

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA 3T PARA PROCESSOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA TRATADA

Bruno Rafael Lourenço Lacerda¹

Ricardo Santiago Dias²

Eduardo de Queiroz Braga³

RESUMO: Tratou-se de um estudo com o objetivo de projetar e desenvolver um sistema de controle e supervisão, para o processo de abastecimento de água do vilarejo de Monte Belo, situado no município de Carbonita de Minas, estado de Minas Gerais. Sistema baseado no conceito 3T, conjunto das atividades de: telemetria, telecomando e telessupervisão que caracterizam o sistema SCADA ("Supervisory Control and Data Acquisition"). A implementação deste sistema propiciará a resolução de dois problemas da atualidade: escassez de água e consumo eficiente da energia elétrica.

PALAVRAS-CHAVE: Controle, Supervisão, Telemetria, Telecomando, Telessupervisão.

Abstract: This was a study in order to design and develop a system of control and supervision, to the process of water supply of the village of Monte Belo, situated in the municipality of Carbonita de Minas, State of Minas Gerais. 3T concept-based system, set of activities: Telesupervision and Telecontrol and Telemetry that characterize the SCADA system (Supervisory Control and Data acquisition system"). The implementation of this system will provide the resolution of two issues today: water scarcity and efficient consumption of electricity.

Keywords: control, supervision, telemetry, remote control, telesupervision, SCADA system.

¹ Graduando em engenharia elétrica. UNIBH, 2014, MG. Email: brunolacerda18@hotmail.com

² Graduando em engenharia elétrica. UNIBH, 2014, MG. Email: ricardosantiagodias@hotmail.com

³ Mestre em engenharia elétrica. UFMG, Professor do Centro Universitário de Belo Horizonte. UNIBH. Belo Horizonte, MG. Email: Eduardo.braga@prof.unibh.br

1 INTRODUÇÃO

A Automação de sistemas de abastecimento de água, até pouco tempo atrás era realizada de forma antiquada. O controle de nível dos reservatórios era feito de forma local, por intermédio de chave boias de nível mínimo e máximo que atendiam as necessidades operacionais quanto aos limites dos reservatórios, e que não dispunham de tecnologia para controle do processo. O advento dos Controladores Lógicos Programáveis - (PLC's), associado ao desenvolvimento de Sistemas Supervisórios (SCADA), permitiu a automação deste processo.

Os PLC's permitem por intermédio de lógica previamente programada exercer comandos sobre atuadores de dispositivos hidromecânicos, tais como: válvulas e bombas, além, de obter o controle de acordo com objetivos previamente estabelecidos, com base em

informações obtidas através de sensores que supervisionam (monitoram) as variáveis de estado de interesse.

O conjunto das atividades de: telemetria, telecomando e telessupervisão caracterizam o sistema SCADA (“Supervisory Control and Data Acquisition”).

A tradução desses termos resulta em: Supervisão, Controle e Aquisição de Dados, que expressam adequadamente a utilização desses sistemas para monitorar e controlar equipamentos em processos industriais e residenciais diversos.

Apesar das inúmeras vantagens que a automação e o controle propiciam, talvez, a “indústria da água” e a do saneamento em geral, tenham sido uma das últimas a empregar efetivamente esta tecnologia. Principalmente quando a comparação é realizada com processos que exigem maior confiabilidade. Tais como: refinarias de petróleo, telecomunicações, siderúrgicas, usinas de açúcar e álcool e geração e distribuição de energia.

Esse fato mostra a defasagem tecnológica entre os meios de controle dos processos industriais que retratam as reais possibilidades da automação e controle, e os processos voltados para suprir as necessidades da população que retratam a prática convencional.

Neste sentido, o objetivo deste artigo é apresentar um sistema SCADA modelo de baixo custo, com o intuito de nortear a implantação destes sistemas em locais que se vislumbre sua possível aplicação.

Este sistema modelo permite além do controle do nível dos reservatórios, a execução de comandos remotos em motores e válvulas através do emprego de PLC's. Além disso, permite a troca de dados através de Unidades Terminais Remotas (UTR's), que transmitem e recebem informações por radiofrequência.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

O vilarejo de Monte Belo, situado no município de Carbonita, localizado no vale do Jequitinhonha, região norte do estado de Minas Gerais, usufrui de um processo arcaico de distribuição de água.

O controle do nível dos reservatórios é feito por um funcionário da prefeitura, que também é responsável por manobrar manualmente a abertura e o fechamento de uma válvula.

Além das atividades antes mencionadas, esse funcionário ainda percorre uma média 20 km por dia, para realizar as intervenções necessárias. Isso equivale a mais de 7.000 km por ano.

Outro problema deste método antiquado é a incapacidade de mitigar problemas de ordem mecânica dos equipamentos que constituem o sistema.

1.1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

1. Necessidade de acionamento de bombas de forma manual;
2. Controle de nível visual (presencial);
3. Necessidade de deslocamento para mensurar o nível dos dois reservatórios;
4. Necessidade de manobrar válvulas;
5. Perdas significativas de água por extravasão;
6. Demora na detecção de problemas;
7. Consumo excessivo de energia elétrica;
8. Insatisfação dos moradores;
9. Riscos a saúde da população, por utilizar o método de abastecimento de água por intermédio de caminhões pipa sem as fiscalizações devidas.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do projeto é desenvolver um Sistema SCADA voltado para o abastecimento de água tratada, como alternativa de modernização tecnológica através da substituição do sistema existente. Retrata como característica primordial uma alternativa de controle e automação de baixo custo, quando comparado a PLC's, ao utilizar Unidades Terminais Remotas – UTR's.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Levantar os dados do sistema de abastecimento de água convencional, através de visita técnica ao local.
- Implantar inteligência artificial ao processo, através da tecnologia Controflex, software de supervisão e controle (SCADA) e simular em nível de bancada o funcionamento do sistema de abastecimento de água.
- Avaliar a viabilidade econômica e operacional do projeto.

1.2 JUSTIFICATIVA

O desenvolvimento do sistema proposto propiciará atacar diretamente dois problemas da atualidade, que são: a escassez de água e o consumo exagerado de energia elétrica.

Primeiro, pelo controle dos dutos, evitando assim o transbordo proveniente de perfurações e em casos extremos o rompimento das tubulações.

Segundo, pelo controle do acionamento das bombas:

- Ligar e desligar as bombas em função dos níveis operacionais limites dos reservatórios sempre que houver atuação do sensor de nível inferior ou superior. Este controle impede o modo intermitente de funcionamento das bombas.
- Evitar o acionamento das bombas durante o período de horo-sazonal, através de curvas de consumo provenientes dos gráficos gerados pela aplicação.

Os pontos acima descritos permitem que os habitantes do vilarejo sejam atendidos em seu direito de utilização da água, dentro dos padrões de regiões desenvolvidas, como os grandes centros urbanos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 SISTEMA CONTROLFLEX

O Sistema Controlflex é uma tecnologia desenvolvida pela Flex Telecom, para implantação completa de qualquer tipo de automação, telemetria, telecontrole e telessupervisão de processos industriais através do princípio de radiofrequência.

