

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

GEOVANE DELESKI ASSIS

PROJETO DE DIPLOMAÇÃO

**AUTOMAÇÃO DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE
ÁGUA**

Porto Alegre

2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

AUTOMAÇÃO DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Projeto de Diplomação apresentado ao
Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade
Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos
requisitos para Graduação em Engenharia Elétrica.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Marcelo Götz

Porto Alegre
2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

GEOVANE DELESKI ASSIS

AUTOMAÇÃO DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Este projeto foi julgado adequado para fazer jus aos créditos da Disciplina de “Projeto de Diplomação”, do Departamento de Engenharia Elétrica e aprovado em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Orientador: _____

Prof. Dr. Marcelo Götz, UFRGS

Doutor pela Universität Paderborn – Paderborn, Alemanha

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Marcelo Götz, UFRGS

Doutor pela Universität Paderborn – Paderborn, Alemanha

Eng. Antonio Comunello Accorsi, Corsan

Graduado pela Pontifícia Universidade Católica (RS)– Porto Alegre, Brasil

Prof. Dr. Renato Ventura Bayan Henriques, UFRGS

Doutor pela Universidade Federal de Minas Gerais – Belo Horizonte, Brasil

Porto Alegre, Junho de 2012.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho os familiares que me apoiaram em todos os momentos, em especial aos meus pais, minha esposa e filha.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Elbio e Inês por tudo que fizeram por mim e pelo exemplo que dão a cada dia.

A minha esposa, Cibele, que me ajudou a superar esta etapa com muito carinho e compreensão.

Aos colegas pelo seu auxílio nas tarefas desenvolvidas durante o curso.

A CORSAN que ofereceu a estrutura para a realização deste trabalho.

Aos colegas de trabalho que auxiliaram na montagem e instalação dos equipamentos.

Ao professor Marcelo Götz, meu orientador, que me apoiou no desenvolvimento deste trabalho.

A Deus que permitiu que esse ciclo se completasse.

RESUMO

Este projeto de diplomação aborda a automação no sistema de distribuição de água, observando os conceitos nele envolvidos e focando nas aplicações utilizadas na CORSAN. Entre os tópicos descritos neste trabalho, se encontram a automação, sistema de distribuição de água tratada, protocolos de comunicação e controladores lógicos programáveis. É realizado um projeto de automação com cinco estações de telemetria utilizando controladores lógicos programáveis com comunicação Modbus. Por fim analisa-se as estruturas utilizadas nas automações da CORSAN, observado alternativas de mudanças para melhoramentos.

Palavras-chaves: Engenharia Elétrica. Automação e Controle. Controladores Lógicos Programáveis. Protocolos. Sistemas de Abastecimento de Água

ABSTRACT

This work addresses the automation in water distribution system, noting the concepts involved in it and focusing on the applications used in CORSAN. Some of the topics here discussed are: automation, distribution system of treated water, communication protocols and programmable logic controllers. It was conducted an automation project with five telemetry stations using programmable logic controllers with Modbus communication. Finally, it is analyzed the structures used in the automation of CORSAN, observing thereby alternatives for system improvements.

Keywords: Electrical Engineering. Automation and Control. Programable Logic Controloller. Protocol. Water supply Systems

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Motivações	14
1.2	Objetivos do Trabalho	15
1.3	Estrutura do Trabalho	15
2	AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL	17
2.1	Controladores Lógicos Programáveis.....	19
2.2	Protocolos de Comunicação	20
2.2.1	Modelo OSI	21
2.2.2	ModBus.....	23
2.2.3	Protocolo Corsan 9.0	26
2.2.4	Gateway	28
2.3	Telemetria.....	29
2.3.1	Meios de comunicação utilizados na telemetria.....	30
3	SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	36
4	AUTOMAÇÃO DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	42
4.1	Tipo de Estações e variáveis controladas/monitoradas.....	43
4.1.1	Reservatório	43
4.1.2	Estação Elevatória de Água Bruta ou Tratada.....	45
4.1.3	Macromedidores de Vazão	46
4.1.4	Válvulas motorizadas e proporcionais.....	46
4.1.5	Válvulas Reguladoras de Pressão.....	47
4.1.6	Ponto de pressão Monitorada.....	47
5	SISTEMA DE AUTOMAÇÃO E TELEMETRIA NA CORSAN	48
6	DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	51
6.1	Sistema de abastecimento de água que será controlado em dois irmãos.....	51
6.2	Sistema de automação e telemetria adotado	54
6.2.1	Programação dos CLPs.....	55
6.2.2	Sistema de Comunicação dos Equipamentos	57
6.2.3	Instalação e testes dos Equipamentos	61
7	COMPARAÇÃO COM O SISTEMA PADRÃO DA CORSAN	62
7.1	Gateway para Protocolo CORSAN e MODBUS RTU	63
7.2	Proposta de alterações em novas implementações da Corsan.....	65
8	CONCLUSÕES	66
9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
	ANEXO A: ROTINA DE PROGRAMAÇÃO DO CLP DA CENTRAL DE TELEMETRIA DA ETA DE DOIS IRMÃOS	69
	ANEXO B: ROTINA DE PROGRAMAÇÃO DO CLP DO BOOSTER SÃO MIGUEL E POÇO DI-7	79
	ANEXO C: ROTINA DE PROGRAMAÇÃO DO CLP DO PRIMEIRO RECALQUE DE DOIS IRMÃOS	83
	ANEXO D: ROTINA DE PROGRAMAÇÃO DO CLP DO RESERVATÓRIO SÃO MIGUEL	86

ANEXO E: ROTINA DE PROGRAMAÇÃO DO CLP DO RESERVATÓRIO SÃO JOÃO	87
ANEXO F: MANUAL DE OPERAÇÃO DO CLP DA CENTRAL DE TELEMETRIA DA ETA DE DOIS IRMÃOS	88
ANEXO G: FOTOS DAS ESTAÇÕES CONTROLADAS/MONITORAS NO PROJETO DESENVOLVIDO.....	92
ANEXO H: FOLDER DO CLP BCM GP 3011.....	97
ANEXO I: FOLDER DO RÁDIO-MODEM ICTEL RD-900.....	99

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Blocos Funcionais do CLP	19
Figura 2 - Camadas do Modelo OSI.....	22
Figura 3 - Arquitetura utilizando o protocolo ModBus.....	24
Figura 4 - Frame de dados genérico do Modbus	25
Figura 5 - Frame em ModBus RTU	25
Figura 6 - Frame em ModBus ASCII.....	26
Figura 7 - Frame de comando do Mestre no Protocolo Corsan 9.0.....	27
Figura 8 - Frame de resposta do escravo no Protocolo Corsan 9.0	27
Figura 9 - Comunicação via Telefonia Discada	31
Figura 10: Telemetria Utilizando Modem GPRS	33
Figura 11 - Comunicação via Rádio Modem.....	35
Figura 12: Ilustração de um Sistema de Abastecimento de Água	37
Figura 13: Métodos de captação de água.....	38
Figura 14: Fluxograma de uma estação de tratamento convencional.....	39
Figura 15: Disposição dos Reservatórios no Sistema de Distribuição	40
Figura 16 - Tela de programação dos equipamentos de telemetria	49
Figura 17 - Sistema de abastecimento da Cidade de Dois Irmãos.....	54
Figura 18 - Distribuição geográfica das estações de telemetria monitoradas/controladas	58
Figura 19 - Enlace entre a ETA e o Booster São Miguel	59
Figura 20 - Enlace entre a ETA e o Primeiro Recalque	59
Figura 21 - Enlace entre a ETA e o Reservatório São João	60
Figura 22 - Enlace entre a ETA e o Reservatório São Miguel	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Aplicações das camadas OSI.....	22
Tabela 2 – Detalhes do frame de comando do Mestre no Protocolo Corsan 9.0	27
Tabela 3 – Detalhes do frame de resposta do escravo no Protocolo Corsan 9.0	27
Tabela 4 - Níveis de dificuldade na implementação de Gateways	29
Tabela 5 - Conversão do protocolo Corsan 9.0 para Modbus RTU	64
Tabela 6 - Conversão do protocolo Modbus RTU para Corsan 9.0	65

LISTA DE ABREVIATURAS

ADU: Application Data Unit
ANATEL: Agência Nacional de Telecomunicações
ASCII: American Standart Code for Information Interchange
CCO: Centro de Controle Operacional
CLP: Controlador Lógico Programável
CORSAN: Companhia RioGrandense de Saneamento
CRC: Cyclical Redundancy Checking
CS: Check Sum
DEATEL: Departamento de Automação e Telemetria
EBAB: Estação de Bombeamento de Água Bruta
EBAT: Estação de Bombeamento de Água Tratada
ETA: Estação de Tratamento de Água
ETE: Estação de Tratamento de Esgoto
ETX: End to text
FM: Modulação por Frequência
GMB: Grupo Motor-Bomba Hidráulica
GPRS: General Packet Radio System
GSM: Global System for Mobile Communications
HDLC: High Level Data Link Control
IEC: International Electrotechnical Commission
IED : Instrumentos Eletrônicos Inteligentes
IHM: Interface Homem Máquina
IP: Internet Protocol
ISO: International Organization for Standardization
LRC: Longitudinal Redundancy Checking
OSI: Open Systems Interconnection
PDU: Protocol Data Unit

RF: Rádio Frequência

RTU: Remote Terminal Unit

SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition

SMS: Short Message Service

STX: Start to text

TCP: Transmission Control Protocol

UHF: Ultra High Frequency

VHF: Very High Frequency

VRP: Válvula Reguladora de Pressão

1 INTRODUÇÃO

De acordo com o Manual do Saneamento (2006), a água constitui elemento essencial à vida vegetal e animal. Onde o homem necessita de água de qualidade adequada e em quantidade suficiente para atender suas necessidades, para proteção de sua saúde e para propiciar o desenvolvimento econômico.

Nas partes urbanas o sistema de abastecimento de água é responsável por prover a água para grande parte da população, sendo assim um serviço de grande importância e devendo ser tratado como tal, onde o controle deste sistema torna-se cada vez mais fundamental e possível de ser feito devido ao crescimento da tecnologia existente.

Durante muitos anos as empresas de saneamento não se preocupavam com a eficiência de seus sistemas, porém, com a percepção que os recursos hídricos são mais susceptíveis a poluição e a quantidade disponível é limitada, houve um aumento na preocupação na redução das perdas físicas de água.

Como o sistema de abastecimento de água possui dimensões elevadas, geralmente da ordem de tamanho da cidade onde atua, é difícil perceber problemas na operação e até atuar de forma adequada, devido à distância entre componentes do mesmo setor de abastecimento. Por isso a automação e telemetria são fundamentais no controle e operação de todo sistema de distribuição de água tratada, pois possibilitam o envio de comando e informações remotamente.

1.1 MOTIVAÇÕES

Sabe-se que a automação tem revolucionado a maneira de se controlar o sistema de abastecimento de água, tornando possível concentrar inúmeras informações em um único local, geralmente denominado de Centro de Controle Operacional (CCO) esta contribuição está sendo fundamental na diminuição de perdas físicas e redução no custo operacional.

Em locais onde não é empregada esta automação é necessário que funcionários da empresa ou departamento de saneamento fiquem em pontos estratégicos, como elevatórias e reservatórios, para poder realizar os acionamentos e manobras dos componentes do sistema, e muitas vezes durante as vinte e quatro horas do dia, o que é oneroso e gera imprecisões e falhas no controle do sistema.

Assim estando ciente dos benefícios que a automação traz a Companhia Riograndense de Saneamento está investindo recursos financeiros cada vez maiores na automação dos sistemas onde ela possui a concessão de operação.

Porém para que a qualidade das implantações atinja sempre os objetivos e melhorem a cada nova instalação é necessário que se busque estar sempre atualizado em relação as tecnologias e produtos que o mercado oferece.

Neste contexto de melhoria, este estudo tentará visualizar possibilidades de melhora nestas implementações, mais especificamente nos módulos controladores utilizados nos equipamentos de telemetria, que são responsáveis por medir as grandezas e realizar todos os comandos remotos.

1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

No contexto apresentado anteriormente, o presente trabalho analisará a possibilidade de utilização de CLPs genéricos que possibilitem a utilização de protocolos abertos nas automações da CORSAN, verificando vantagens e as desvantagens desta utilização e contextualizando com o quadro existente de equipamentos utilizados atualmente.

Para fundamentar e demonstrar alguns conceitos abordados será desenvolvido um projeto de automação com CLP , na cidade de Dois Irmãos, que tem outra função, a mais importante, que é a de auxiliar no controle do sistema de abastecimento desta cidade.

Assim este estudo poderá dirimir as dúvidas que fazem parte do cotidiano do Departamento de Automação e Telemetria, DEATEL, do qual faço parte atualmente.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho encontra-se dividido em capítulos, de forma a dividir os assuntos e seguir na ordem que facilite o entendimento do leitor.

Deste modo, em um primeiro momento serão abordados os principais conceitos necessários para o entendimento ao que o trabalho pretende esclarecer, como a automação industrial e o sistema de abastecimento de água. Após esta introdução de cada conceito será

feita a integração dos assuntos, verificando como é empregada a automação dos sistemas de abastecimento de água.

