

## I-271 - FERRAMENTA PARA CONTROLE OPERACIONAL DE COMPANHIAS DE SANEAMENTO UTILIZANDO SISTEMAS EMBARCADOS, TELEMETRIA E SOFTWARES LIVRES DE MONITORAÇÃO EM MICROCOMPUTADORES E CELULARES

**Márcio Fábio Jansen Costa<sup>(1)</sup>**

Tecnólogo em Processamento de Dados pelo Centro Universitário do Estado do Pará (CESUPA). Especialista em Desenvolvimento de Aplicativos para Web pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Engenheiro de Controle e Automação pelo Instituto de Estudos Superiores da Amazônia (IESAM). Gerente Executivo de Pitometria e Macromedicação da Companhia de Saneamento do Pará.

**Fernando Henrique Stabnow Santos<sup>(2)</sup>**

Engenheiro de Controle e Automação pelo Instituto de Estudos Superiores da Amazônia (IESAM). Consultor da Companhia de Saneamento do Pará.

**Ueslei da Silva Melo Barroso<sup>(3)</sup>**

Engenheiro de Controle e Automação pelo Instituto de Estudos Superiores da Amazônia (IESAM).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Travessa 03 de maio, 1572 – São Braz - Belém - Pa - CEP: 66063-388 - Brasil - Tel: (91) 8137-1349 e-mail: [marciojansen@gmail.com](mailto:marciojansen@gmail.com)

### RESUMO

Este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um sistema de supervisão e gerenciamento de dados para o controle operacional de uma companhia de saneamento. O projeto é composto por um sistema embarcado responsável por digitalizar sinais provenientes de instrumentos de macromedicação, os quais são convertidos e processados a fim de disponibilizar o estado dos processos de distribuição de água. Além disso, os dados são transmitidos através da rede de telefonia celular a um servidor localizado na empresa. Através de um sistema supervisor o operador visualiza todo o processo para que possam ser tomadas as decisões operacionais de forma prudente e rápida. Devido à necessidade de agregar mobilidade a um sistema de monitoramento deste tipo, os dados também são disponibilizados em um software para dispositivos móveis, que com o auxílio de uma conexão com a internet pode ser utilizado pelo operador das estações e pela equipe em campo para monitorar os dados operacionais de qualquer localidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Companhia de Saneamento, Sistema embarcado, Macromedicação, Sistema Supervisor, Dispositivos Móveis.

### INTRODUÇÃO

Há uma grande dificuldade das empresas de saneamento em adquirir ferramentas confiáveis e acessíveis para monitorar, gerenciar e controlar a macro distribuição de água em suas unidades operacionais. Esse gerenciamento é de vital importância para o equilíbrio na rede de abastecimento, evitando a falta de água e perdas por extravasamento de reservatórios e rompimentos de adutoras.

“No Brasil, são comuns sistemas de distribuição de água para abastecimento com elevados índices de perdas, nos quais parcela significativa das denominadas perdas físicas é devida às perdas por vazamento. Dessa maneira, o controle efetivo das perdas por vazamento e do comportamento do sistema, sob as mais diversas condições operacionais, é de fundamental importância, não só do ponto de vista financeiro, no que diz respeito ao desperdício da água bombeada e quimicamente tratada, mas principalmente da preservação deste recurso natural.” (Soares,2003).

Atualmente, para verificação desses desequilíbrios são efetuadas medições nas estações de tratamento, nas estações de água tratada e nas redes de distribuição de água, obtendo-se dados de vazão, pressão e nível de determinados pontos do sistema, os quais são todos coletados localmente.

Os dados dessas medições são usualmente armazenados em equipamentos eletrônicos com a necessidade de intervenção humana para realização de coleta e verificação de seu funcionamento. Esta tarefa é realizada em intervalos de tempo que não permitem uma garantia efetiva da confiabilidade desses dados, exatamente pela falta de um monitoramento eficiente.