2.1.1 TELEMETRIA

Trata das medições e tráfego de informações via rádio modem das variáveis do processo de distribuição tais como vazão, nível, pressão, grandezas elétricas, status de operação e comando dos motores.

2.1.2 TELECONTROLE

Trata da recepção dos sinais de medição, processamento de dados recebidos e envio de comandos, manuais ou programados, à distância para alterações de parâmetros em função das variáveis de controle do sistema.

2.1.3 TELESSUPERVISÃO

Trata do monitoramento em tempo real, com possibilidade de intervenção, a distância de todo o processo.

2.2 UNIDADE TERMINAL REMOTA

O componente principal do Sistema Controlflex é a UTR5. A UTR5 é basicamente um dispositivo que engloba entradas/saídas digitais e analógicas que atuam em dispositivos externos e que por sua vez, monitoram grandezas elétricas, além dos circuitos de radiofrequência para a comunicação com outras UTR5.

2.2.1 ESTRUTURA DA UTR5



Figura 1. UTR5

Fonte: Flex Telecom, 2013.

A Unidade Terminal Remota UTR5 é composta de:

- Entradas digitais (8 ED);
- Entradas analógicas (4 EA);
- Saídas digitais (8 SD);
- Saídas analógicas (2 SA);
- Circuitos de radiofrequência;
- Interface de comunicação para configuração;
- Interface de comunicação para expansão.

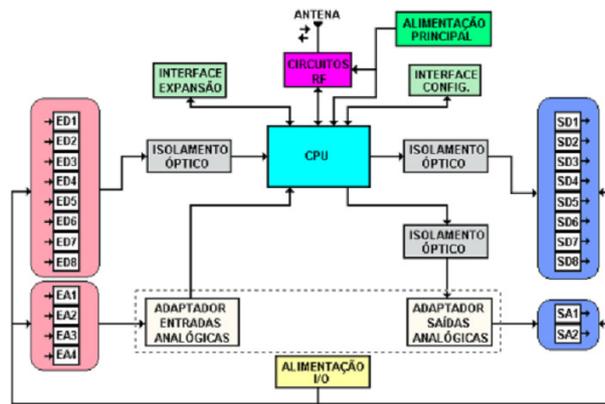


Figura 2. UTR5 – Diagrama de Blocos.

Fonte: Flex Telecom, 2013.

2.2.2 MÓDULOS DE RÁDIO FREQUÊNCIA (RF)

A UTR5 foi projetada para utilização de módulos de radiofrequência nas faixas de *Very High Frequency* (VHF) e *Ultra High Frequency* (UHF). O comportamento do equipamento sob o ponto de vista de radiofrequência é exclusivamente dependente do módulo utilizado.

2.2.2.1 MÓDULOS TRANSCÉPTORES

Para operação no modo bidirecional, a UTR5 deve utilizar um módulo transceptor de RF.

Dados técnicos do módulo transceptor:

VHF:

- Impedância da saída para antena: 50Ω;
- Espaçamento de canal: 25kHz;
- Potência de transmissão: 10dBm / 20dBm / 25dBm / 27dBm / 30dBm;
- Emissão de espúrios: -40dBm;
- Precisão da frequência: ±2,5kHz;
- Modulação / desvio (pico): FM / 3kHz;
- Modulação máxima de banda-base @ -3dB: 5kHz;
- Sensibilidade Rx @ 12dB SINAD: -120dBm;
- Imagem de rejeição: 60dB;
- Rejeição de canal adjacente: 70dB.

UHF:

- Impedância da saída para antena: 50Ω;
- Potência de transmissão: 3,2dBm / 17dBm;
- Emissão de espúrios: -55dBm;
- Modulação / desvio (pico): FM / ±27kHz;
- Modulação máxima de banda-base @ -3dB: 35kHz;
- Sensibilidade Rx @ 10dB S/N: -113dBm;
- Imagem de rejeição: 50dB.

2.2.3 RESUMO DE OPERAÇÃO

A UTR5 opera através de diversas funções específicas. Suas principais funções são:

- Monitoramento das entradas:
 - Monitoramento das entradas digitais;
 - Monitoramento das entradas analógicas;
 - Monitoramento da entrada de totalização (pulsada);
 - Endereçamento das entradas.
- Recepção de dados em RF:
 - Monitoramento de portadora;
 - Recepção de dados.
- Atualização das saídas:
 - Atualização das saídas digitais;
 - Atualização das saídas analógicas.
- Monitoramento da Interface de Expansão:
 - Monitoramento da entrada de dados na interface de expansão;
- Transmissão de dados para a Interface de Expansão:
 - Transmissão de todos os pacotes recebidos para a interface de expansão.
- Operação em modo bidirecional ou unidirecional:
 - Operação conforme a configuração selecionada.

2.2.4 CONFIGURAÇÃO DA UTR5

A UTR5 opera sistematicamente através de parâmetros previamente configurados. Estes parâmetros são armazenados em memória não-volátil (EEPROM - *Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory*).

2.2.4.1 PROGCF5

O programa “ProgCF5” é utilizado para:

- Gravar os parâmetros na UTR5:
- Ler os parâmetros gravados na UTR5:
- Abrir arquivos de configuração:
- Salvar arquivos de configuração.

O ProgCF5 é compatível com todos os sistemas operacionais Windows.

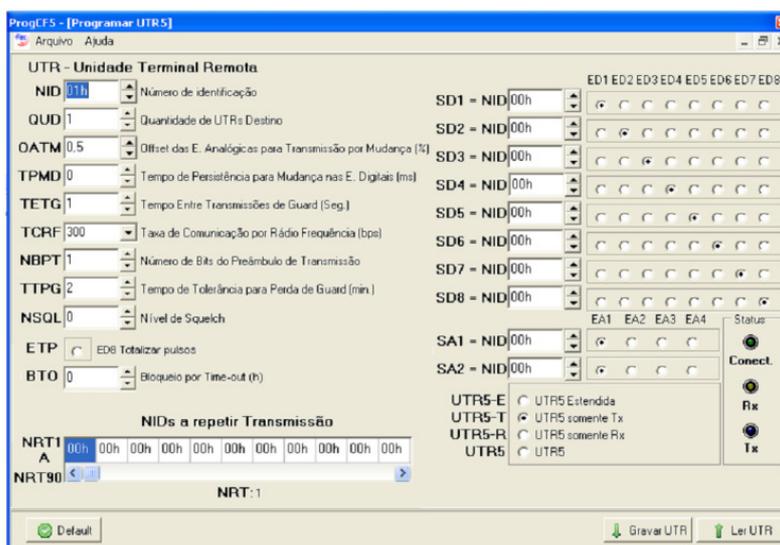


Figura 3. Software ProgCF5.

Fonte: Flex Telecom, 2014.