No segundo momento serão analisados os sistemas de automação utilizados pela CORSAN, verificando a variedade de equipamentos e distribuição no estado do Rio Grande do Sul.

Em um terceiro momento será desenvolvido um sistema de telemetria e automação com CLP genérico e protocolo aberto com o intuito de se observar as etapas envolvidas na programação do CLP.

E ao final, com a contribuição de tudo que foi estudado nos capítulos anteriores, será feita a comparação do sistema atual, com placas dedicadas e protocolo próprio, e o sistema com utilização de CLPs mais genéricos e com protocolo difundido no mercado.

2 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

As primeiras automações surgiram na pré-história, onde o objetivo era mecanizar as atividades manuais, dentre estas surgiram a roda e os moinhos movidos a vento e força animal, assim o homem evitava o esforço e aumentava sua produtividade. A sociedade se industrializou e a automação sempre teve importantes contribuições na evolução dos processos, tornando possível a realização de tarefas cada vez mais complexas.

Desta forma a vontade de fazer mais com menos esforços entregou ao homem a capacidade de inúmeras tarefas com a mínima intervenção humana.

Conforme Stenerson (2003) sistema automatizado é a coleção de dispositivos que trabalham juntos para realizar tarefas ou produzir um produto e conforme Capelli (2004) a automação é o uso de mecanismos e seus respectivos sistemas de controle visando ampliar a capacidade produtiva humana.

Segundo Capelli (2004) costuma-se dividir a automação em três tipos de acordo com seus campos de aplicações:

Predial – Aplicações em casas, prédios inteligentes, etc.

Comercial – bancos, mercados, escritórios, etc.

Industrial – utilizada em processos industriais e fabris.

A automação industrial pode ser subdividida em dois grandes grupos, que são:

-Automação de processos discretos ou manufaturados.

-Automação de processos contínuos.

A automação de processos discretos pode ser dividida em etapas, onde um processo não interfere no outro, podendo ser assim ser isolados em processos distintos. Um exemplo típico deste tipo de indústria é a de fabricação de automóveis que possui diversas fases: montagem do motor, estampa da carroceria, pintura, soldagem, etc. No entanto com a sincronização do processo fabril pode-se criar um macro sistema que torne essa automação como um processo quase que único, onde uma etapa esta sincronizada com a outra, porém ele ainda é discreto.

Já na automação de processos contínuos é muito difícil realizar uma etapa em tempo independente da outra, pois o produto final é um somatório de etapas bem definidas com o cuidado de manter as condições ideais em cada ponto da produção. Podemos citar como exemplo uma indústria de bebidas, onde os ingredientes devem ser colocados na ordem, quantidades e temperaturas corretas.

A automação industrial utiliza a integração de diversas áreas e converge na mensuração e controle de um processo, assim as seguintes áreas estão comumente presentes em sistemas controlados:

Instrumentação: é composto pelos sensores e circuitos eletrônicos que fazem a conversão de diversas grandezas em grandezas elétricas, assim é possível determinar o estado em que o sistema se encontra. O encoder, por exemplo, é responsável por medir a velocidade angular de uma máquina rotativa.

Controle: é a parte responsável por toda a lógica do processo, onde através das informações dos sensores e comandos manuais, toma a decisão e geralmente envia o sinal para a etapa de acionamento. O controle pode ser feito tanto por circuitos eletrônicos dedicados para uma tarefa específica como por Controladores Lógicos Programáveis, CLP, que são versáteis e de uso genérico.

Acionamento: é o circuito responsável por intervir no processo sob comando do circuito de controle. Na indústria é usual circuitos de potência nesta etapa, com o uso de relés, transistores e tiristores, que atuam sobre motores, resistências e diversos tipos de atuadores.

Informática: Está sendo cada vez mais comum serem utilizadas na indústria as ferramentas que a informática disponibiliza em alguns casos o computador se responsabiliza pelo controle e em outros ele se limita a fazer a interface e disponibilizar a informação do sistema de forma mais amigável ao operador. Na indústria da automação já existem vários softwares que fazem esta função, conhecida como SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), e possuem ferramentas dedicadas a realizar o controle e adquirir dados de uma planta industrial.

Redes de Comunicação: é utilizado com o intuito de convergir e distribuir a informações entre pontos do processo que muitas vezes estão distantes entre si. Utilizam-se diversos meios de comunicação para formar estas redes, o que depende do tipo de informação, quantidade de pontos e da distância a qual se encontram. Para interagir através destas redes é necessário que os equipamentos interligados possuam o mesmo protocolo de comunicação. O protocolo é definido por Ribeiro (2005) como o conjunto de regras semânticas e sintáticas que determina o comportamento dos instrumentos funcionais interligados para se ter uma comunicação entre eles.

Dentre os assuntos que fazem parte deste grande universo citado anteriormente será dado mais ênfase nos seguintes tópicos: Controladores Lógicos Programáveis e Protocolos de Comunicação. Estes dois assuntos estão estritamente ligados ao escopo do Projeto de

Diplomação e seu entendimento será essencial para o entendimento, do problema em questão, do projeto a ser executado e das conclusões.

2.1 CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMÁVEIS

Os CLPs são amplamente utilizados na indústria e segundo Stenerson (2003) é definido como um computador industrial em que o hardware e o software foi especificamente adaptado para o ambiente industrial e as técnicas elétricas.

Podemos dividir o CLP em blocos funcionais, conforme mostra a Figura 1.

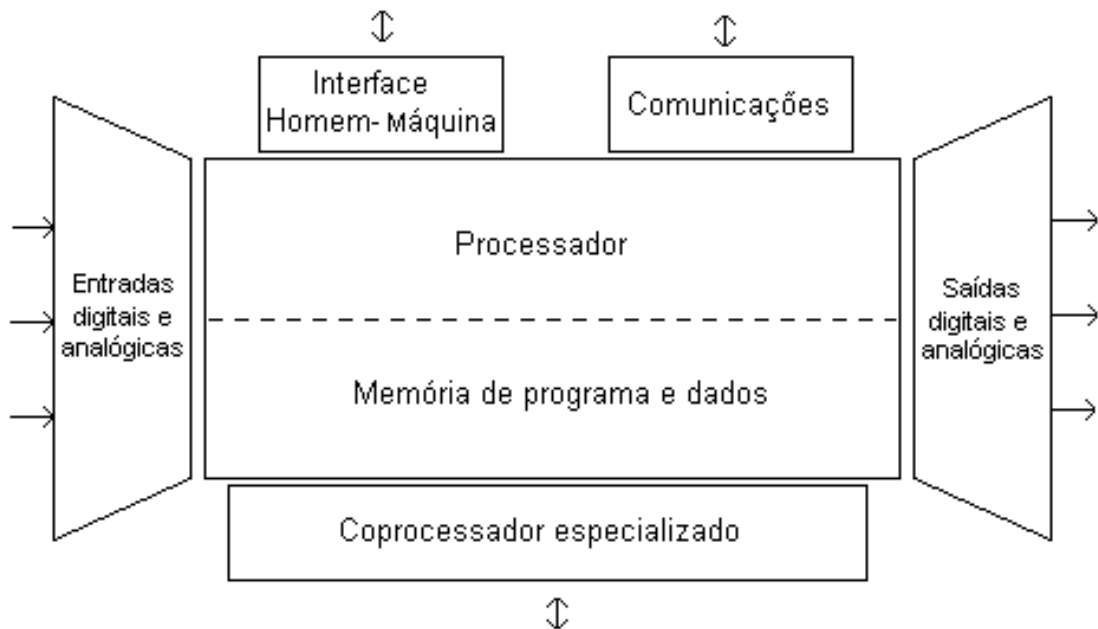


Figura 1 - Blocos Funcionais do CLP

Fonte: BCM (2003)

Entradas Digitais: São dados provenientes de dispositivos que entregam sinais do tipo ligado ou desligado. Podemos citar interruptores, sensores e diversos equipamentos como origem destes sinais.

Entradas Analógicas: são sinais de corrente ou tensão que variam continuamente e possuem faixas determinadas de variação de amplitude. Muitos sensores, por exemplo, variam sua saída na faixa de 4mA a 20mA de acordo com a variação da grandeza que estão medindo.

Processador: é o bloco onde são entregues todas as informações, comandos, rotinas e entradas físicas, e são analisadas e processadas, através de comparações, comandos matemáticos, comunicações com outros equipamentos, temporizações, etc.

Memória de Programa e de Dados: Constituída pela memória que armazena as instruções inseridas pelo usuário, a fim de realizar uma tarefa. A memória armazena ainda as variáveis do processo sejam elas entradas físicas ou valores inseridos por outros equipamentos ou operador.

Comunicações: conjunto responsável por permitir a troca de informação entre equipamentos diversos. Composto pelo software, que modifica o sinal para que se possa transmitir em um protocolo bem definido, e pelo hardware, que transmitem este sinal fisicamente, e depende topologia do sistema de comunicação a ser utilizado.

Interface Homem-Máquina: é onde ocorre a integração entre o CLP e que o está utilizando. Geralmente composto por teclado, que servem para enviar os comandos, e o display, que informa o usuário as modificações de entrada, saída, andamento do processo, etc.

Coprocessador especializado: é composto por módulos com aplicações específicas, como operações matemáticas sofisticadas, comunicações e alto desempenho, saídas de alta velocidade, entre outras.

Saídas digitais: possuem como principal aplicação realizar o liga e desliga de diversos dispositivos.

Saídas analógicas: é um sinal de tensão e corrente variável no tempo que pode realizar o controle de equipamentos, podemos citar, por exemplo, as válvulas hidráulicas proporcionais.

A versatilidade dos CLPs é determinante nas suas aplicações, pois permite que sejam feitos comandos simples com CLPs de capacidade e custo baixos, e permite também que CLPs mais sofisticados façam os controles mais complexos.

O método de programação varia de acordo com o fabricante, e normas como os da IEC vêm padronizando estas linguagens de programação. O que facilita ainda mais a disseminação do produto no mercado.

Em controle de sistemas distribuídos é utilizado uma rede de comunicação que interligue os diversos CLPs, sensores e máquinas que compõe o processo, para isto se utiliza um meio de transmissão de dados e um protocolo de comunicação.

2.2 PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO

O protocolo de comunicação é o conjunto de regras determinadas para a comunicação entre equipamentos, adequando semanticamente e sintaticamente os dados a serem transmitidos.

Os protocolos definem a quantidade de bits a ser transmitida, a ordem das mensagens enviadas e recebidas pelos dispositivos na rede, a codificação das funções a ser executada, a detecção de erros, enfim uma estrutura bem definida na qual a transmissão de informação possa ser executada para uma determinada aplicação.

Assim os dispositivos que estiverem interligados em uma rede de comunicação deverão estar configurados com o mesmo protocolo, para que possa ser feita a troca de informações.

Há uma diversidade de protocolos, onde suas diferenças estruturais estão ligadas nas suas aplicações e finalidades, como taxa de dados, custo, segurança, número de dispositivos interligados.

Podemos dividir os protocolos de comunicação em abertos ou fechados:

Protocolos Abertos: São protocolos que podem ser adotados por qualquer fabricante de hardware e software, e suas especificações são disponibilizadas e divulgadas a todo público, em normas técnicas.

Exemplos: Modbus, Hart, Profibus, TCP/IP, Corsan 9.0.

Protocolos Fechados: são os protocolos que são definidos de uma empresa, que detém os direitos de uso, e não são disponibilizados aos usuários e outros fabricantes. Desta forma somente os dispositivos deste fabricante se comunicarão, não podendo haver a inclusão de dispositivos de outras empresas nesta rede.

Exemplos: Alnet e Fatek.

Podemos associar também cada um deles a camada de enlace na qual se encontram no Modelo OSI, onde será abordado posteriormente.

2.2.1 MODELO OSI

Devido a esta diversidade na conexão entre dispositivos a International Organization for Standardization (ISO), adotou um modelo de arquitetura para sistemas abertos de comunicação, buscando a padronização na construção de redes de comunicação.

O modelo se baseia numa divisão de sete camadas, como pode ser visto na Figura 2, onde cada camada oferece um conjunto de serviços a camada superior e inferior. Este modelo foi denominado Open Systems Interconnection (OSI).



Figura 2 - Camadas do Modelo OSI

Na Tabela 1 segue uma descrição simplificada da finalidade de cada camada do modelo.

Tabela 1 - Aplicações das camadas OSI

Camada		Funções
1	Aplicação	Promove a interação entre usuários e as aplicações. Aplicativo que deseja enviar/receber informações pela rede de comunicação.
2	Apresentação	Responsável pela sintaxe das informações, como conversão de dados e sua formatação.
3	Sessão	Responsável pelo gerenciamento da comunicação, controlando início da conexão, a transferência de dados e o término da conexão.
4	Transporte	Encarrega-se pelo seccionamento em pacotes da informação, para que possam ser enviadas pela camada inferior. São responsáveis, também, por criar conexões solicitadas pela camada superior e multiplexar todas as requisições em uma única conexão de rede.
5	Rede	Gerencia o roteamento, ou direcionamento, do pacote de dados para os dispositivos em uma ou diversas redes. Controla o congestionamento e a transferência de dados para a cobrança de tarifas.