Hoje, no mercado, encontram-se muitas soluções para aplicar em indústrias que necessitam supervisionar seus processos. Porém, a escolha deste produto, necessita de características especiais como tipo de transmissão, devido ao tamanho da planta, interoperabilidade com a macromedição do sistema e principalmente com um custo acessível à empresa.

As empresas de saneamento sempre tiveram dificuldade para investir em seu quadro operacional e em tecnologias de controle. Principalmente pela falta de recursos próprios devido aos seus frequentes problemas de faturamento. “Durante duas décadas a agenda do saneamento básico no Brasil ficou parada, não houve praticamente nenhum investimento significativo nos anos 80 e 90, o que acarretou um enorme déficit em praticamente todas as cidades brasileiras.” (Carlos,2012).

Com este sistema proposto é possível monitorar o comportamento hidráulico de toda a rede desde a produção, nas estações de tratamento, até a distribuição feita nas estações de água tratada e com isso, controlar o equilíbrio hidráulico necessário para uma correta distribuição de todo o processo operacional.

O sistema possibilita uma visualização completa do processo, dando embasamento ao operador da central, para que ele tome as decisões operacionais de forma eficiente e ágil. O ciclo tem início na leitura das variáveis através dos instrumentos. Essas leituras são tratadas e exibidas localmente pelo sistema embarcado, para que o operador possa visualizar. Através da rede de telefonia celular, esses dados são enviados para um servidor, que concentra e armazena os mesmos em um banco de dados. Essas informações podem ser visualizadas em um *software* supervisor, tanto para *PC* quanto para *smartphone*. A figura 1 ilustra o sistema.



**Figura 1: Estrutura do sistema**

O *software* supervisor possui uma interface amigável ao operador, demonstrando o funcionamento de toda a planta, com uma visão geral ou individual de cada setor e emitindo alertas através de lógicas de controle.

Além dos dados recentes, o supervisor também permite consultar os dados armazenados no banco de dados, na forma de tabelas ou mesmo por meio de gráficos de tendências, facilitando a visualização. Com o sistema, as empresas podem gerenciar e quantificar sua produção e sua distribuição.

## MACROMEDIÇÃO

A macromedição é fundamental dentro das empresas de saneamento, pois é ela a responsável pela quantificação do volume de água produzido e fornecido pela companhia, bem como fornecer dados de nível de reservatórios

e as pressões nos dutos. Estes dados são muito importantes para o controle das estações, evitando o desperdício de água e de energia elétrica por extravasamento dos reservatórios, rompimentos nas redes de distribuição, ou ainda por um baixo rendimento de um motor.

Todo o processo de coleta desses dados é feito através de instrumentos de medição permanente, que são chamados de macromedidores. Estes instrumentos fazem parte da primeira etapa deste projeto, onde serão responsáveis por coletar os dados hidráulicos da planta.

Para a escolha do macromedidor, é necessário um estudo prévio do local de medição, com o intuito de conhecer todos os aspectos físicos do ponto, como a qualidade da água, velocidade do fluxo, tamanho e material da tubulação e outros. Estes cuidados são importantes não só para alcançar uma medição confiável, como também garantir a vida útil do equipamento.

Outro ponto importante na escolha do equipamento é a interface de comunicação externa. Através dela, os dados que foram medidos são disponibilizados para o sistema embarcado. O mercado disponibiliza vários tipos de comunicação, onde neste projeto utilizou-se instrumentos com saída 4 a 20 mA.

## **SISTEMA EMBARCADO E TELEMETRIA**

O uso de sistemas embarcados tem como principal objetivo a otimização do projeto, minimizando custo, tamanho e utilizando uma tecnologia hoje disponível no mercado que está em grande crescimento comercial. Estes sistemas tem como principal vantagem o baixo consumo de energia, o custo incrivelmente barato e seu processamento possui tarefas dedicadas, diferente de computadores de propósito geral, alcançando sua funcionalidade sem travamentos e panes.

