para usuários que mantenham o consumo limitado ao especificado em um SLA, nos horários de pico.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Estabelece de forma atualizada e consolidada, as disposições relativas à conformidade dos níveis de tensão de energia elétrica em regime permanente.**: Resolução 505, de 26 de novembro de 2001. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/res2001505.pdf>>. Acesso em: 17 de março de 2007.

BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **A Organização da Educação Profissional de Nível Tecnológico.** Disponível em <<http://portal.mec.gov.br/setec/index.php?option=content&task=view&id=160&Itemid=277>> Acesso em 15 de mai. 2007.

CERAMI, E. **Web Services Essentials: Distributed Applications with XML-RPC, SOAP, UDDI & WSDL.** O'Reilly & Associates Inc., Sebastopol, CA, 2002.

CHINNICI, R.; GUDGIN, M.; MOREAU, J.; SCHLIMMER, J.; WEERAWARANA, S. **Web Services Description Language (WSDL) Version 2.0 Part 1: Core Language.** 2004. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/2004/WD-wsd120-20040803>>. Acesso em: 10 de novembro de 2006.

COMER, D. **Operating System Design: The xinu approach.** New Jersey: Prentice Hall, 1984.

DIAS, R. A. **Implementação de Contratos de Nível de Serviço para o Setor de Distribuição de Energia Elétrica Empregando Redes GSM/GPRS.** 2004. Disponível em: <[http://www.nersd.org/page\\_projetos.php?id=1](http://www.nersd.org/page_projetos.php?id=1)>. Acesso em: 23 maio 2007.

DIAS, R. A. **Infra-estrutura de Telecomunicações para Supervisão de Falhas em Transformadores em Tempo Real, nas Linhas de Baixa Tensão, empregando Inteligência Artificial e Tecnologia GPRS.** 2005. Disponível em: <[http://www.nersd.org/page\\_projetos.php?id=2](http://www.nersd.org/page_projetos.php?id=2)>. Acesso em: 23 maio 2007.

HAAS, H.; HÉGARET, P. L.; MOREAU, J.; ORCHARD, D.; SCHLIMMER, J.; WEERAWARANA, S. **Web Services Description Language (WSDL) Version 2.0 Part 3: Bindings**. 2004. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/2004/WD-wsdl20-bindings-20040803>>. Acesso em: 10 de novembro de 2006.

OASIS Open. UDDI.org. 2005. Disponível em: <<http://www.uddi.org>>. Acesso em: 10 de novembro de 2006.

PRAS, A., DREVERS, T., MEENT, R., QUARTEL, D. (2004). **Comparing the Performance of SNMP and Web Services-Based Management**. In eTransactions on Network and Service Management, 6. 2004

USATEGUI, J. M. A.; MARTÍNEZ, I. A. **Microcontroladores PIC: Diseño Practico de Aplicaciones**. 3. ed. Madri: Mcgraw-hill, 1999.

STEINBACH, R. **Sistema de Telesupervisão de Transformadores em Média e Baixa Potência Utilizando Tecnologia GPRS**. 2007 Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior de Tecnologia em Sistemas Digitais, Departamento de Acadêmico Eletrônica, Cefetsc, Florianópolis, 2007.

**WHAT is GPRS?** Disponível em: <<http://www.mobile-phones-uk.org.uk/gprs.htm>>. Acesso em: 10 mar. 2007.

WOLTER, R. **Web Services and Other Distributed Technologies Developer Center: XML Web Services Basics**. 2001. Disponível em: <<http://www.msdn.microsoft.com/library/en-us/dnwebserv/html/webservbasics.asp>>. Acesso em: 10 de novembro de 2006.

ZELENOVSKY, R.; MENDONÇA, A. **Introdução aos Sistemas Embutidos**. 2006. Disponível em : <<http://mzeditora.com.br/artigos/embut.htm>>. Acesso em: Março de 2007.

ZILOG. **EZ80 CPU: UM0077**. Califórnia, mar. 2006.

ZILOG. **ZILOG Real-Time Kernel: RM0006**. Califórnia, ago. 2006.

ZILOG. **ZILOG TCPIP Software Suite: RM0008**. Califórnia, mar. 2006.

## **INTEGRATING SCHOOL AND COMPANY THROUGH TCC: MEDIUM AND LOW POWER TELEMETRY DISTRIBUTION SYSTEM USING WEB SERVICES AND TECHNOLOGY GPRS.**

***Abstract:** This document presents the development of a conclusion's course work, made through the integration between school and the company. This integration, it resulted in development of a medium and low power distribution telemetry system using web services and GPRS technology, like integrant part of a research project and CELESC/ANEEL Development in partnership with the company W2B Comunicações LTDA. In this work will be presented the development of a medium and low power distribution transformers telemetry system using Web Services and GPRS technology. At the end of the work are presented the results obtained with the hardware prototype development, the operational impacts of the proposal in the distribution carrier activities of electric power and the possibilities of future projects.*

***Key-words:** Microcontrollers, EZ80F91, GPRS, Web Services, Telemetry*