6	Enlace	Recebe/transmite uma sequência de bits da/para camada física e entrega para camada superior a informação livre de erros.
7	Física	Fornecer as características físicas necessárias para comunicação e permite o envio de uma cadeia de bits pela rede sem se preocupar com o seu significado ou com a forma como esses bits são agrupados.

Para melhor entendimento podem ser agrupadas algumas camadas, devido a sua funcionalidade, considerando as três camadas inferiores como responsáveis pela transmissão da informação, a quarta com a função de executar a comunicação e o transporte e as três superiores por interfacear o usuário com a aplicação.

Cada protocolo implementa uma funcionalidade assinalada a uma determinada camada, observando as questões funcionais solicitadas pela camada modelo, porém com liberdade e flexibilidade ao fabricante, pois, o modelo não é um conjunto de regras de como o protocolo deve ser escrito, mas sim uma definição dos serviços que ele deve oferecer a camada superior e inferior.

2.2.2 MODBUS

O ModBus é um protocolo aberto de ampla utilização e divulgação em redes de comunicação. Foi desenvolvido pela Modicon (agora Schneider Electric) em 1979, e sua disponibilização ao público e sua simplicidade fez com que diversos fabricantes de diversas aplicações e segmentos o adotassem em seus produtos, tornando-se um padrão “de fato”.

ModBus é um protocolo situado na camada 7, de aplicação, do modelo OSI que fornece um serviço do tipo *client/Server* (cliente/servidor) entre equipamentos ligados a um barramento ou uma rede.

O protocolo Modbus possui três tipos de estruturas:

- ModBus Padrão: é utilizado em principalmente com dispositivos de entrada e saída de dados, geralmente Controladores Lógicos Programáveis (CLP) e Instrumentos Eletrônicos Inteligentes (IED). O meio físico utilizado é o RS-232 e o RS-485, na topologia de mestre/escravo.
- ModBus Plus: é uma variante da Schneider Electric (proprietária), possui como principal vantagem em relação a anterior, a possibilidade de vários mestres e

escravos. Utiliza como meio físico o RS-485, com taxas de transmissão de até 1 Mbps, controle de acesso ao meio pro HDLC (*High Level Data Link Control*).

- ModBus TCP/IP: O protocolo ModBus é encapsulado no protocolo TCP/IP e transmitido através de redes padrão ethernet, com controle de acesso ao meio por CSMA/CD. Esta variante permite a utilização de vários mestres e vários escravos numa mesma rede.

Devido à simplicidade deste protocolo é facilmente implementado em diversas arquiteturas de rede conforme mostra a Figura 3 onde mostra uma arquitetura utilizando as diferentes variações do protocolo em diferentes meios físicos, para isso utiliza-se gateways, que permitem esta interligação das diferentes variações do ModBus.

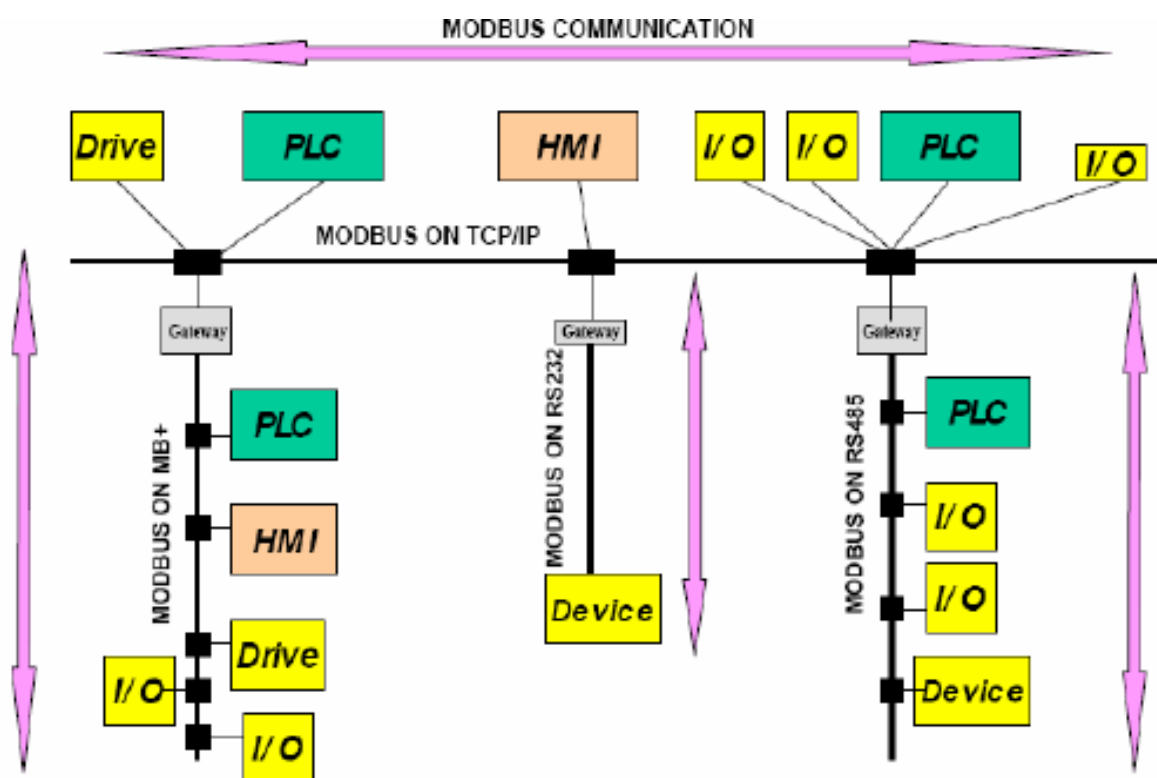


Figura 3 - Arquitetura utilizando o protocolo ModBus

Fonte: Silva (2012)

Modbus é um protocolo baseado no *request/reply* (pedido/resposta) que oferecem um serviço baseado em códigos de funções pré-determinadas e bem definidas. E estes códigos de funções são, por sua vez, elementos do *Protocol Data Unit* (PDU) do ModBus.

O PDU, citado acima, independe do tipo de meio a utilizar. Porém pode ser adicionado campos adicionais na *Application Data Unit* (ADU). A ADU é construída pelo *client* que inicia a comunicação e seu tamanho é variável podendo ter no máximo 256 bytes.

A Figura 4 mostra uma mensagem genérica de pergunta ou resposta dos dispositivos.

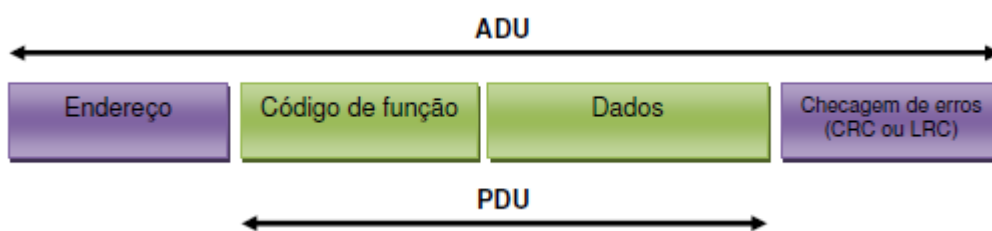


Figura 4 - Frame de dados genérico do Modbus

O campo de código de função é codificado em 1 byte. Códigos válidos estão na faixa de 1 a 255 decimais. A faixa de 128 a 255 é reservada e usada para *exception responses*, que são funções de mensagem para indicar erros de recepção. O código de função 0 (zero) não é válido, e valores de função que não estão padronizados, podem ser utilizados para funções mais específicas do fabricante.

O protocolo possui ainda dois modos de transmissão, ou seja, duas maneiras de compactar e descompactar os bits da mensagem para ser dado o sentido correto da informação. São eles:

- RTU (*Remote terminal Unit*): quando em linha em série, cada byte (8 bits) é enviado 2 caracteres hexadecimais de quatro bits.

No byte é acrescentado por 1 (um) bit de *start* (início), 1 (um) bit para controle de paridade e 1 (um) bit de *stop* (fim). Assim cada mensagem é formada da seguinte forma: 1 (um) bit de *start* + 8 bits de dados + 1 (um) bit de paridade + 1 (um) bit de *stop*. Assim cada “palavra” em Modbus RTU tem o tamanho de 11 bits, caso não se utilize o bit de paridade é acrescentado outro bit de parada, mantendo os 11 bits.

Na Figura 5 é representado um *frame* em RTU, onde pode se perceber que Adicionalmente à detecção de erro de cada palavra também é realizada a detecção de erro ao nível do frame, o *Cyclical Redundancy Checking* (CRC).

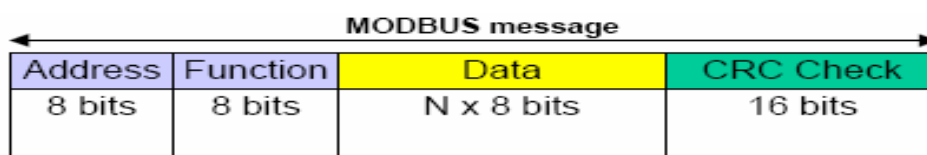


Figura 5 - Frame em ModBus RTU

Fonte: Silva (2012)

- ASCII (American Standart Code for Information Interchange): quando em linha em série, os dados são transmitidos e codificados em caracteres ASCII de sete bits.

No byte é acrescentado 1 (um) bit de *start* (início), 1 (um) bit para controle de paridade e 1 (um) bit de *stop* (fim). Assim cada mensagem é formada da seguinte forma: 1 (um) bit de *start* + 7 bits de *data* + 1 (um) bit de paridade + 1 (um) bit de *stop*. Desta forma cada “palavra” em Modbus ASCII tem o tamanho de 10 bits.

Na Figura 6 é representado um frame em ASCII, onde pode se perceber que adicionalmente à detecção de erro de cada palavra também é realizada a detecção de erro ao nível do *frame*, o *Longitudinal Redundancy Checking* (LRC).

Start	Address	Function	Data	LRC	End
1 char :	2 chars	2 chars	0 up to 2x252 char(s)	2 chars	2 chars CR,LF

Figura 6 - Frame em ModBus ASCII

Fonte: Silva (2012)

Este modo é menos eficiente do que o Modbus RTU uma vez que em Modbus ASCII cada byte de mensagem necessita de dois caracteres (duas “palavras”). Deste modo, apenas é utilizado quando o meio físico ou o equipamento não permite utilizar o Modbus RTU.

2.2.3 PROTOCOLO CORSAN 9.0

Protocolo Corsan 9.0 é um protocolo aberto adaptado pela Companhia Rio Grandense de Saneamento (CORSAN), apartir de protocolos abertos e existentes no mercado, para suas utiizações e equipamentos de telemetria e telecomandos de suas plantas de abastecimento de água e da rede de esgoto.

O protocolo Corsan 9.0 situa-se na camada 7, de aplicação, do modelo OSI que fornece um serviço do tipo *client/Server* (cliente/servidor) entre equipamentos ligados a um barramento ou uma rede.

A topologia utilizada neste sistema é a de um mestre com um ou mais escravos, interligados em rede através de radios de comunicação, devido à distância entre as estações medidas e comandadas. A interligação entre a placa de controle e o rádio é o RS-232.

A Figura 7 mostra como o frame de resposta do escravo é montado, e na Tabela 2 é descrito cada campo do frame com os valores possíveis.

STX	DEST	ORIG	CMD	DADOS	ETX	CS
------------	-------------	-------------	------------	--------------	------------	-----------

Figura 7 - Frame de comando do Mestre no Protocolo Corsan 9.0

O campo CS, *Check Sum*, dos frames de comando e resposta é utilizado para conferência da integridade do bloco. O valor do CS é obtido pela soma de todos os bytes que compõem o *frame* do STX (ou SOH) ao ETX. O *overflow* da soma deve ser desprezado.

Tabela 2 – Detalhes do frame de comando do Mestre no Protocolo Corsan 9.0

Posição	Valor assumido	Descrição
STX	02	Start of Text - indicador de início de frame.
DEST	30H a 0FFH	Endereço de destino do comando, normalmente o endereço de uma estação. O valor 31H corresponde a estação número 1.
ORIG	30H a 0FFH	Endereço de origem do comando, normalmente o endereço de uma central de controle. O valor 31H corresponde a central número 1.
CMD	30H a 0FFH	Comando solicitado. Ver capítulo 3, comandos disponíveis.
DADOS	30H a 0FFH	Dados associados ao comando solicitado. Este campo pode ser vazio para alguns comandos.
ETX	03	End of Text - indicador de fim do frame.
CS	0 a 0FFH	Soma de conferência do frame.

A Figura 8 mostra como o *frame* de comando do mestre é montado.

SOH	DEST	ORIG	RESP	DADOS	ETX	CS
------------	-------------	-------------	-------------	--------------	------------	-----------

Figura 8 - Frame de resposta do escravo no Protocolo Corsan 9.0

A Tabela 3 descreve cada campo do *frame* com os valores possíveis.