O sistema embarcado é composto por uma placa, que contém um microcontrolador, responsável pelo controle do sistema, pela leitura de até sete instrumentos de macromedição e pela comunicação com um modem GSM, que transmite os dados através da rede de telefonia celular. O sistema também é capaz de exibir os dados através de uma tela de LCD. O conjunto descrito acima compõe o módulo desenvolvido neste projeto, conforme a figura 2, e juntamente com os instrumentos a ele ligados, cria-se uma setor de medição.



**Figura 2: Sistema embarcado**

Telemetria é uma tecnologia amplamente empregada em processos onde as distâncias ultrapassam dezenas, e até mesmo milhares de metros entre os componentes que necessitam de comunicação. Esta técnica vem sendo buscada por muitas empresas que tem como foco o que é chamado de Automatic Meter Reading (AMR). Normalmente este recurso é usado em medições onde a instalação de cabos seria muito dispendiosa ou até mesmo inviável.

A telemetria foi empregada de duas formas neste projeto. Quando um telefone celular realiza uma chamada para o número de um dos setores de medição, o mesmo interrompe a chamada e envia uma mensagem de retorno para o requisitante, contendo os últimos dados disponíveis daquele setor. Para isso foi utilizado o SMS (*Short Message Service*), serviço disponibilizado pela operadora de celular.

Outra forma de transmissão é utilizando a tecnologia GPRS (*General packet radio service*), para o envio dos dados a um servidor dedicado. Para isso o microcontrolador possui em seu algoritmo dois controles de acesso ao modem. O primeiro transmite os dados em intervalos pré-determinados, criando assim uma conexão cíclica que a cada 6 minutos o módulo envia os dados ao servidor. No intervalo entre as transmissões, caso alguma variável sofra uma alteração significativa, causado por algum distúrbio como uma falta de energia ou uma manobra operacional, o sistema é ativado relatando o distúrbio.

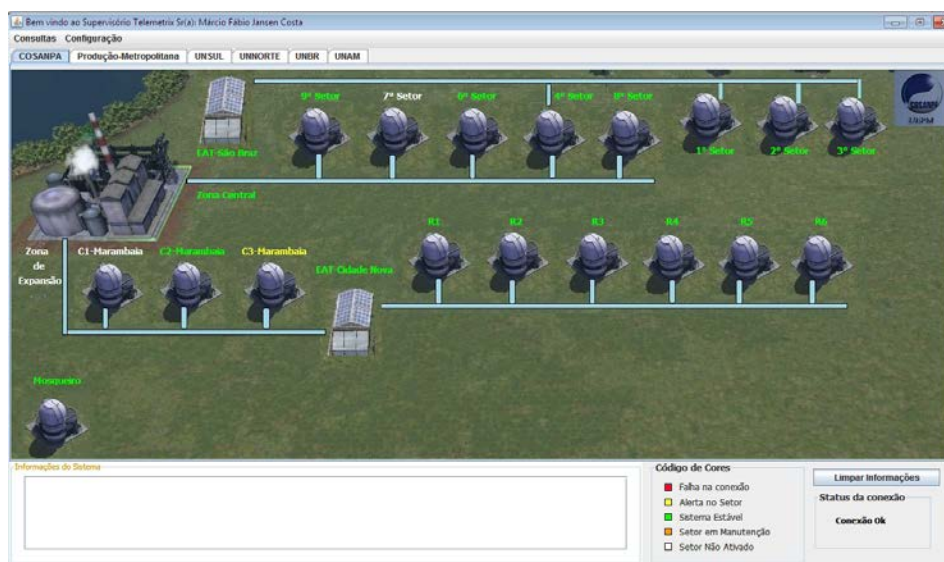
Com o intuito de capturar essas informações transmitidas pelos setores, armazenar para consultas futuras e visualizar de forma amigável, foi desenvolvido três softwares para gerenciamento no servidor e para supervisão local e móvel.