2.2.5 TOPOLOGIA DO SISTEMA

O Sistema Controlflex pode ser utilizado em configuração "ponto a ponto" e "multiponto", ambas com ou sem telessupervisão.

2.2.5.1 TOPOLOGIA “PONTO A PONTO”

Na topologia “ponto a ponto” a UTR5 é utilizada aos pares. Considere uma aplicação de controle entre a Estação 1 e a Estação 2. Neste tipo de aplicação podem ser utilizadas antenas direcionais de ganho, aumentando ainda mais o alcance direto do enlace.

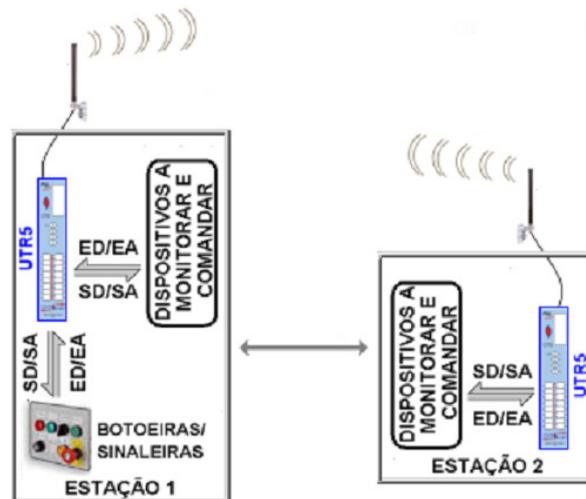


Figura 4. Topologia Ponto a Ponto.

Fonte: Flex Telecom, 2014.

2.2.5.2 TOPOLOGIA “MULTIPONTO”

Na topologia multiponto, várias UTR5 são instaladas e efetivam enlaces de comunicação de formas variadas.

Em síntese, qualquer UTR5 do sistema poderá receber variáveis de qualquer outra UTR5 e da Unidade Supervisora (USUP) e enviar variáveis para qualquer outra UTR5 (e para a USUP). Todas as UTR5 podem operar no modo “master”, iniciando uma comunicação.

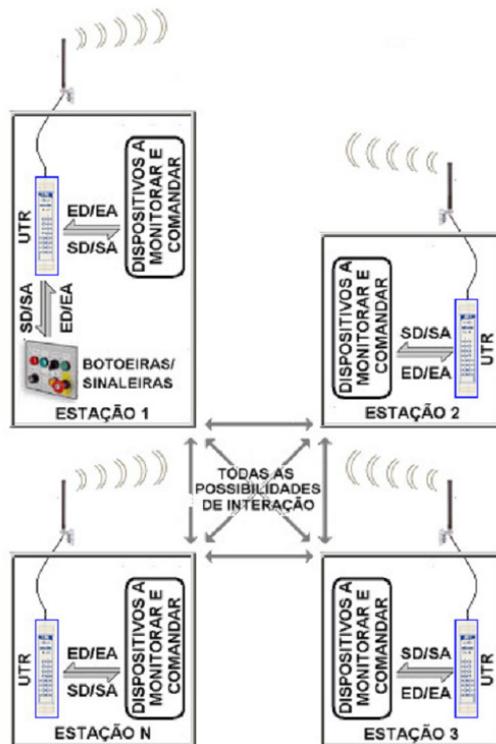


Figura 5. Topologia Multiponto.

Fonte: Flex Telecom, 2014.

2.2.5.3 TOPOLOGIA “MULTIPONTO” UTILIZANDO TELESSUPERVISÃO

Qualquer topologia utilizada pode incluir uma estação de telessupervisão. Na estação de telessupervisão, todas as variáveis do sistema são agregadas em telas desenhadas e esquematizadas de forma representativa, associando-se facilmente aos dispositivos do sistema.

Com a centralização das informações, em tempo real, de todas as estações num só local (a estação supervisora), todos os tipos de relatórios, gráficos, análises, geração de alarmes automáticos em situações críticas, registros de dados, são possíveis.

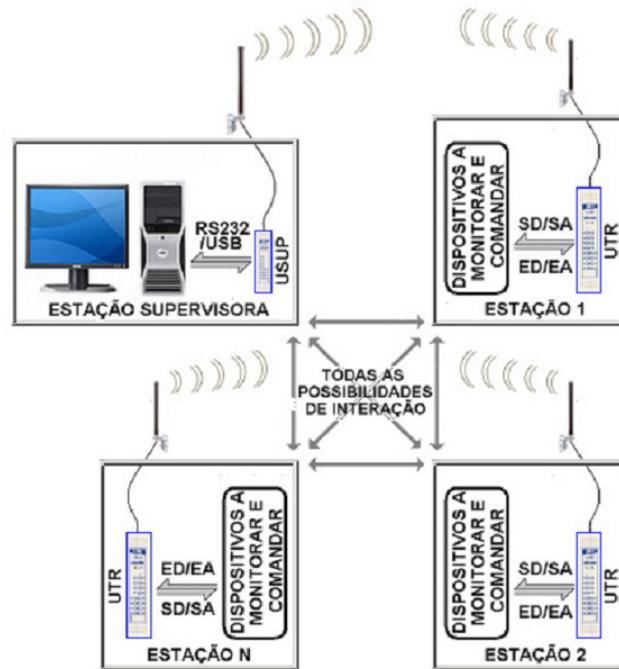


Figura 6. Topologia Multiponto com Telessupervisão.

Fonte: Flex Telecom, 2014.

2.3 ENLACES DE RF

2.3.1 NOÇÕES SOBRE RF

Sinais elétricos oscilantes com frequência entre 10kHz e 300GHz são denominados sinais de radiofrequência. Nesta faixa ocorre o fenômeno físico da radiação, onde o sinal se propaga no espaço. Uma vez propagado, é possível que seja captado. Milhões de dispositivos eletrônicos utilizam esta possibilidade para transmitir e receber informação de um ponto a outro.

As antenas são utilizadas para transmitir e receber ondas de rádio. Ligada a um transmissor, a antena converte os sinais elétricos fornecidos pelo transmissor em ondas eletromagnéticas que se propagam no espaço. Ligada a um receptor, capta as ondas eletromagnéticas e as converte em sinais elétricos que são amplificados e utilizados pelo receptor.

2.3.2 AVALIAÇÃO DO ENLACE

Para que um sinal transmitido possa ser efetivamente captado e aproveitado pelo receptor, algumas condições têm que ser satisfeitas. Em síntese, os principais fatores que influenciam na possibilidade de um enlace são:

- Distância entre a antena transmissora e antena receptora;
- Distância de obstáculos em relação à antena transmissora e à antena receptora;
- Potência do transmissor;
- Ganho da antena;
- Sensibilidade do receptor;
- Ruídos e interferências de sinal na mesma frequência;

De uma maneira bastante simplificada, uma análise destes fatores indica a qualidade do enlace. Enlaces mais críticos poderão requerer um ou mais de um dos artifícios a seguir:

- Utilização de antenas de maior ganho;
- Elevação das antenas;
- Aumento da potência de transmissão;

2.3.3 TIPOS DE ANTENA

Para o sistema Controlflex são utilizados basicamente dois tipos de antena: omnidirecionais ou direcionais.