Tabela 3 – Detalhes do frame de resposta do escravo no Protocolo Corsan 9.0

Posição	Valor assumido	Descrição
SOH	01	Start of Header - indicador de início de frame.

DEST	30H a 0FFH	Endereço de destino da resposta, normalmente o endereço de uma central de controle. O valor 31H corresponde a central número 1.
ORIG	30H a 0FFH	Endereço de origem da resposta, normalmente o endereço de uma estação. O valor 31H corresponde a estação número 1.
RESP	06H 15H	Resposta ao comando solicitado. Caso o comando seja válido 06H (ACK). Se houver erro no comando 15H (NACK)
DADOS	30H a 0FFH	Dados associados ao comando solicitado. (ver nota)
ETX	03	End of Text - indicador de fim do frame.
CS	0 a 0FFH	Soma de conferência do frame.

Os comandos são explícitos para questões do saneamento, o comando 32H (hexadecimal), por exemplo, é o comando de medida e leitura do status da unidade de recalque (motor acoplado a uma bomba hidráulica).

Os dados enviados no frame de comando e no de resposta obedecem a seguinte regra:

• **Dados referentes a valores de medidas:**

Dado = (2 x valor percentual da medida) + 30H

Exemplos:

1 - Medida de nível em 75%

Dado enviado = $2 * 75 + 30H = 150 + 48 = 198$

2 - Medida de tensão em 380 Volts.

Considerando fundo de escala do transdutor utilizado igual a 500 Volts

Dado enviado = $2 * (380/500*100) + 30H = 152 + 48 = 200$

• **Dados referentes a status.**

Dado = byte de status + 30H

Assim pode-se perceber que este protocolo é relativamente simples de ser entendido e utilizado, porém, por não ser padrão industrial possui poucos fornecedores que o utilizam e muitos não estão dispostos a adequarem seus produtos para este protocolo.

2.2.4 GATEWAY

Gateways são dispositivos que interligam redes de comunicação, com duas finalidades principais: evitar conflito de padrões ou protocolos e trazer a independência entre as redes conectadas.

Os gateways classificam-se de acordo com o nível do modelo OSI em que está atuando.

Quando o serviço se dá no nível físico (Camada 1), chama-se o gateway de repetidor. Quando este ocorre no enlace (camada 2), de ponte (bridge) e quando o mesmo ocorre no nível de rede (camada 3) é denominado de roteador.

Os gateways podem ser subdivididos em dois grupos: conversores de meio e tradutores de protocolos.

- Conversores de meio: são gateways mais simples. Seu serviço consiste em receber um pacote do nível inferior, tratar o cabeçalho inter-redes do pacote descobrindo o roteamento necessário, construir o novo pacote para transmissão quando necessário e enviá-lo à próxima sub-rede. Este tipo de gateway é chamado por sua característica de roteador.
- Gateways tradutores de protocolos: são mais complexos. Eles traduzem as mensagens de uma rede para mensagens de outra, para isto devem converter transformar a semântica do protocolo da rede 1 na semântica do protocolo da rede 2, e vice-versa. Este tipo de gateway pode atuar em qualquer nível acima da camada de enlace OSI.

Na Tabela 4 é feita uma comparação genérica da implementação dos diferentes tipos de gateways.

Tabela 4 - Níveis de dificuldade na implementação de Gateways

Dispositivo	Camada Modelo OSI	Velocidade	Sofisticação
Repetidor (conversor)	Física	Rápido	Baixa
Bridge (conversor)	Enlace	Rápido	Baixa
Roteador (conversor)	Rede	Médio	Média
Gateway (tradutor)	Qualquer	Lento	Complexa

2.3 TELEMETRIA

Telemetria é o termo utilizado para referenciar a utilização de dois ou mais equipamentos, bem como a tecnologia empregada, com a finalidade de realizar a troca de informações de locais de difícil acesso ou remotos. A palavra é de origem grega onde *tele* significa distante e *meter* significa medida.

Quando a telemetria executa ações em algum equipamento interconectado é denominado como telecomando, ou seja, comando á distância. Podem ser citados, como exemplo, um dos acionamentos mais simples de telecomando, que é o acionamento do motor que abre um portão eletrônico através de um comando do controle remoto.

As informações oriundas da telemetria são, geralmente, dados provenientes de sensores ou informações inseridas pelo operador do sistema de telemetria, e pode ter diversas aplicações e finalidades, desde uma aquisição de informações de status ou imagem de um satélite em órbita até a informação obtida do apertado de um botão que aciona uma sirene através de uma transmissão em rádio frequência, devido a distância.

Devido à finalidade de estudo deste trabalho será abordado apenas a telemetria e telecomando aplicada no saneamento básico, que, por sua vez, recebe informações de sensores e dispositivos, espalhados em áreas abrangentes, muitas vezes superior a área urbana de uma cidade, e de alguma forma atua através de telecomandos.

Para a troca destas informações entre os equipamentos de telemetria é necessário utilizar algum meio de transmissão, onde podem ser utilizados meios físicos, cabo de linha privada ou de telefonia pública, ou utilizando a troca de dados por ondas eletromagnéticas, telefonia móvel ou a utilização de rádios transmissores/receptores.

Esta escolha do meio de comunicação depende de alguns fatores, dos quais podemos destacar:

- Quantidade de pontos monitorados/controlados
- Distância entre as estações monitoradas/controladas
- Disponibilidade de serviços de telefonia fixa (serviço de pacote de dados)
- Disponibilidade de serviços de telefonia móvel na área em questão
- Relevância onde se encontram as estações

Assim, cada situação e implementação de telemetria deve ter um estudo de possibilidades, buscando a melhor relação de custo benefício, para que se possa escolher a melhor alternativa.

2.3.1 MEIOS DE COMUNICAÇÃO UTILIZADOS NA TELEMETRIA

Abaixo será abordado de forma breve cada um dos meios citados anteriormente.

- **Telemetria por Linha Privada:**

Suas características são idênticas as das redes de telefonia pública, porém a instalação e manutenção da linha são realizadas pela própria empresa que a utilizará na transmissão de dados.

Possui como principal inconveniente à locação de postes, geralmente das concessionárias de energia elétrica e telefonia, ou até a necessidade de colocar os postes, o que demanda custos e necessidade de acesso para sua fixação.

- **Telemetria por Linha Privativa**

A Linha Privativa de Comunicação de Dados é um serviço fornecido por companhias telefônicas. É realizado através da interligação entre dois ou mais pontos, permitindo a conexão de equipamentos em velocidades que podem chegar a 2 Mbps. O custo da utilização da linha é fixo e a disponibilidade do meio de comunicação é integral, ou seja, disponível 100% do tempo.

- **Telemetria Utilizando a Telefonia Fixa**

Utilizar a estrutura e serviço das empresas de telefonia fixa é um meio que permite a comunicação em qualquer distância com um custo relativamente baixo. Para aplicações de telemetria e telecomandos é preferível que a tarifa seja cobrada por taxa de dados, o que a torna mais barata.

Possui o inconveniente de estabelecer sempre conexões de apenas dois pontos, não sendo possível, portanto enviar sinal comum a todas as estações no mesmo instante de tempo.

A Figura 9 demonstra a topologia utilizada em uma transmissão de dados através de telefonia discada, neste caso, está sendo feita a troca de informações entre um computador supervisor e um CLP com a utilização de modems.



Figura 9 - Comunicação via Telefonia Discada

Fonte: Alfacomp (2006)

- **Telemetria Via Telefonia Móvel**

A forma de transmissão de dados, aplicados a telemetria, que mais cresce é que utiliza os serviços de telefonia celular. No Brasil, esta tecnologia começa a tomar força com a utilização da tecnologia GSM (*Global System for Mobile Communications*), que trouxe consigo um serviço com esta finalidade, o GPRS (*General Packet Radio System*).

O serviço GPRS cria uma rede de pacotes sobre a rede de telefonia celular GSM para o envio e recepção de dados. Neste sistema de comutação de pacotes, um canal de rádio é utilizado efetivamente quando está enviando ou recebendo dados, estes pacotes são orientados em protocolo IP, e a cobrança da tarifa é realizada pela quantidade de bytes transmitidos/recebidos mensalmente.

Podem ser citadas algumas das vantagens que este sistema apresenta, em relação aos demais:

- ^ Possibilidade de utilizar qualquer operadora que presta este tipo de serviço, sendo possível, inclusive, utilizar mais de uma operadora para cada estação (através de mais de um chip de identificação).
- ^ Disponibilidade integral de comunicação, não necessitando realizar conexões periodicamente.
- ^ Valor de tarifa, relativamente baixa.
- ^ Fácil implementação
- ^ Custo baixo de implementação
- ^ Custo Baixo de manutenção
- ^ Fácil inclusão de novas estações
- ^ Possibilidade de envios de mensagens para telefones cadastrados, SMS (*Short Message Service*), em caso de situações críticas.

Suas principais desvantagens são a falta de cobertura em muitas regiões, limitação da velocidade na transmissão, em caso de onde o sinal é precário.

A Figura 10 demonstra a topologia utilizada em uma transmissão de dados através de modem GPRS.

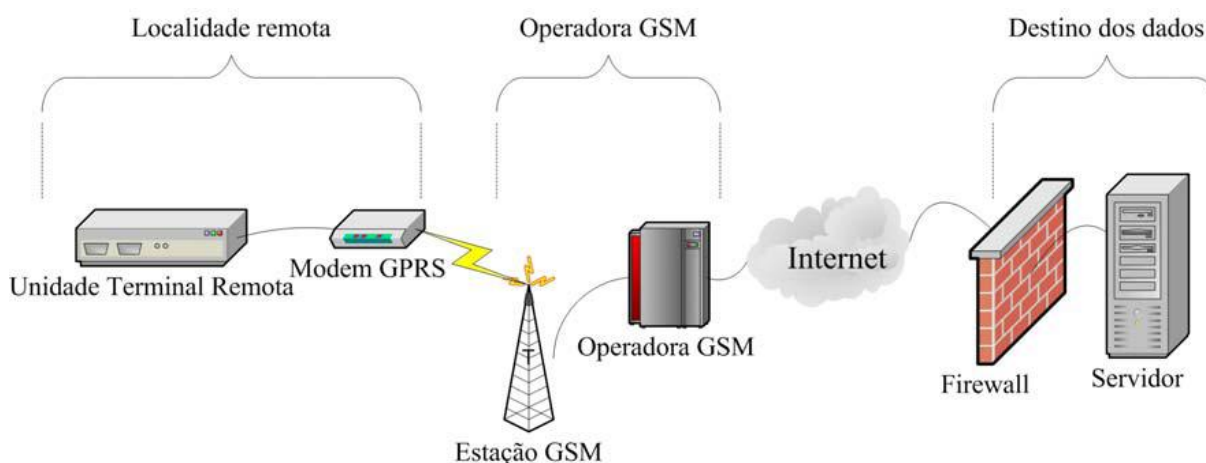


Figura 10: Telemetria Utilizando Modem GPRS

Fonte: Dillenburg

• Telemetria Via Rádio

Este tipo de troca de dados é realizado por uma infraestrutura que deve ser implantada de forma integral pela própria empresa, ou seja, adquirir todos os equipamentos utilizados e se responsabilizar pelo funcionamento.

Assim esta tecnologia traz como principais vantagens:

- ⤴ Domínio próprio da empresa, não dependendo de operadoras de telefonia ou de locação de postes.

- ⤴ A disponibilidade do meio de comunicação é integral, ou seja, disponível 100% do tempo.

- ⤴ Ausência de tarifas mensais.

As principais desvantagens da transmissão via rádio são:

- ⤴ Custo Elevado de implementação;

- ⤴ Utilização de repetidoras de sinal, em muitos casos;

- ⤴ Licença junto a Anatel de cada estação, se não for realizada na faixa livre;

Quando a comunicação entre dois pontos é realizada por um conjunto equipamentos via rádio dizemos que foi obtido um radio enlace. Para que o rádio enlace seja realizado é necessário que o sinal que o transmissor enviou chegue ao receptor em um nível suficiente, ou seja, que possa ser interpretado.

Entre as variantes que influem no rádio enlace entre dois pontos se destacam:

- ◆ Frequência da portadora;
- ◆ Potência de saída do sinal transmitido;
- ◆ Distância entre os pontos;

- ◆ Relevo e obstáculos entre as antenas;
- ◆ Ganhos direcionais das antenas receptoras e transmissoras;
- ◆ Atenuação do sinal nos cabos de interligação de antenas e transmissor/receptor;
- ◆ Atenuação do sinal no espaço livre (entre antenas);
- ◆ Sensibilidade do Receptor;

Assim para que um projeto de rádio enlace seja bem sucedido é necessário conhecer todos os fatores citados acima e verificar se é possível ser executado. Em alguns casos se utiliza repetidoras que fazem a retransmissão de um sinal, de forma que a comunicação seja possível, porém isto torna a implementação ainda mais cara.