## SERVIDOR E SISTEMA SUPERVISÓRIO

Com os módulos ativos, foi desenvolvido um software servidor que aguarda as requisições dos modems e abre a conexão para receber as informações dos setores, armazenando os dados em um banco de dados relacional. Este servidor foi desenvolvido em Java e instalado em um microcomputador com acesso a internet. Dentro das principais características da linguagem Java, destaca-se o fato de ser gratuita, isto é, ter em mãos uma linguagem poderosa sem gerar custos com licenças de desenvolvimento (Deitel, 2003).

Com o servidor, recebendo e armazenando essas informações, é necessária uma ferramenta que possa exibir da melhor forma possível para o operador e para quem possa querer analisar as informações.

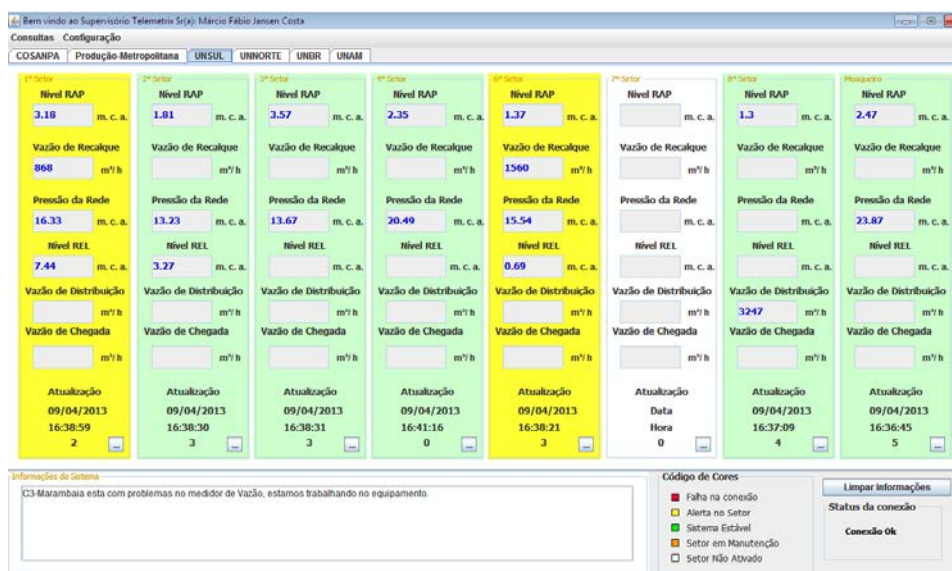
Esta ferramenta é um *software* chamado Sistema Supervisório e tem como função exibir, de forma intuitiva, os dados de cada instrumento instalado em cada setor, assim como o tempo em que essa informação foi obtida. A interface do sistema supervisório, que também foi desenvolvido em Java, é mostrada na Figura 3.



**Figura 3: Interface do Sistema Supervisório**

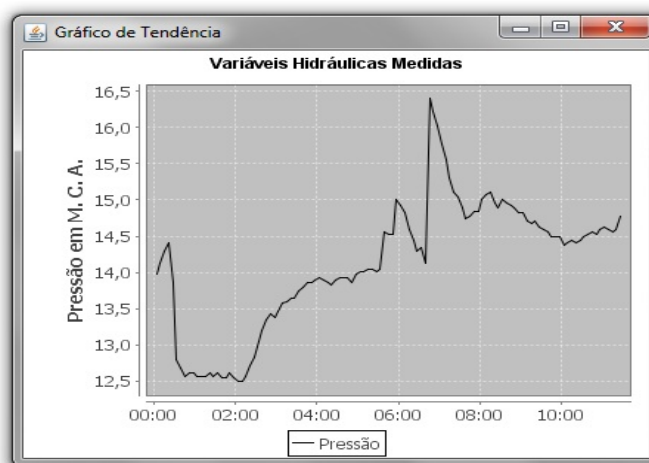
Além da exibição dos dados para o operador, o sistema possui lógicas de controle, que monitora as conexões e os parâmetros pré-configurados de todas as variáveis do sistema. Este controle permite que alarmes sejam disparados para alertar o operador mediante os possíveis desequilíbrios em sua planta, como um

extravasamento de reservatório. Na Figura 4 um alarme é exibido através da mudança de cor no painel do setor, indicando ao operador que o setor necessita de atenção.