Antenas omnidirecionais:

As antenas omnidirecionais são utilizadas normalmente em enlaces menos críticos onde a utilização das antenas direcionais é impossibilitada (espaço físico, necessidade de transmissão ou recepção em direções em mais de um quadrante, etc.).



Figura 7. Antena plano-terra omnidirecional.

Fonte: Flex Telecom, 2014.

A utilização de antena omnidirecional para transmissão é menos indicada para licenciamento da estação, uma vez que implica em propagação do sinal em todas as direções do plano horizontal.

Antenas direcionais:

As antenas direcionais proporcionam um ganho no sinal e a característica de direcionalidade. Ou seja, atenuam os sinais em quase todas as direções e amplificam na direção principal.

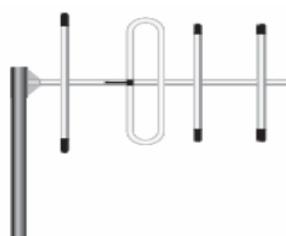


Figura 8. Antena direcional Yagi.

Fonte: Flex Telecom, 2014.

Antenas precisam operar em polaridade igual em todos os pontos de enlace.

2.3.4 CABOS COAXIAIS

A correta utilização do cabo que interliga a UTR5 à antena é de vital importância. Em qualquer sistema, é necessária a utilização dos três elementos de forma a haver um casamento de impedâncias. Transmissor (ou receptor), cabo e antena necessitam ter impedância de mesmo valor. O sistema Controlflex opera com impedância de 50Ω , portanto, a impedância característica do cabo coaxial a ser utilizado também deverá ser de 50Ω .

O comprimento do cabo é mais um fator importante para o sistema. Deve ser tão curto quanto possível, para que não ocasione perda significativa. Esta perda é função também do tipo do cabo e da frequência de trabalho. Deve-se evitar que haja uma perda maior que 2dB.

A seguir, uma tabela com os comprimentos máximos recomendados, por tipo de cabo *Radio Guide* (RG), para que não haja perda maior que 2dB no cabo.

TABELA 1 – Comprimento cabos coaxiais.

| FREQ (MHz) | RG – 58 (m) | RGC – 58 (m) | RG – 213 (m) | RGC – 21 (m) |
|---------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 150 | 10 | 15 | 23 | 35 |
| 900 | 3 | 5 | 07 | 12 |

Fonte – Flex Telecom, 2011.

Portanto, é importante que o posicionamento da caixa de montagem em relação à localização da antena seja previamente avaliado, de forma a permitir o uso de cabos mais curtos.

2.4 SCADA

De acordo com Tsutiya (2004), os softwares de supervisão e controle são programas para computadores que consultam as memórias do CLP's via rede ou interface de comunicação, podendo apresentar telas gráficas animadas do processo, gráficos de tendências, relatórios de alarmes, históricos de operação, exportação de bancos de dados de processo e edição do programa dos controladores.

Normalmente ficam em estações de trabalho (computadores dedicados a uma função), distante do processo controlado e são usados para supervisionar o funcionamento do sistema como um todo. Estas estações normalmente são chamadas de estações centrais de controle.

Os sistemas SCADA são utilizados para monitorar e controlar plantas ou equipamentos em indústrias, tais como, telecomunicações, controle de água e esgoto, energia, refinarias e transporte de gás e óleo.

Sistemas SCADA, se encarregam de transferir os dados entre o computador central SCADA e os PLC's. O sistema coleta as informações (como em que setor da cidade ocorreu o vazamento), transfere a informação para a central, e alerta a estação que um vazamento ocorreu, realizando análise e controle. Como a informação se o vazamento é crítico, e mostrando a informação de maneira lógica e organizada.

Esses sistemas podem ser relativamente simples, como monitorar as condições do meio ambiente de um pequeno gabinete, ou complexas, como monitorar todas as atividades em uma planta de energia nuclear ou as atividades de um sistema municipal de tratamento de água.

Hoje muitos sistemas são monitorados usando uma infra-estrutura corporativa através de redes globais. A tecnologia de comunicação sem fio existente hoje no mercado possibilita sua ampla utilização em sistemas SCADA para a finalidade de monitoração à distância.

2.4.1 ELIPSE E3

O Elipse E3 é um sistema de supervisão e controle de processos desenvolvido para atender os atuais requisitos de conectividade, flexibilidade e confiabilidade, sendo ideal para uso em sistemas críticos.

Com uma arquitetura de operação em rede que compõe um verdadeiro sistema multicamadas, o *software* oferece uma plataforma de rápido desenvolvimento de aplicações, alta capacidade de comunicação e garantia de expansão, preservando os investimentos.

A solução permite a comunicação com inúmeros protocolos e equipamentos, podendo acomodar tanto os sistemas locais (LAN – *Local Area Network*) quanto os geograficamente distribuídos (WAN – *Wide Area Network*).

2.4.2 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO SOFTWARE

- Completo editor gráfico;
- Servidores robustos que coletam, processam e distribuem dados de diversas fontes em tempo real;
- Arquitetura distribuída e redundante de fácil configuração;
- Orientação total a objetos: uso intensivo de bibliotecas do usuário, com a criação de galerias e templates de objetos gráficos e estruturas de dados, que podem se adaptar a qualquer aplicação;
- Extensa biblioteca com mais de 3 mil símbolos gráficos vetoriais;
- Bancos de dados abertos: o Elipse E3 não utiliza formatos proprietários;
- Poderosa ferramenta de relatórios incluída;
- Completo gerenciamento de alarmes e eventos;
- Completo módulo de relatórios;
- A Elipse *Software* possui mais de 300 drivers de comunicação disponíveis, voltados aos mais diferentes equipamentos e protocolos existentes no mercado.

3 METODOLOGIA

A metodologia do trabalho inicia-se com o levantamento dos dados necessários para garantir a confiabilidade do processo, a eficiência energética e por fim a qualidade da água entregue aos consumidores finais.

Para melhor domínio da pesquisa, foram estudados alguns sistemas SCADA, implantados em cidades do estado, para então chegar ao modelo que melhor abrange a necessidade do processo de distribuição do município de Carbonita.

Finalizando a etapa de estudo, inicia-se o processo de simulações computacionais baseando-se em softwares específicos: CFSim/Elipse E3. As simulações permitem analisar o desempenho do sistema em nível de bancada.

Ao final das simulações, gráficos analíticos são gerados com intuito de obter conclusões significativas em resposta aos problemas propostos na pesquisa.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DE ESTUDO

Um sistema SCADA foi desenvolvido para a solução do problema do sistema de reservação e distribuição do vilarejo de Monte Belo, na cidade de Carbonita, que possui cerca de 9.000 habitantes (Abril 2012), e um total de 350 ligações residenciais, cuja concessionária responsável é a COPANOR (COPASA Serviços de Saneamento do Norte e Nordeste de Minas Gerais S/A).