Para aplicações em telemetria, a Anatel (Agência Nacional de Telecomunicações), que regulamenta a utilização do espectro de frequências no Brasil, indica as faixas de 915 MHz a 928 MHz e com potência limitada a 1 Watt como faixas de utilização livre, não sendo necessário a licença dos rádios utilizados, apenas sua homologação junto a Anatel.

A Anatel através de licenças disponibiliza, também a faixa de 400MHz e limite de 5 Watts para “Serviços de Rede e Circuito Especializado”, dentre os quais se enquadram serviços de telemetria. A liberação é feita através da aprovação de um pedido do projeto de rádio enlace, onde deve constar o endereço (coordenadas geográficas) de todas as estações, frequência e potência desejada para cada estação e com quem cada uma irá se comunicar.

Na faixa de 900MHz com 1 w de potência no transmissor é possível atingir 32 Km com antenas visadas, porém é muito difícil conseguir condições de terreno que permita comunicação com qualidade acima de alguns Km entre dois pontos, pois esta frequência é muito susceptível a obstáculos de médio porte como arvores e construções. Na faixa dos 400 MHz e com potências elevadas é possível ultrapassar os 30 km

A Figura 11 demonstra a arquitetura utilizada em uma transmissão de dados através de Rádio Modem.

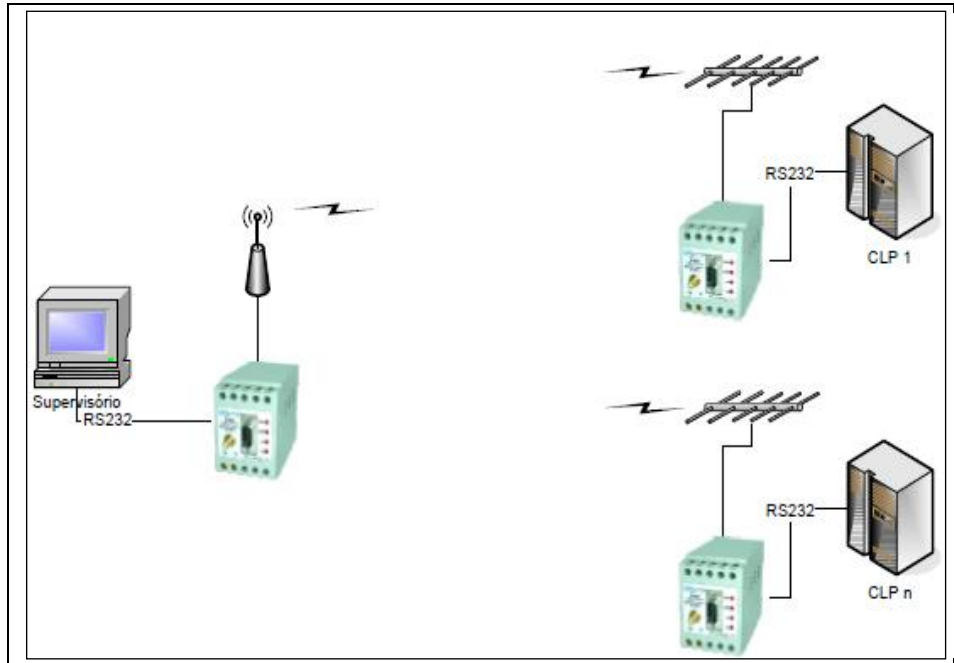


Figura 11 - Comunicação via Rádio Modem

Fonte: Alfacom (2006)

3 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Segundo o Manual do Saneamento (2006), o sistema de abastecimento público de água constitui-se no conjunto de obras, instalações e serviços, destinados a produzir e distribuir água a uma comunidade, em quantidade e qualidade compatíveis com as necessidades da população, para fins de consumo doméstico, serviços públicos, consumo industrial e outros usos.

O sistema de abastecimento de água é composto pelas seguintes unidades:

- ▲ Manancial;
- ▲ Captação;
- ▲ Adução;
- ▲ Tratamento;
- ▲ Reservação;
- ▲ Válvulas e Registros;
- ▲ Redes de Distribuição;
- ▲ Estações Elevatórias;
- ▲ Válvulas de Redução de Pressão;
- ▲ Ramais de Consumo.

Na Figura 12 é ilustrado um sistema de abastecimento com suas partes principais.



Figura 12: Ilustração de um Sistema de Abastecimento de Água

Fonte: Fonseca (2009)

O **manancial** é a fonte de onde se retira a água em condições físicas, químicas e bacteriológicas minimamente aceitáveis para ser realizado o tratamento. O manancial deve possuir, também a capacidade de abastecer uma a população a que ela atende, incluindo os períodos de estiagem, por isso em muitos casos é utilizado mais de um manancial para abastecer uma cidade.

Na Figura 13 estão ilustradas as formas utilizadas para a captação de água, em sistemas de abastecimento público são utilizados, geralmente, os de poços profundos e os mananciais de superfície, oriundos de água de rios, lagos, açudes e represas.

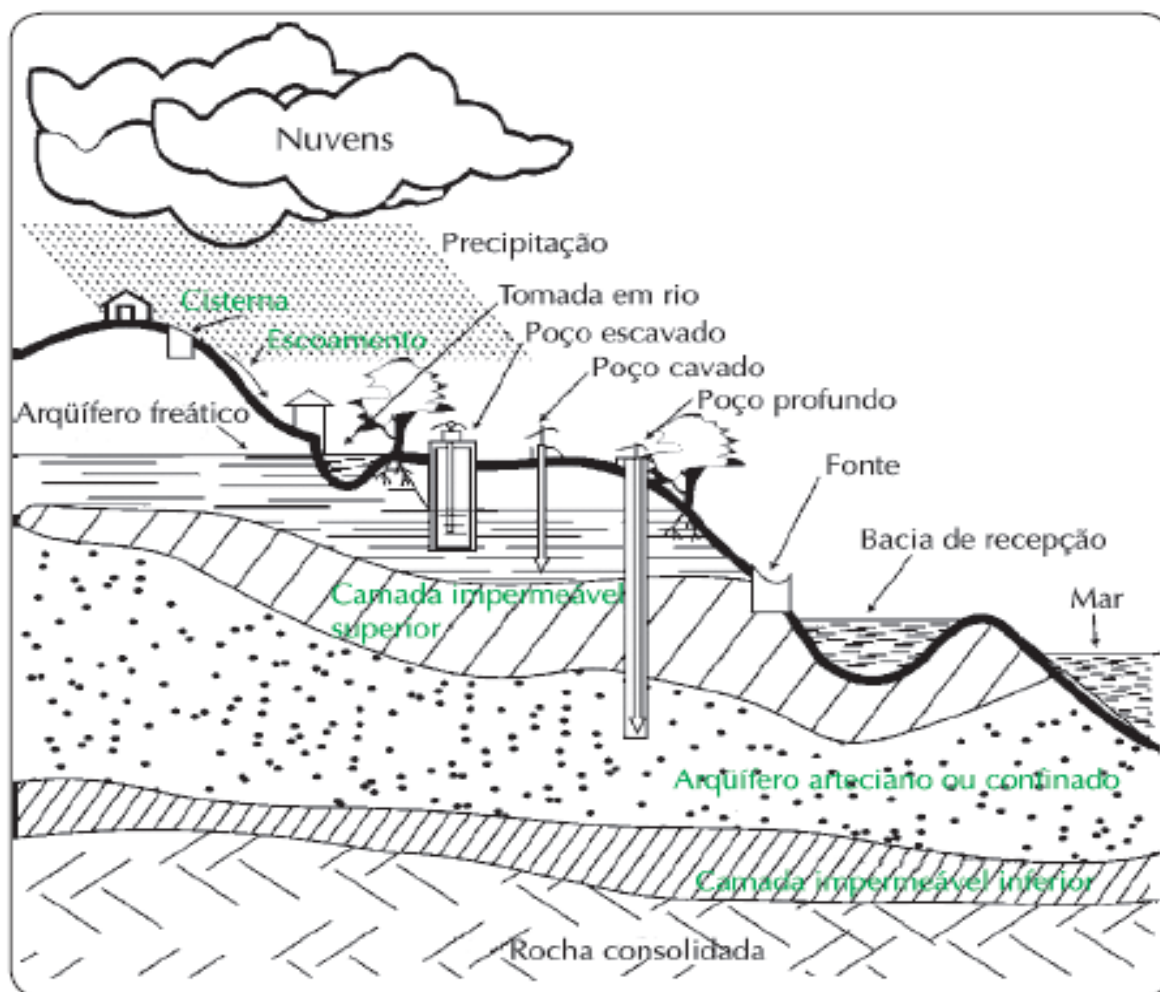


Figura 13: Métodos de captação de água

Fonte: Manual do Saneamento (2006)

A **captação** segundo O Manual do Saneamento (2006) é o conjunto de equipamentos e instalações utilizados para a tomada de água do manancial, com a finalidade de lançá-la no sistema de abastecimento. O tipo de captação varia de acordo com o manancial e com o equipamento empregado.

A **adução** ou é o conjunto de peças e tubulações que permitem que a água deslocada, em grande quantidade, de um da captação para o tratamento, do tratamento para a reservação ou do tratamento a redes de distribuição distantes.

O Manual do Saneamento (2006) relata que a qualidade físico-química e bacteriológica da água obtida no manancial, definirá o **método de tratamento** necessário para atender aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria nº 1.469/2000 do Ministério da Saúde. Deste modo o tratamento de água consiste em melhorar suas

características organolépticas, físicas, químicas e bacteriológicas, a fim de que se torne adequada ao consumo humano.

A Figura 14 demonstra os principais blocos envolvidos numa estação de tratamento de água convencional.

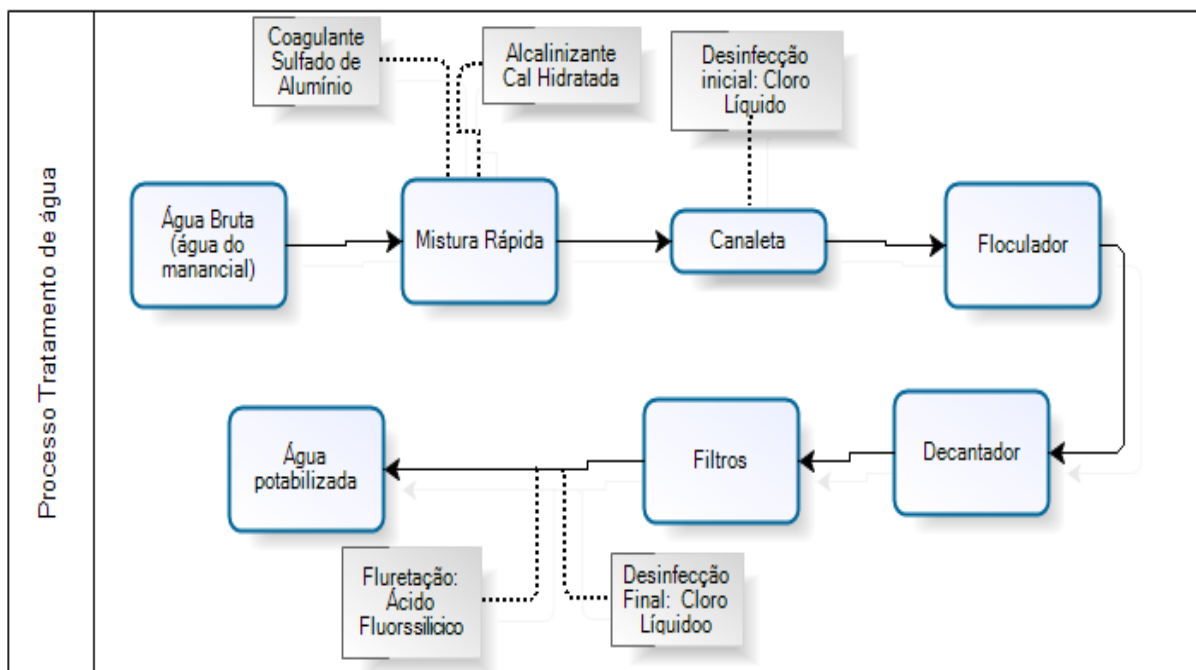


Figura 14: Fluxograma de uma estação de tratamento convencional

Assim as principais etapas envolvidas são:

- Mistura rápida:** adição de um coagulante para remoção das impurezas;
- Floculação:** onde ocorre a aglutinação das impurezas;
- Decantação:** etapa seguinte, em que os flocos sedimentam no fundo de um tanque;
- Filtração:** retenção dos flocos menores em camadas filtrantes;
- Desinfecção:** adição de cloro para eliminação de micro-organismos patogênicos;
- Fluoretação:** adição de compostos de flúor para prevenção de cárie dentária;

Segundo O Manual do Saneamento (2006) a **reservação** tem as seguintes funções: atender às variações de consumo ao longo do dia, promover a continuidade do abastecimento no caso de paralisação da produção de água, manter pressões adequadas na rede de distribuição e garantir uma reserva estratégica em casos de incêndio.