**Figura 4: Alerta no painel do setor**

É possível também consultar os dados armazenados. O operador do sistema pode visualizar o histórico dos dados através de tabelas ou de gráficos de tendência. Este recurso foi alcançado utilizando um banco de dados MySQL, que é um software livre com base na licença pública geral (GPL). A Figura 5 apresenta um gráfico de tendência disponibilizado pelo sistema.



**Figura 5: Gráfico de tendência disponível no Sistema Supervisório**

## SISTEMA SUPERVISÓRIO MÓVEL

A telefonia celular alcançou outro nível dentro das tecnologias de telecomunicações, deixando de ser utilizado apenas para efetuar chamadas de voz para ser utilizado na execução de outros serviços, tais como enviar correio eletrônico e navegar na Web. Esta evolução deve-se ao constante crescimento das tecnologias embarcadas nestes dispositivos, principalmente no que se refere a sua capacidade de processamento, possibilitando ao seu usuário uma diversidade maior de aplicações que anteriormente eram destinadas apenas aos microcomputadores.



Para o desenvolvimento desta aplicação, foram escolhidos dispositivos que possuam o sistema operacional Android, devido sua popularidade e facilidade no desenvolvimento de aplicativos, sem contar que é uma plataforma livre, isto é, sem custos para desenvolvimento e distribuição.

O aplicativo possui uma tela inicial de segurança, onde o usuário digita o seu *login* e senha para que a partir daí ele possa ter acesso às unidades previamente definidas em seu cadastro. Caso ele possua acesso a todas as unidades, elas serão exibidas a ele, caso não, apenas a que ele tem acesso estará disponível. A Figura 6 ilustra, respectivamente, a tela de segurança, o comportamento da tela das unidades, caso o usuário tenha acesso a todas e a tela das unidades caso o usuário tenha acesso apenas a duas unidades.



**Figura 6: Telas segurança e unidades do Sistema Supervisório Móvel.**

A partir da verificação do usuário e liberação de conexão é possível acessar as variáveis referentes ao setor desejado, tais como Nível do reservatório apoiado, Vazão de recalque das bombas, Nível do reservatório elevado, Vazão de distribuição e Pressão da rede. Além disso, é exibido ao usuário informações de data, hora e o tempo decorrido do último envio de dados do setor consultado ao servidor. Caso o setor esteja off-line é exibida uma mensagem informando o tempo em que o setor está sem conexão, indicando algum problema no Sistema Embarcado ou no Módulo GSM. A Figura 7 ilustra as telas de unidades e a tela de exibição das variáveis referentes ao setor selecionado.



**Figura 7: Telas de unidades e informações do setor selecionado.**

## RESULTADOS OBTIDOS

O sistema foi implantado na Companhia de Saneamento do Pará para testes de confiabilidade e desempenho, desde agosto de 2010. Atualmente conta-se com 17 módulos instalados por toda a área metropolitana de Belém, monitorando 37 pontos de medição.

O sistema mostrou ser capaz de manipular o volume de dados requisitado, tanto na geração (instrumentos e sistema embarcado), como no recebimento e gravação no banco de dados (servidor).

A funcionalidade dos gráficos se mostrou muito útil para detectar, por exemplo, o histórico de operação dos conjuntos motor-bomba, a variação do consumo de água durante todos os turnos do dia e quando e quanto um reservatório extravasou.

O número de deslocamentos dos técnicos para vistoriar os instrumentos e os dados registrados localmente em cada setor, que antes era de pelo menos uma vez por semana, agora passou a ser uma vez ao mês para realizar manutenção preventiva nos instrumentos.

A escolha da operadora de telefonia celular que presta serviço de tráfego de dados é de fundamental importância para o processo, onde nos testes, algumas apresentaram maior confiabilidade do que outras, variando de acordo com cada ponto de transmissão.