O município localiza-se a 421 Km de Belo Horizonte, e a 135 Km de Diamantina, na zona do Alto Jequitinhonha, ao Nordeste de Minas Gerais, como ilustra a Figura 9.

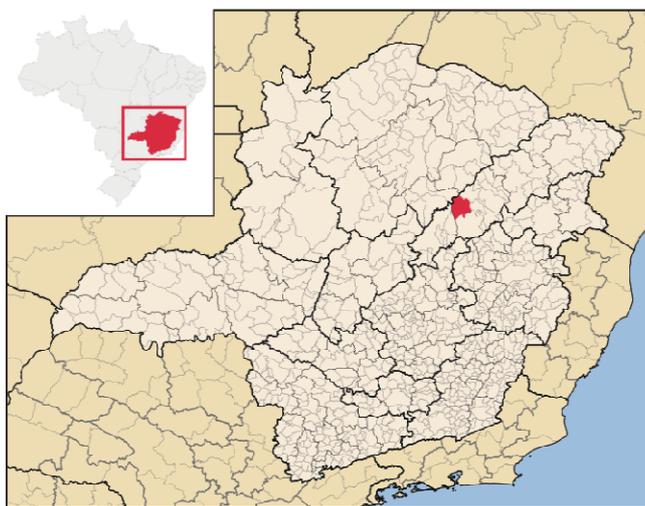


Figura 9. Mapa de localização de Carbonita.

Fonte: Copasa Serviços de Saneamento do Norte e Nordeste de Minas Gerais S/A.

Carbonita está situada a 17°31'54.01"S de longitude e 43° 0'49.16"O de latitude. A altitude média do município é de 755 m.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 DADOS COLETADOS

O sistema de abastecimento de água tratada do vilarejo de Monte Belo é composto por três unidades operacionais, também chamadas de Estações, sendo dois Reservatórios e uma Elevatória de água tratada.

As Estações estão distribuídas geograficamente num raio de 10 km, conforme Figura 11.

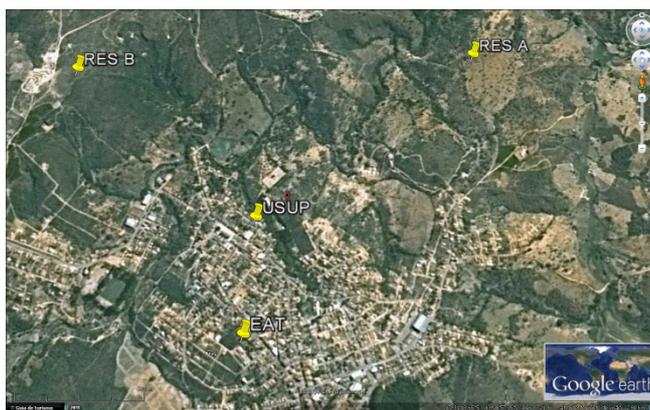


Figura 10. Distribuição geográfica das Estações.

Fonte: Autor, 2014.

O funcionamento do sistema pode ser representado pela Figura 12:

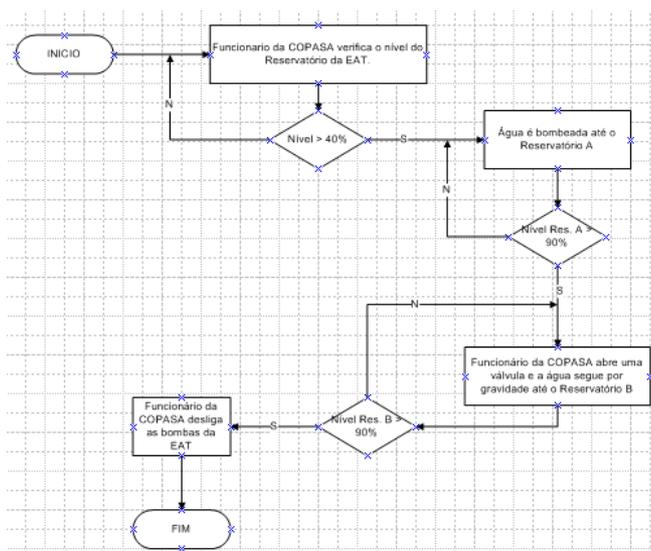


Figura 11. Fluxograma de funcionamento do processo.

Fonte: Autor, 2014.

A Elevatória (EAT) bombeia água para o Reservatório A. Quando o nível do Reservatório A atinge 90%, um funcionário abre manualmente a Válvula X, com isso a água segue por gravidade até o Reservatório B. Quando finalmente é distribuída pelas residências.

4.2 IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA AUTOMATIZADO

Neste trabalho foram utilizados UTR's para efetuar o controle e monitoramento das variáveis do processo e um sistema SCADA, para armazenar os valores dos níveis dos reservatórios e facilitar a monitoração e análise ao longo do tempo.

4.3 DESCRITIVO GERAL DAS ESTAÇÕES

O sistema de telemetria, telecontrole e telessupervisão proposto é composto de três unidades operacionais (Estações) e um centro de operações (COS).

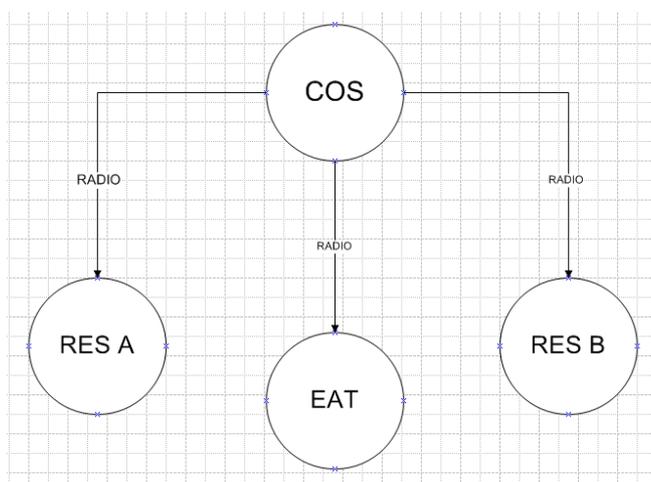


Figura 12. Croqui das Estações.

Fonte: Autor, 2014.

Cada Estação é munida de uma unidade terminal remota (UTR), para execução das funções de monitoramento, automação e telecontrole.

O Centro de Operação é munido de uma Unidade Supervisora, um computador (e seus acessórios) com *software* supervisor e a aplicação configurada. O COS está configurado para executar todas as funções de supervisão, incluindo comandos no sistema.