Os reservatórios podem estar dispostos de duas maneiras em relação aos sistemas de distribuição:

- reservatório de montante: situado no início da rede de distribuição, sendo sempre o fornecedor de água para a rede;

- reservatório de jusante: situado no extremo ou em pontos estratégicos do sistema, podendo fornecer ou receber água da rede de distribuição.

A Figura 15 mostra a disposição dos reservatórios bem como os blocos que compõe o sistema.

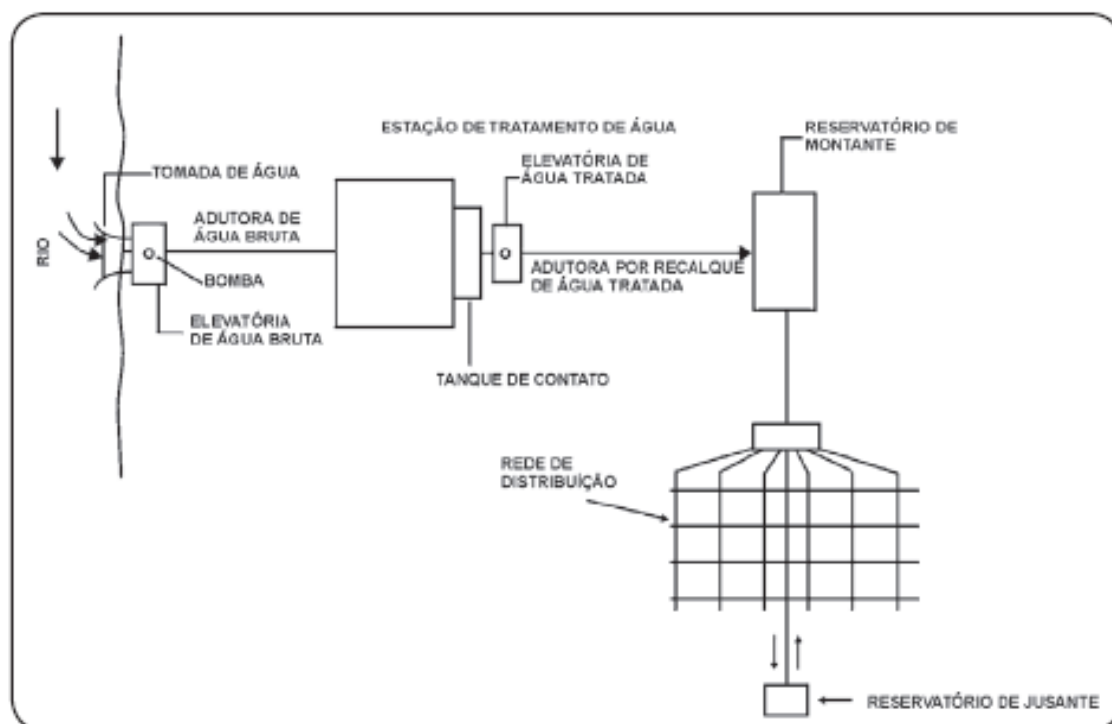


Figura 15: Disposição dos Reservatórios no Sistema de Distribuição

Fonte: Manual do Saneamento (2006)

Rede de distribuição é o conjunto de tubulações, conexões, registros e medidores que possibilitam a distribuição de água para cada consumidor de forma contínua e com pressão adequada.

As **válvulas** permitem que sejam feitas manobras no sistema, tanto na setorização de pontos através de seu fechamento/abertura bem como na redução da pressão em alguma parte da rede através da abertura parcial. Algumas Válvulas Reguladoras de Pressão, VRPs, possuem mecanismos eletrônicos ou hidráulicos que permitem que a pressão de saída permaneça quase constante, dentro de set points pré-definidos pelo operador.

As estações **elevatórias** que são chamadas também de estações de recalque ou boosters são responsáveis por enviar água a pontos mais distantes, elevados ou para dar a pressão necessária para o consumo residencial ou industrial.

A estação elevatória é composta principalmente por válvulas, motores elétricos e bombas hidráulicas, onde o conjunto formado pela bomba hidráulica e o motor é chamado de GMB, grupo motor-bomba hidráulica.

4 AUTOMAÇÃO DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

A automação no saneamento possui alguns objetivos em comum, independentemente da característica da planta de distribuição, onde as principais metas serão citadas abaixo:

- ✓ Tornar o sistema de captação, tratamento e distribuição de água, maleável às estratégias de operação, definidas pelo CCO (Centro de Controle Operacional), através dos equipamentos de controle e análise de dados.
- ✓ Possibilitar a operação e acompanhamento à distância, sem a necessidade de deslocamento de pessoal ao ponto monitorado e/ou comandado, evitando o excesso de funcionários e até a sua segurança, pois muitas vezes este deslocamento deve ser realizado em períodos noturnos e em locais isolados.
- ✓ Efetuar curvas de tendência de determinadas grandezas, a partir do banco de dados do sistema, como a vazão de bombeamento do GMB, onde se pode observar que a diminuição da vazão está associada o desgaste da bomba hidráulica.
- ✓ Determinar possíveis pontos de rupturas de redes ou ramais, com o monitoramento de vazão e pressão dos setores, quando estes dados podem ser vistos e alarmados em centrais de telemetria ou supervisórios.
- ✓ Antecipar ao usuário, possíveis falhas no abastecimento, fazendo com que a empresa saiba da irregularidade, antes mesmo de o usuário perceber, evitando com isto o desperdício da água e desgaste da imagem da empresa, que ocorre muitas vezes, quando a manutenção demora a ser feita.
- ✓ A automação auxilia a criar estratégias de abastecimento com pressões mínimas, fazendo com que haja diminuição do índice de perdas, e diminuição no rompimento de adutoras e conseqüentemente diminuição na quantidade de insumos (energia elétrica, produtos químicos etc.);
- ✓ Acompanhar as grandezas elétricas, com o acompanhamento das demandas de potência nas principais estações elevatórias, evitando ultrapassagens e possibilitar possíveis adequações contratuais, como também a modulação de consumo no horário de ponta. Questão extremamente importante, pois em geral as empresas de saneamento possuem a energia elétrica como maior despesa.

- ✓ Acompanhar o monitoramento em tempo real e registrar a variação do nível dos mananciais de água, precipitações pluviométricas e temperatura ambiente, possibilitando criar estratégias em tempo de estiagem. Quando bem analisados e arquivados pode-se traçar gráficos de demanda e observar as curvas de tendência de consumo.

A automação no saneamento está diretamente associada à implementação de um sistema de telemetria, devido à distância entre as estações que compõe o sistema de captação, tratamento e distribuição de água.

4.1 TIPO DE ESTAÇÕES E VARIÁVEIS CONTROLADAS/MONITORADAS

Uma planta de abastecimento de água pública possui características muito similares, principalmente na questão de automação e controle. Nas subseções que seguem é descrito de forma genérica como se costuma controlar cada unidade que compõe o sistema, apontando as medidas mais importantes de cada tipo de unidade.

A forma que o sistema é controlado e medido depende da complexidade do sistema hídrico e também da sofisticação de equipamentos de acionamento, controle e medição empregados nele.

4.1.1 RESERVATÓRIO

As unidades de reservação possuem a indicação de nível como fundamental, principalmente quando é concentrada a informação do nível dos reservatórios em um ponto em comum, como em um CCO. Assim sabe-se em qual condição de reservação encontra-se o sistema de abastecimento.

Deste modo os controles elétricos e eletrônicos mais usuais são:

1. Medição de Nível – Geralmente possuem as seguintes opções de mensurar o nível de reservação:
 - 1) Eletrodos- Utilização de sensores de eletrodo, inoxidável, onde é realizada a medida da impedância através de um ponto em comum em relação a cada eletrodo. Assim quando o eletrodo está submerso na água a impedância medida diminui drasticamente, indicando que a água chegou ao respectivo nível.

Observe que neste caso a medida de nível é digital, e a resolução de indicação do nível dependerá da quantidade de eletrodos que será utilizada.

- 2) Bóia Elétrica – Possui como principal função acionar e desacionar algum dispositivo de controle, como uma válvula ou um GMB. Não indica, portanto o nível de reservação, mas através do distanciamento de seu cabo é possível determinar a faixa de reservação que será adotada, ou seja, o curso de trabalho da bóia elétrica.
- 3) Sensor de imersão – Este sensor possui uma membrana ou diafragma que é submetido à pressão da coluna de água que está disposta acima do sensor e através de uma saída analógica é indicado o valor desta coluna de água.
- 4) Sensor de Pressão externo – Semelhante ao funcionamento do sensor de imersão possui como vantagens a facilidade de instalação e não ser imerso em água, o que diminui a corrosão do sensor.
- 5) Medição através de sensores de ultra-som – Transmite ondas sonoras na faixa de ultra-som e através do atraso na recepção do sinal é calculada a distância que se encontra a água em relação ao sensor, através do conhecimento das dimensões do reservatório é possível determinar o percentual de reservação ou volume disponível. Possui como inconveniente a refração de sinal o que pode trazer medidas imprecisas se não for tomadas as medidas necessárias.

Para controles mais críticos são interessantes sensores com precisões mais elevadas, como o ultra-som, sensores de imersão e de pressão externa, estes sensores indicam de forma muito mais clara o consumo de água, auxiliando muitas vezes na detecção de vazamentos

2. Indicação de extravasamento

Em alguns casos, principalmente nos eletrodos ou bóias é necessária a inclusão de um sensor que indique que a água atingiu o máximo e que possivelmente a água está extravasando.

Quando é detectado este extravasamento é necessário que na central de controle ou no sistema supervisorio seja gerado um alarme sonoro que possibilite a tomada de decisão mais rápida possível, que pode ser o desacionamento do GMB (ou podendo ser também um fechamento de válvula) que envia água para o reservatório

3. Indicação de arrombamento ou de acesso não autorizado

Necessário em locais que possuam o risco de vandalismo ou até mesmo para evitar acidentes, no caso de reservatórios enterrados.

4. Controle/Monitoração das válvulas de entrada e saída do reservatório: Quando possui alguma válvula elétrica na admissão e/ou saída do reservatório é importante que o mesmo seja controlado e monitorado pelo CLP da telemetria.

4.1.2 ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA OU TRATADA

É o conjunto GMB responsável por enviar água de um ponto a outro, seja para conseguir passar por desníveis geográficos ou para enviar água para pontos mais distantes. Seu controle é realizado em muitos locais de forma manual, assim é necessário que algum funcionário realize o acionamento/desacionamento toda vez que for necessário. Podemos incluir os seguintes tipos de estações neste tópico: elevatórias de água bruta, elevatórias de água tratada e poços de fluoretação e cloração.

Os controles de automação aqui mencionados terão como foco principal, aqueles que utilizam o controle remoto, ou seja, por acionamento de telemetria. Porém estas estações podem ser automatizadas de outras maneiras, dependendo de suas características e do sistema onde atua. A utilização de inversores de frequência, por exemplo, pode ser considerada como uma automação, principalmente quando for utilizado algum transdutor de pressão e este modular e acionar/desacionar o inversor.

Outro tipo de automação muito utilizado é a utilização de timers, que são dispositivos que possuem uma saída, geralmente utilizando relé, e este será acionado/desacionado de acordo com faixas de horários definidas pelo operador. Este tipo de acionamento, porém na grande maioria dos casos não atinge a eficiência desejada, pois qualquer variação de consumo pode deixar o sistema sem água ou o reservatório extravasando, no caso de boosters ou poços.

Desta forma para efeitos de telemetria, geralmente buscam-se os seguintes controles em elevatórias de água:

1. Medição do nível do manancial: Geralmente realizado com sensores de imersão nas comportas de entrada de água bruta.

2. Medição das grandezas elétricas: Medidas das grandezas elétricas (tensão, corrente e potência) são importantes para se verificar se o GMB está funcionando corretamente, por exemplo, quando a corrente está bem abaixo do usual existe a possibilidade de ter rompido a adutora deixando o motor trabalhando perto do regime sem carga ou ter outro problema.

3. Acionamento dos GMBs: O acionamento pode ser: partida direta, estrela-triângulo, chave compensada, soft-starter ou inversor. Muitos inversores e soft-starters possuem portas de comunicação que disponibilizam muitas informações ao usuário, como grandezas elétricas e os parâmetros de seu funcionamento.

4. Pressão de sucção: é medida a jusante da bomba e pode evitar que a bomba trabalhe a vazio, o que pode causar a danificação do GMB.

5. Pressão de saída: é a medida de pressão a montante da bomba hidráulica, pode ser utilizado em alguns pontos como controle do GMB, porém isto só é possível se a rede não tiver perdas de carga muito próximas do GMB e a potência do GMB for adequada ao local de abastecimento.

6. Temperatura do GMB: Indica para o operador distante se o GMB está trabalhando dentro da faixa adequada de temperatura.

Embora possam ser acrescentadas outras variáveis, como sensores de vibração, nível do óleo de lubrificação, invasão do local entre outros, podemos dizer que estes são os mais utilizados e importantes nestes sistemas.