Toda manobra efetuada, é supervisionada pela própria equipe de campo que a realizou, que através do smartphone consegue monitorar a reação da rede em tempo hábil, para possíveis ajustes finos antes de qualquer desequilíbrio hidráulico.

De forma geral, o sistema se comportou bem e apresentou ótima escalabilidade, sendo limitado pela capacidade da rede GSM e pelo número de conexões simultâneas, suportadas pelo servidor. O número de estações que necessitam ser monitoradas em uma companhia, não alcançaria esses limites, bastando apenas a instalação de novos dispositivos e atualização do software supervisor, para expandir o sistema.

## CONCLUSÕES

Este projeto se mostrou de baixo custo, onde os componentes mais onerosos são os macromedidores, que em sua maioria já fazem parte do corpo de equipamentos das empresas e gradativamente são adquiridos elevando o índice de macromedição na companhia.

Ao passar a usar o sistema a empresa diminui os gastos, principalmente, com transporte e telefonia que antes eram suas únicas ferramentas de controle. As manobras ainda continuam, porém o operador só precisa se deslocar para operar o sistema, caso os pontos monitorados necessitem de alguma intervenção humana.

Com o projeto, o profissional da área de saneamento, detém o total controle de supervisão operacional. Sua arquitetura possui a capacidade de expansão para inclusão de lógicas computacionais e telecomandos para que o sistema possa alcançar um nível de controle automatizado.

Consequentemente, benefícios sócio-econômicos e ambientais serão obtidos, afinal a água esta cada vez mais cara, na sua captação e tratamento. A diminuição do desperdício de água tratada, leva à contenção de energia elétrica e produtos químicos que são usados no tratamento. Essa economia tem impacto direto tanto para as empresas de saneamento como para a população em geral e o meio ambiente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARTHUR, R., FIGUEIREDO, R. NASCIMENTO, L. H. B. Projeto de um controlador de alarme de carro Via SMS, 2007.
2. CARLOS, É. Saneamento: Duas décadas de atraso. Trata Brasil: Saneamento é Saúde. [Acesso em: 22 de fevereiro de 2012]; Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/detalhe.php?codigo=122>.

3. DEITEL, H. M. Java, Como Programar. Tradução de Carlos Arthur Lang Lisbôa. Bookman, 4. ed., Porto Alegre – RS, 2003.
4. DEITEL, P., DEITEL, H., DEITEL, A., MORGANO, M. Android for Programmers: An App-Driven Approach Deitel Developer Series. Pearson Education, 1. ed., 2012.
5. FRANGIPANI, M. Técnicas de operação em sistemas de abastecimento de água: Macromedição. Ministério das Cidades, SNSA, Brasília – DF, 2007.
6. GOMES, H. P. Eficiência Hidráulica e Energética em Saneamento: Análise Econômica de Projetos. Editora Universitária/UFPB, 2ª ed., João Pessoa – PB, 2009.
7. LAMON, G. P. S. Pitometria e Macromedição nas Empresas de Saneamento. Unigraf, 1ª ed., Belo Horizonte – MG, 2005.
8. MORIMOTO, C. E. Entendendo os Sistemas Embarcados. Hardware.com.br, 2007 [Acesso em: 09 de março de 2012]; Disponível em: <http://www.hardware.com.br/artigos/entendendo-sistemas-embarcados/>
9. PEREIRA, F. Microcontroladores PIC: Programação em C. Érica, 7ª ed., São Paulo – SP, 2007.
10. ROZAS, N.; PRADO, R. T. A. Implatação de Sistemas de Leitura Automática de Medidores de Insumos Prediais. São Paulo-Sp, 2002.
11. SOARES, ALEXANDRE KEPLER. Calibração de Modelos de Redes de Distribuição de Água para Abastecimento Considerando Vazamentos e Demandas Dirigidas pela Pressão. São Paulo:Universidade de São Paulo, 178 p., 2003.
12. TANENBAUM, A. S. Redes de Computadores. Tradução de Vandeberg D. de Souza. Editora Campus, 4º ed., Rio de Janeiro- RJ, 2003.