4.3.1 CENTRO DE OPERAÇÕES (COS)

Teremos um COS (Centro de Operações) dotado de computador e uma eficiente rede de transmissão de dados, que recebe e transmite uma gama de informações via unidades terminais remotas (UTR's) aos equipamentos e instrumentos de medição e controle instalados em campo. A Unidade Supervisora instalada no COS, tem a função de efetivar a comunicação com todas as UTR5 do sistema e com o software supervisor. Basicamente, a USUP recebe pacotes de dados das UTR5 e os envia ao supervisor; e também recebe comandos originados no supervisor e os envia às UTR5 de destino. A comunicação entre a USUP e as UTR5 do sistema é efetivada através de enlaces de radiofrequência. Entre a USUP e o supervisor a comunicação é efetivada através de cabo serial (RS232).

4.3.1.1 FOTO DO QUADRO



Figura 13. Foto da Estação Supervisora.

Fonte: Autor, 2014.

4.3.2 ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA

A partida e parada das moto-bombas poderá ser feita de três formas:

- Remotamente em função do nível mínimo e máximo do Reservatório A;
- Remotamente em função de comandos provenientes do Supervisor;
- Manualmente através do Quadro de Comandos;

A EAT irá monitorar as seguintes variáveis:

- Entradas digitais (ED):
 - Falta de Fase;
 - Presença na Estação;
 - Estado do Motor 1.
 - Estado do Motor 2;
 - Sobrecarga/Falha no CMB1;
 - Sobrecarga/Falha no CMB2.

- Saídas digitais (SD):
 - Comando seleção A/M;
 - Comando seleção CMB1/CMB2;
 - Comando L/D.

- Entradas Analógicas (EA):
 - Corrente do Motor 1;
 - Corrente do Motor 2.

4.3.2.1 FOTO DO QUADRO



Figura 14. Foto da Estação EAT.

Fonte: Autor, 2014.

4.3.3 RESERVATÓRIO A

O Reservatório A irá monitorar as seguintes variáveis:

- Entradas digitais (ED):
 - Falta de Fase;
 - Presença na Estação;
 - Extravasão.
- Entradas Analógicas (EA):
 - Nível do Reservatório.

4.3.3.1 FOTO DO QUADRO



Figura 15. Foto da Estação RES A.

Fonte: Autor, 2014.

4.3.4 RESERVATÓRIO B

O Reservatório B irá monitorar as seguintes variáveis:

- Entradas digitais (ED):
 - Falta de Fase;
 - Presença na Estação;
 - Extravasão.

- Entradas Analógicas (EA):
 - Nível do Reservatório.

4.3.4.1 FOTO DO QUADRO



Figura 16. Fotos da Estação RES B.

Fonte: Autor, 2014.

4.4 ESTUDO DE ENLACE

O estudo de enlace foi feito para garantir a comunicação entre as UTR's que compõem o sistema e a USUP.

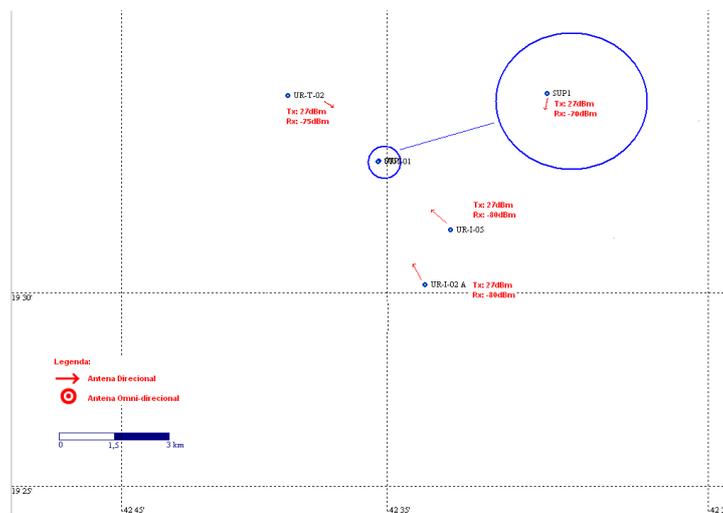


Figura 17. Níveis de intensidade de sinal.

Fonte: Autor, 2014.

Foram analisados os seguintes enlaces:

- EAT – USUP
- RES A – USUP
- RES B - USUP.

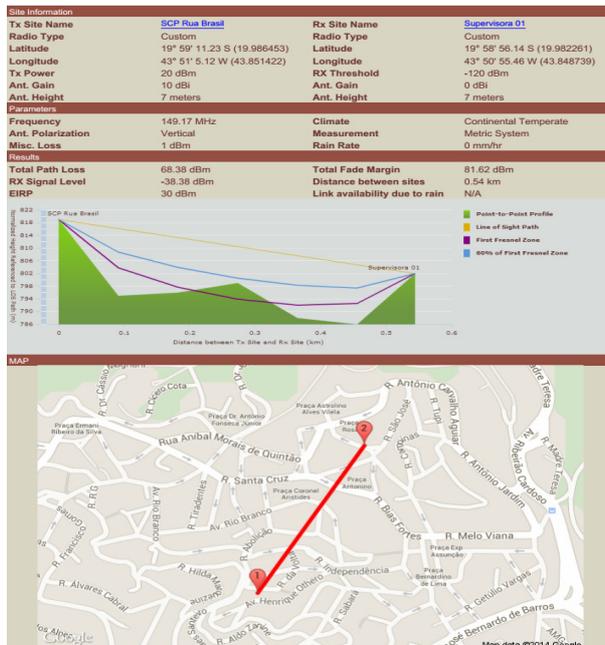


Figura 18. Viabilidade de comunicação entre a EAT - USUP.
Fonte: Autor, 2014.

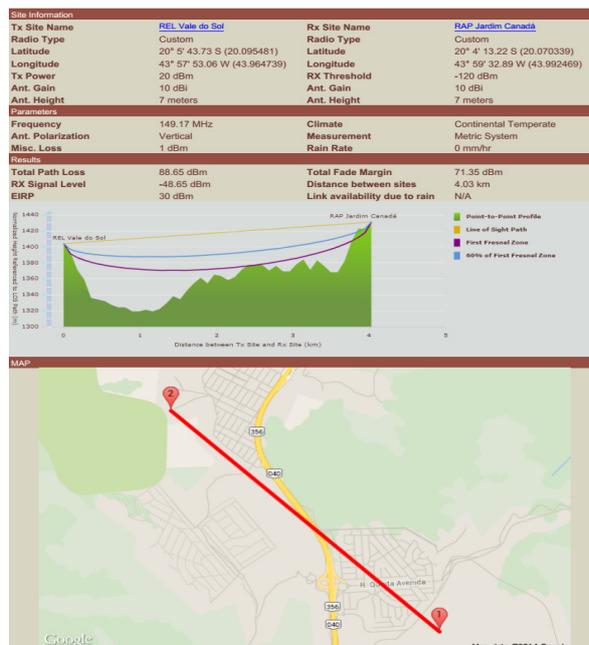


Figura 19. Viabilidade de comunicação entre a RES A - USUP.
Fonte: Autor, 2014.