4.1.3 MACROMEDIDORES DE VAZÃO

Os macromedidores de vazão possibilitam ter um controle de vazão instantânea e acumulada em um determinado setor da rede de abastecimento, com isto é possível determinar, através de cruzamento de dados, pontos onde há algum tipo de perda bem como determinar as tendências de consumo, em faixas de horário e períodos sazonais.

Para que o cruzamento de dados possa ser feito em período integral e principalmente possa ser visualizado um rompimento de rede (consumo excessivo) é necessário que estas informações de vazão sejam enviadas para um único local, geralmente no supervisão. Porém isto só é possível quando há uma saída elétrica que indique este valor, onde um dos métodos mais utilizados é a indicação através de pulsos elétricos a cada quantidade de água transmitida, ou seja, a cada 100 litros, por exemplo, é transmitido um pulso.

4.1.4 VÁLVULAS MOTORIZADAS E PROPORCIONAIS

As válvulas de manobra quando são motorizadas ou proporcionais, que permitem sua abertura parcial, podem ser comandadas remotamente.

As válvulas que só ficam totalmente abertas ou fechadas são válvulas acionados por motores elétricos e são controladas através de chaves fins-de-cursos que permitem desligar o motor, quando este fecha/abre todo o curso do registro.

As válvulas proporcionais permitem através de sinais de referencia, geralmente sinais de 4 a 20 mA, posicionar a abertura dentro de qualquer posição de seu curso, permitindo assim controlar a vazão em determinada parte do sistema, como a vazão de um primeiro recalque por exemplo.

As válvulas proporcionais possuem como desvantagem a perda de energia, pois o GMB neste caso trabalha com sua tensão e frequência nominal e sua saída acaba sendo estrangulada, causando assim uma perda de carga, ou seja, é entregue energia para o GMB e parte dela é perdida no atrito com a válvula aquecendo o GMB.

4.1.5 VÁLVULAS REGULADORAS DE PRESSÃO

As válvulas reguladoras de pressão possuem mecanismos que permitem manter a pressão a jusante dentro de valores ajustados para diferentes sets points, de acordo com a hora do dia, ou valor fixo. Nestes locais a monitoração das pressões a montante e a jusante servem para verificar a eficácia da válvula, e se permitido pelo dispositivo de controle da VRP fazer a alteração dos sets points via telemetria.

4.1.6 PONTO DE PRESSÃO MONITORADA

Estas estações têm a função de enviar sinais da pressão de pontos referenciais do sistema de abastecimento hídrico como, por exemplo, dos pontos mais distantes da rede, mais elevados topograficamente ou com maior densidade de consumidores, para o CCO e para outras estações como boosters e reservatórios.

São importantes para detectar problemas na rede de abastecimento e quanto maior for o número destas estações maior serão as chances de detectar os problemas, como interrupções na rede.

5 SISTEMA DE AUTOMAÇÃO E TELEMETRIA NA CORSAN

Como foi mencionado anteriormente há diferentes maneiras de realizar a automação no saneamento, porém neste capítulo será considerada somente a automação que utiliza a telemetria com comunicação via rádio. Esta escolha é feita para que se possa contextualizar a utilização de CLPs ou placas eletrônicas dedicadas a este tipo de processo, dentro da realidade atual da CORSAN.

Desta forma temos painéis de telemetria realizando diversos tipos de controle e monitoração, como os mencionados no capítulo anterior. Estes equipamentos estão distribuídos por quase todo o estado do Rio Grande do Sul, ou seja, nas cidades onde o sistema de abastecimento de água e tratamento de esgoto estão sob concessão da CORSAN, isto equivale a mais de 320 municípios e dois terços da população do estado.

Com esta finalidade a CORSAN possui aproximadamente 1700 equipamentos de telemetria, sendo que estão distribuídos da seguinte maneira em relação ao tipo de transmissão e recepção de dados:

- Equipamentos Analógicos: Devido a sua simplicidade de funcionamento se limitam a ligar/desligar elevatórias em função de níveis de reservatórios ou por botoeira e para sinalizar níveis de reservatórios, geralmente em ETAs. Atualmente somam 495 equipamentos, porém este número está diminuindo pois muitas vezes, em caso de defeito, é mais vantajoso substituir o equipamento do que realizar a manutenção.

Quase em sua totalidade são compostos da seguinte maneira:

1. Rádio Transmissor/Receptor: Alguns equipamentos utilizam rádios de voz adaptados para enviar a informação, mas a grande maioria utiliza rádios na faixa de UHF e VHF, com a transmissão de antenas direcionais, devido a este sistema ser em sua totalidade ponto a ponto.

2. Circuito eletrônico: Possui diversas modelos, porém todos com o mesmo princípio de funcionamento que utiliza duas ou três frequências, tons, para transmitir a informação. Uma indicação de nível reservatório, por exemplo, é feita na quantificação de tons enviados, ou seja, o equipamento do reservatório verifica em suas entradas digitais o nível em que se encontra a água, e transmite a quantidade de entradas que tiverem ativas, através da mesma quantidade de tons em um intervalo pré estabelecido, o receptor, por sua vez, contabiliza a

quantidade de tons enviados, e sinaliza através de leds, e na elevatória realiza o acionamento/desacionamento de acordo com o nível.

- Equipamentos Digitais: Possuem um rádio transmissor/receptor em conjunto com placas utilizando circuitos integrados programáveis, assim possibilitam controles bem mais complexos que os permitidos pelos analógicos.

Podemos dividir, atualmente, os equipamentos digitais em dois grupos:

1 – Equipamentos diversos – São equipamentos que foram adquiridos por diferentes formas, como aquisição por parte da unidade de saneamento (município) ou incluídos em alguma licitação de construção civil. Desta forma os 87 equipamentos existentes possuem um grau maior de dificuldade para manutenção, pois muitas vezes não são disponibilizados as rotinas de programação (no caso de CLPs), nem documentação que possibilite uma fácil identificação de defeitos.

2 – Equipamentos com protocolo Corsan 9.0 – São equipamentos que foram adquiridos por editais de automação, de compra de equipamentos ou de contratos manutenção. Estes equipamentos possuem placas dedicadas ao saneamento e possuem programas de configuração de fácil entendimento, como mostra a Figura 16 e fazem a troca de informações entre os painéis de telemetria através do protocolo Corsan 9.0.

The screenshot shows a software interface for configuring telemetry equipment. The interface is organized into several main sections:

- Parâmetros de Comunicação:** Includes fields for 'Endereço do Mestre' (1), 'Endereço da Estação' (7), 'Tempo Espera de PTT (ms)' (10), and 'Baud rate CDM 2' (1200).
- Parâmetros da Repetidora:** Features a checked 'Habilita Função Repetidora' checkbox, 'Endereço da Repetidora' (1), 'Número de Estações' (2), and 'Endereço para repetição' (01: 6, 02: 5).
- Configuração de medidas analógicas:** Contains a checked 'Habilita controle nível fonte' checkbox, 'Intervalo filtro (ms)' (10), 'Tamanho filtro' (β), and 'Número Totalizações' (Cinco).
- Comandos e Status:** Includes a text input field and buttons for 'Ler configuração' and 'Salvar config.'.
- Motores e Válvulas:**
 - Motores:** Lists Motor 1 to 4 with their respective 'Modo de operação' (Automático, Manual) and 'Tempo partida (seg.)' and 'Tempo parada (seg.)' (all 180).
 - Válvulas:** Lists Val 1 to 4 with their 'T. abertura (s)' and 'T. fechamento (s)' (all 180).
- Periféricos:** A table for configuring external devices (P 1 to P 4) with columns for 'Tipo', 'End/Quant', and 'End'.
- Entradas digitais:** Lists digital inputs (ENT 01 to 08) with their respective functions like 'Monitoração falta de fase', 'Retorno motor 1', etc.
- Setpoints:** Lists various setpoint values such as 'Nível desejado (%)' (100), 'Nível p/ ligar Bomba 1 (%)' (40), 'Tempo +1 bomba (min)' (1), etc.

Figura 16 - Tela de programação dos equipamentos de telemetria

A Corsan possui atualmente 975 equipamentos, que utilizam o protocolo Corsan 9.0, já instalados ou em fase de instalação (até Dezembro de 2012), em mais de 137 cidades, ou seja, se ocorrer defeito em alguma placa controladora destes painéis, será necessária a sua substituição por uma idêntica, ou a substituição de todo sistema de telemetria.

Atualmente as aquisições de equipamentos de controle e telemetria são realizadas somente através de licitações de concorrência pública e exigem que os equipamentos consigam realizar a comunicação através do protocolo Corsan 9.0, pois isto permite a fácil integração dos novos equipamentos com os já existentes.

6 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

O projeto desenvolvido teve como premissas dois pontos: a implantação de um sistema de automação utilizando CLP com um protocolo amplamente difundida no mercado e adequar a programação dos CLPs a alguma localidade atendida pela CORSAN e que esteja na sua lista de prioridades.

Dentre as possibilidades foi escolhida a cidade de Dois Irmãos, pelo fato da ordem de prioridade (importância da automação para o sistema de abastecimento) e do tempo decorrido desde a solicitação por parte da Unidade de Saneamento.

6.1 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA QUE SERÁ CONTROLADO EM DOIS IRMÃOS

Desta forma foi verificado que a cidade de Dois Irmãos possuía uma solicitação de automação dos seguintes pontos:

1. **1º Recalque** – Situado junto a captação da barragem de nível no Rio Feitoria, que está funcionando por acionamento com a utilização de Linha Física, ou seja, através do acionamento de um interruptor é fechado um circuito de aproximadamente 24V e que aciona um relé que por sua vez faz o comando do GMB.

O acionamento via sistema de rádio (telemetria) evita alguns problemas recorrentes, como rompimento da linha quando era substituído algum poste ou pelo desgaste com o tempo, etc.

2. **Indicação do nível do Reservatório São João** – Este reservatório é abastecido principalmente por dois poços, DI-1 e DI-2, e complementado pela EBA São João, onde estes acionamentos são realizados por linha física.

A indicação deste nível na ETA auxilia na detecção falhas em acionamentos dos poços e da EBA, citados no parágrafo anterior, ou em rompimento da rede abastecida.

3. **Indicação do nível do Reservatório São Miguel** – Este ponto de reserva possui dois reservatório com vasos comunicantes, e somando uma capacidade de 600m³ de reservação de água tratada, sendo o local de maior reservação de água da cidade de Dois Irmãos, e responsável por abastecer parte da cidade de Morro Reuter, através de uma estação elevatória comandada por telemetria.

Estes reservatórios são abastecidos pelo poço DI-7 e pela EBA São Miguel e possuía um sistema de telemetria analógico, onde eram emitidos tons, através de um rádio portátil de comunicação, e recebido em outro rádio, similar ao anterior que recebia os tons e os contabilizava, assim cada tom indicava a imersão de um eletrodo. No reservatório havia um conjunto de cinco eletrodos e um referencial. Desta forma o poço e a EBA eram acionadas quando o nível da água fosse inferior ao segundo eletrodo e desligava quando a água ultrapassasse o quinto eletrodo.

4. **Estação de Bombeamento de Água São Miguel e Poço DI-7** – O booster São Miguel possui dois GMBs, sendo um de reserva. O poço DI-7 possui uma bomba submersa, e envia água direto para a rede de distribuição, e abastece o reservatório São Miguel em marcha, ou seja, após suprida a demanda da rede de distribuição a água excedente se desloca para o reservatório.

Observação: No croqui do sistema de abastecimento, Figura 17, os poços DI-7 e DI-5 estão trocados de posição, ou seja, o poço DI-5 encontra-se dentro da ETA e o poço DI-7 situa-se juntamente com o booster São Miguel.

5. **Estação de Tratamento de Água** – A ETA de Dois Irmãos possui três reservatórios, um elevado e dois semi-enterrados, sendo que os dois semi-enterrados possuem vasos comunicantes. Foi solicitada a monitoração destes reservatórios, pois a visualização de seu nível era realizada através de uma régua com um cabo ligado a uma bóia que ao subir e descer com o nível da água indica o nível de reservação, porém este método é muito impreciso e de difícil visualização da estação de tratamento, principalmente a noite ou em dias de chuva.

Algumas fotos dos locais indicados encontram-se no Anexo G.