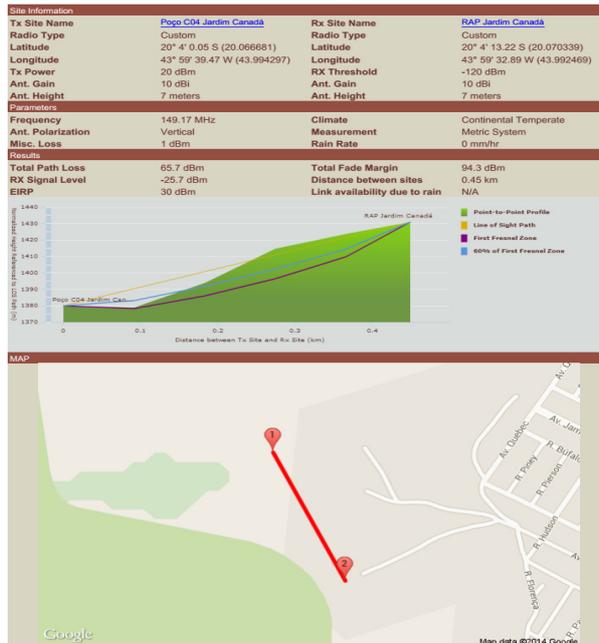


Figura 20. Viabilidade de comunicação entre a RES B - USUP.
 Fonte: Autor, 2014.

Abaixo uma Tabela com os valores obtidos através da simulação.

TABELA 2 – Valores Simulação.

| ESTAÇÃO | COORDENADAS | | FREQUÊNCIA |
|-----------|--------------|--------------|-------------|
| | LATITUDE | LONGITUDE | |
| USUP | 15°18'39.14' | 41°56'06.34' | 149,170 MHz |
| EST | 15°18'39.14' | 41°56'06.34' | 149,170 MHz |
| Reserv. A | 15°18'39.14' | 41°56'06.34' | 149,170 MHz |
| Reserv. B | 15°18'39.14' | 41°56'06.34' | 149,170 MHz |

Fonte – Autor, 2014.

TABELA 3 – Valores Simulação.

| ESTAÇÃO | TIPO ANTENA | ALT. | AJUSTE POT. (mW) | NÍVEL RX | |
|-----------|-------------|------|------------------|-------------|--------------|
| | | | | NÍVEL (dBm) | ORIG EM |
| USUP | Om | 15m | 500 | -95 | Reservatório |
| EAT | Direcion. | 6m | 500 | -70 | USUP |
| Reserv. A | Direcion. | 6m | 500 | -70 | USUP |
| Reserv. B | Direcion. | 6m | 500 | -70 | USUP |

Fonte – Autor, 2014.

4.4.1 ANTENAS

Dois modelos foram utilizados, a omnidirecional, (responsável pela transmissão/recepção em todas as direções) e a Yagi, (responsável pela transmissão/recepção em apenas uma direção), ambas da marca Electril, homologadas pela ANATEL (Agencia Nacional de Telecomunicações).

A antena utilizada na Estação Supervisora é do tipo omnidirecional, enquanto que as demais antenas utilizadas são do tipo Yagi. O modelo da antena omnidirecional é PT-120 que possui um ganho de 0dB e o modelo da direcional é DX 3/150AJ que possui 10,14 dB de ganho.



Figura 21. Antenas utilizadas no sistema.

Fonte: Autor, 2014.

4.5 DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE

O Sistema de Supervisão foi desenvolvido utilizando o *software* Elipse E3 Studio, respeitando criteriosas restrições de segurança e funcionalidade, a fim de garantir uma aplicação de qualidade.

4.5.1 TELA SINÓPTICA

A Tela Sinóptica retrata de forma global todas as Unidades Operacionais que formam o Sistema de Abastecimento.

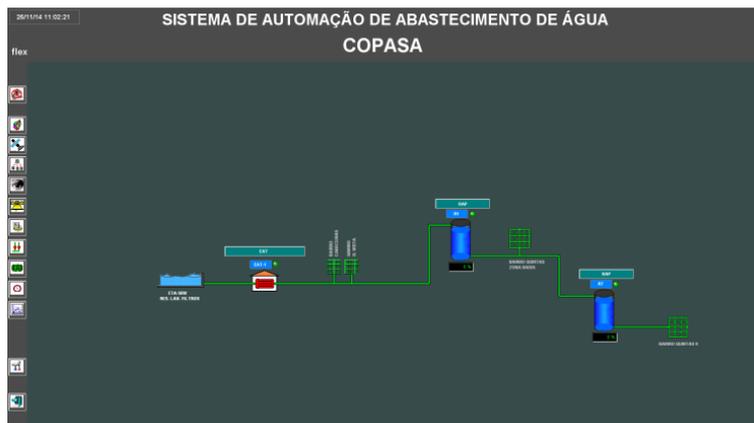


Figura 22. Tela Sinóptica.

Fonte: Autor, 2014.

4.5.2 TELA UNIDADE OPERACIONAL

Na tela Unidade Operacional, todas as variáveis das Estações são mostradas de forma detalhada através de alusivos símbolos gráficos.

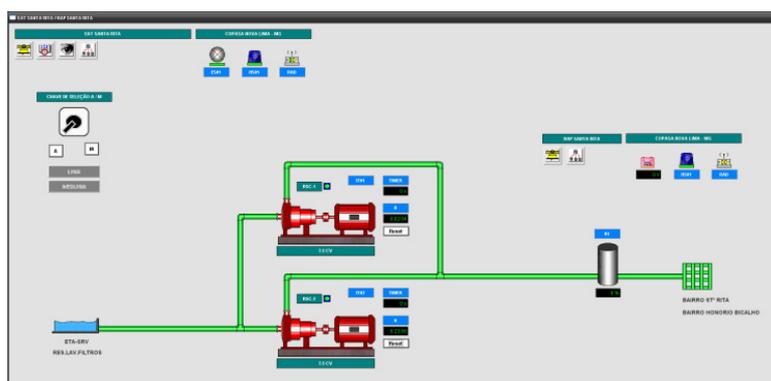


Figura 23. Tela Unidade Operacional.

Fonte: Autor, 2014.

4.5.3 TOPOLOGIA DA REDE

Na Tela Topologia da Rede é possível visualizar o status de comunicação de todas as Estações.

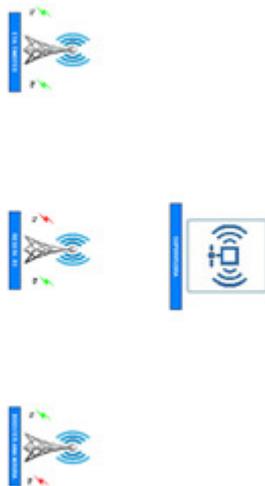


Figura 24. Tela Topologia de Rede.

Fonte: Autor, 2014.

4.5.4 RELATÓRIOS

Além de disponibilizar ao operador todas as informações relacionadas ao sistema em tempo real, o supervisor também registra esses dados em histórico, possibilitando diversas ações, desde uma simples visualização até consultas por data específica.


SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA


R01HistComunicações - Relatório de Histórico de Erros de Comunicações

| Data / Hora | Unidade Operacional | Situação | Remota (NID) | Código |
|----------------|---------------------------------------|-------------|--------------|--------|
| 17/02/11 13:28 | EAR2 - Captação Rio Parapebea | Leitura OK | 6 | 0 |
| 17/02/11 13:28 | Poco C14 - Fumil | Leitura OK | 20 | 0 |
| 17/02/11 13:28 | Poco C14 - Fumil | Gravação OK | 84 | 0 |
| 17/02/11 13:28 | EAR2 - Captação Rio Parapebea | Gravação OK | 70 | 0 |
| 17/02/11 13:28 | Poco C18 - Fumil | Leitura OK | 21 | 0 |
| 17/02/11 13:28 | Poco C18 - Fumil | Gravação OK | 85 | 0 |
| 17/02/11 13:28 | EAR1 / POCO C21 - Captação Rib. Cedro | Leitura OK | 2 | 0 |
| 17/02/11 13:28 | Poco C06 - Fazenda da Bitu | Leitura OK | 18 | 0 |

Figura 25. Tela Relatório.

Fonte: Autor, 2014.

4.5.5 GRÁFICOS

Na aplicação é possível plotar dados em tempo real, históricos ou ambos, diretamente de qualquer variável ou base de dados.

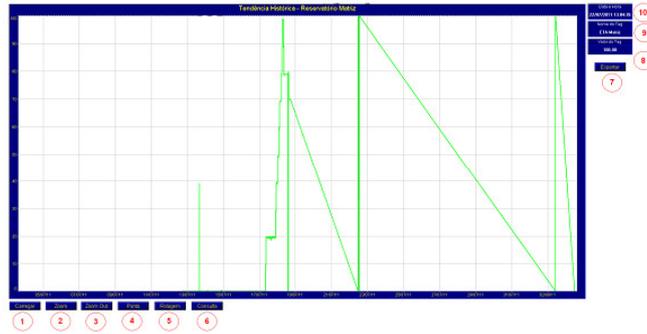


Figura 26. Tela Gráficos.
Fonte: Autor, 2014.

4.6 SIMULAÇÃO

Toda a simulação do Sistema foi feita utilizando o *software CFSim*.

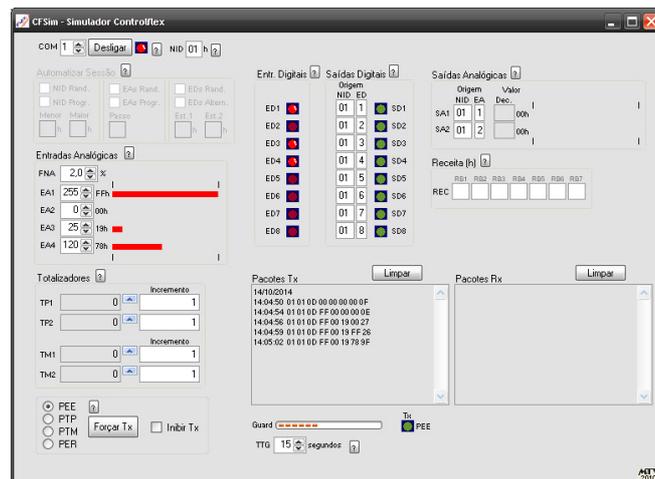


Figura 27. Tela principal do simulador CFSim.
Fonte: Autor, 2014.

Através da simulação foi possível testarmos o correto funcionamento dos quadros de comando em conjunto com a aplicação do supervisor.

4.7 ANÁLISE TÉCNICA ECONÔMICA DO SISTEMA

O sistema proposto é composto por módulos de fácil aquisição, há distribuidores e assistências técnicas espalhados pelo território brasileiro, que fornecem suporte à implementação, desenvolvimento.

Comparado a sistemas convencionais, o sistema em estudo está a um preço 65% abaixo dos principais fabricantes de PLC's. Outro fator que propicia a aplicação e diferencia esta solução é a utilização da UTR5, cuja possui como forma de comunicação módulos RF, que não necessitam de cabeamento e abre o range de aplicação a locais distantes e isolados.

5 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, pode-se concluir que:

- Pode-se empregar uma alternativa “simples” de baixo custo em relação aos PLC's, obtendo-se um custo total de implantação relativamente baixo, pelo fato da velocidade de processamento necessária para o controle do sistema como um todo ser baixa (aspecto comum na automação de sistemas de saneamento) quando comparada a outros tipos de processo, como por exemplo, o controle de uma caldeira.
- A implantação do software SCADA, permitiu a interatividade com as UTR's. A implantação deste *software* se mostrou essencial para uma ótima solução em automatização.
- A implantação desse sistema implicou em grande ganho de qualidade no cotidiano das atividades *da operação*. Isto aconteceu, sobretudo em função da visualização integral de todos os elementos e parâmetros da distribuição, em tempo real, o que permite conhecimento mais detalhado dos perfis de consumo e demanda, bem como muito mais agilidade e confiabilidade na operação. É claro que isto refletiu positivamente também nas atividades de manutenção, de forma geral.
- Os resultados obtidos com a implantação da Telemetria e Telecomando foram muito positivos, face aos objetivos inicialmente propostos. Sua implantação gradativa permitiu a todos os usuários acompanhar totalmente o processo, o que implicou em novas posturas de todos os agentes envolvidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CORETTI, J. A. (1998). Manual de Treinamento Básico de Controlador Programável. Sertãozinho, Centro de Treinamento SMAR.

ELECTRIL – Instruções de Instalação, Antena Yagi – Modelo: DX 3/150AJ.

ELECTRIL – Instruções de Instalação, Antena Omnidirecional – Modelo: PT-120.

FLEX TELECOM, Manual de Operações, s/data. Disponível em <http://www.flextelecom.ind.br/downloads.php>. Acesso em 22, out. 2014.

FONSECA, F. R. (2009). Modelo para automação de sistemas de abastecimento hídrico. Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas. São Paulo.

SABESP (2011). Estudo de Custos de Empreendimentos. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, p. 22, 27;

SIMPSON, C. D. (1994). Programmable Logic Controllers. NJ Regents/Prentice Hall, p. 2-4;

SPOLAOR, A. S. (2011). Automação nos Sistemas de Abastecimento de Água. Caso do Controle da Reservação de Distribuição. Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Campinas.

CAMPOS, G. F. (2008). Sistema de Supervisão de Reservatórios de Água e Esgoto de Um Edifício Residencial. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos. São Paulo.

TEIXEIRA, M. L. P. F. (2007). Sistema de Controle e Supervisão de Bombas de Recalque de Água para Edifício Residencial. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro Universitário de Brasília. Faculdade de Ciência Exatas e Tecnologia. Brasília.

TSUTIYA, M. T. (2004). Abastecimento de água. São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, p. 605-607;