Desta forma serão feitos os seguintes controles e/ou monitoração nos locais solicitados, sendo que a central de telemetria será colocada no Laboratório da ETA que possui um técnico, ou mais, durante as 24 horas de cada dia. Deste local ele terá acesso a todas as informações/controles citados abaixo:

- Estação Elevatória de Água Bruta:
 - Acionamento do GMB, quando estiver no automático;
 - Indicação de falta de energia elétrica;
 - Indicação de falha de comunicação;
 - Indicação da escolha de Manual/Automático;
 - do Quadro de Comando;
 - Indicação do retorno Ligado/Desligado;

- Indicação de acesso (Reed-Switch);
- Reservatório São Miguel:
 - Nível de reservação de água (%);
 - Indicação de falta de energia elétrica;
 - Indicação de falha de comunicação;
- Reservatório São João:
 - Nível de reservação de água (%);
 - Indicação de falta de energia elétrica;
 - Indicação de falha de comunicação;
- Estação Elevatória de Água Tratada São Miguel:
 - Acionamento do GMB, quando estiver no automático, podendo ser acionado manualmente pelo técnico da ETA ou pelo nível de reservação do reservatório São Miguel ;
 - Indicação de falta de energia elétrica;
 - Indicação de falha de comunicação;
 - Indicação da escolha de Manual/Automático do Quadro de Comando;
 - Indicação do retorno Ligado/Desligado;
- Poço DI-7:
 - Acionamento do GMB, quando estiver no automático, podendo ser acionado manualmente pelo técnico da ETA ou pelo nível de reservação do reservatório São Miguel;
 - Indicação de falta de energia elétrica;
 - Indicação de falha de comunicação;
 - Indicação da escolha de Manual/Automático do Quadro de Comando;
 - Indicação do retorno Ligado/Desligado;
- Reserva tório elevado da ETA de Dois Irmãos:
 - Nível de reservação de água (%);
- Reserva tório enterrado da ETA de Dois Irmãos:
 - Nível de reservação de água (%);

O projeto desenvolvido utilizou CLPs da fabricante BCM, modelo GP 3011, pelo fato da Corsan já possuir algumas unidades em seu estoque, o CLP atender as necessidades do projeto e possuir um protocolo de comunicação altamente difundido, o ModBus.

A comunicação entre os equipamentos foi feita com rádios-modem da Ictel, modelo RD 900, que operam na faixa de 915 à 928 MHz que é liberada pela Anatel, não necessitando portanto de liberação por parte deste órgão das estações de telemetria.

Os tópicos seguintes abordarão de forma mais detalhada as etapas do projeto, e no Anexo H está o folder do CLP BCM GP 3011 e no Anexo I encontra-se o folder do rádio-modem RD-900.

6.2.1 PROGRAMAÇÃO DOS CLPs

A programação do CLP BCM GP3011 é realizada através de linguagem descritiva BCM, esta linguagem utilizada é baseada no "Diagrama de Variáveis de Estados", e é possível descrever operações combinacionais ou sequenciais, executadas dentro de um fluxo único ou em múltiplas ramificações paralelas e simultâneas.

A estrutura da Linguagem Descritiva BCM é formada por três elementos básicos: os ESTADOS, as TRANSIÇÕES e a MALHA DE CONTROLE:

O *Estado* é o conjunto de comandos que, quando ativado, provoca ações que caracterizam uma etapa ou evento do processo. A ativação sucessiva dos estados determina a sequência de controle do processo.

Uma condição de *Transição* é a combinação de eventos que determinam uma mudança de estado, isto é, a transferência da atividade de um estado para outro.

Uma *Malha de controle* é um diagrama de estados parcial, que corresponde a um ramo do processo, dentro do qual apenas um estado pode estar ativo a cada momento. O diagrama de estados completo do processo pode ser composto por uma ou mais malhas. Devido aos recursos de multiprocessamento do controlador, todas as malhas serão atendidas simultaneamente quando da execução do programa em tempo real.

Assim dentro destas “regras” da programação foram feitas as seguintes malhas de controle no CLP da Central de telemetria:

Malha 0: Leitura/escrita dos equipamentos (comunicação)

Malha 1: Telas de display e controle

Malha 2: Verificação de Falha no sistema

Malha 3: Controle do Status do Primeiro Recalque

Malha 4: Controle do Status do booster São Miguel

Malha 5: Controle do Status do Poço DI-7

Malha 6: Controle de teclas

Malha 7: Alarme sonoro (Buzzer)

Malha 8: Leitura dos reservatórios da ETA

Malha 9: Reset das variáveis

Malha 10: Controle do Status dos Reservatórios São João e São Miguel

As rotinas de programação completas de cada CLP podem ser vistas nos Anexos A à E. Pode se observar que a rotina da estação central possui um número relativamente superior de malhas e estados, em relação aos outros CLPs. Isto ocorre devido a necessidade de a central de telemetria realizar todo o controle da troca de informações, malha 0, e disponibilizar as informações para o operador, bem como seus comandos, malha 1 à 10.

Cabe ressaltar que a programação da central era mais detalhada em informações, porém a memória disponível para alocar o software de controle, foi insuficiente, assim foram simplificadas as telas de acionamentos e retiradas às telas de reconhecimentos de alarmes.

Os CLPs que monitoram os reservatórios estão utilizando um sensor de imersão para realizar a leitura do nível de reservação, através de uma entrada analógica, e disponibilizado em porcentagem. A leitura da presença da entrada de energia elétrica é feita através de uma saída a relé da fonte de alimentação.

Os sensores de imersão utilizados possuem as seguintes características;

- Range: 0 a 5 mca
- Alimentação: 18 a 30V
- Saída: 4 a 20mA

Os CLPs que realizam o controle de GMBs utilizam as saídas e entradas digitais para monitorar e controlar o funcionamento dos motores. As entradas digitais utilizadas, por exemplo, no 1º Recalque são referentes: a entrada AC, retorno da contactora de acionamento do GMB, escolha de manual/automático da chave seletora do quadro e invasão do recinto através de um reed-switch.

Um detalhe que é importante para uma comunicação eficiente é a alocação da informação de forma que com uma do mestre (central de telemetria) solicitação sejam passadas ou escritos todos os dados de interesse. Para isto é feito o reset no início da rotina das variáveis de interesse e na ordem desejada.

O Anexo F possui um manual de operação, mas devido o sistema ter sido instalado recentemente é provável que sejam feitos ajustes de forma a torná-lo mais claro para a operação. Possivelmente poderá ser feito ajustes na própria rotina dos CLPs para que o funcionamento do sistema estar o mais próximo do ideal para a operação.

6.2.2 SISTEMA DE COMUNICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

O sistema de comunicação através de rádios de 900 Mhz possuem como principal vantagem em relação aos de frequências inferiores não ser necessário a licença junto a Anatel, apenas a liberação e cadastro deste equipamento junto a Anatel.

Como foi mencionado na subseção anterior foi adotado o CLP da ETA como a central de telemetria, ou seja, o mestre na comunicação Modbus desta rede e os outros CLPs como escravos.

Porém, foram verificados anteriormente os enlaces desta estação com os outros quatro painéis pertencentes a este sistema, e constatou-se que se a antena omni direcional fosse colocada no reservatório elevado da ETA todos os enlaces estariam com excelente qualidade.

A Figura 18 mostra a distribuição geográfica dos pontos de interesse deste projeto. O ponto que possui a maior distância em relação a ETA é o reservatório São Miguel com distância de 1,8 Km e a menor distância é do booster São Miguel com 830m.



Figura 18 - Distribuição geográfica das estações de telemetria monitoradas/controladas

As Figuras Figura 19, Figura 20, Figura 21 e Figura 22 mostram a simulação dos enlaces de cada ponto com a central de telemetria da ETA de Dois Irmãos. Foi utilizado o programa Radio Mobile (*Freeware*), onde foram adotados os seguintes valores:

- ♣ Perda do cabo RGC213: 0,2 dB/m
- ♣ Ganho da antena Omni (Central): 2 dBi
- ♣ Perda em conexões: 0,5 dB
- ♣ Ganho das antenas Yaghi (reservatórios): 14dBi
- ♣ Ganho das antenas Yaghi (EBAB e EBAT): 17dBi
- ♣ Altura das antenas: Consta nas telas de simulação
- ♣ Potência de Transmissão: 1 W (30 dB)
- ♣ Limiar de recepção: -110dB

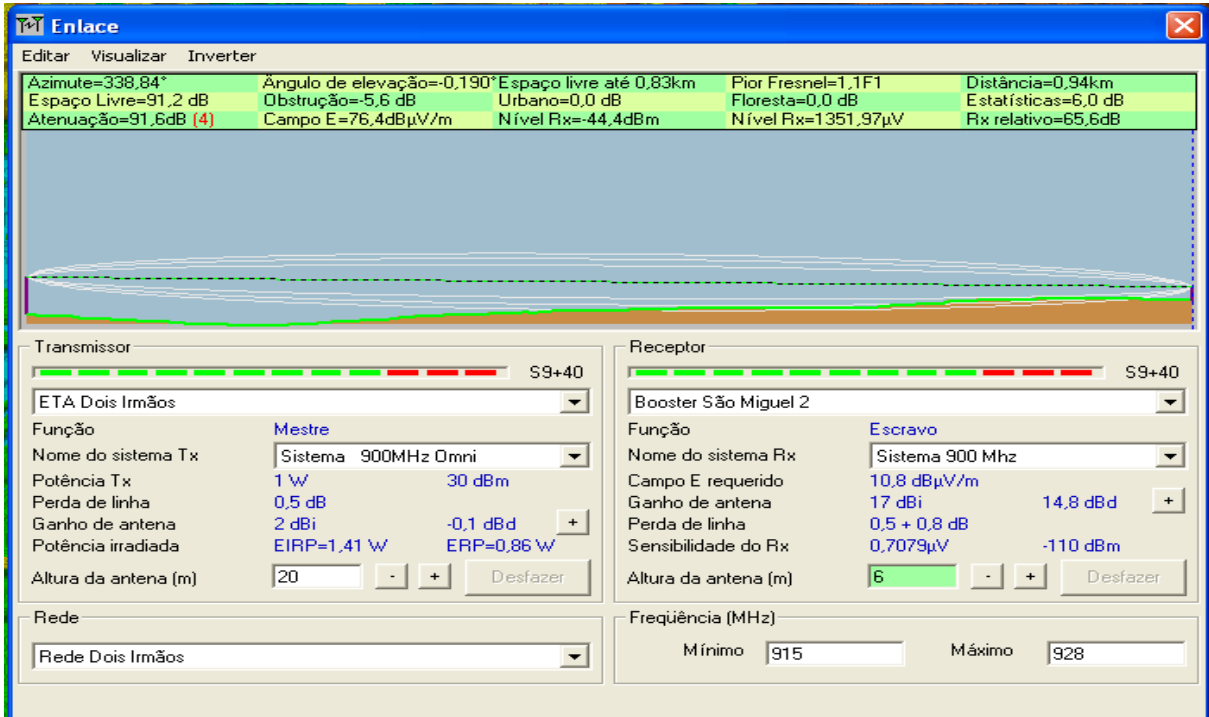


Figura 19 - Enlace entre a ETA e o Booster São Miguel

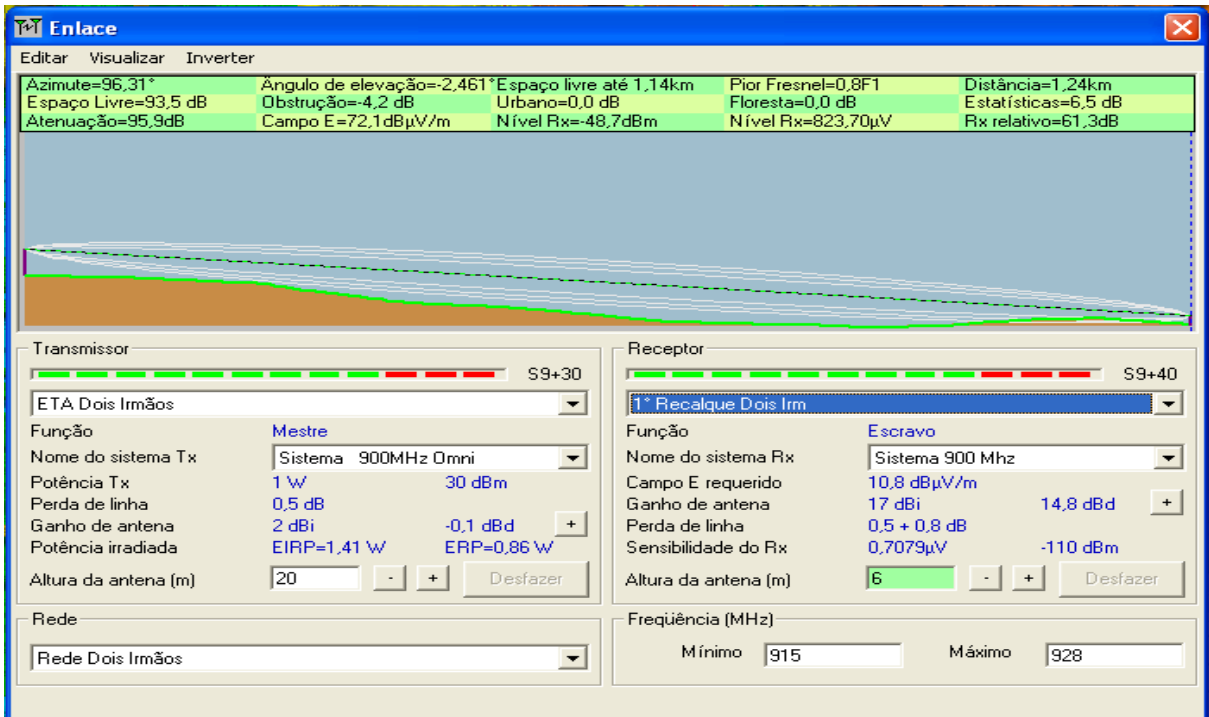


Figura 20 - Enlace entre a ETA e o Primeiro Recalque

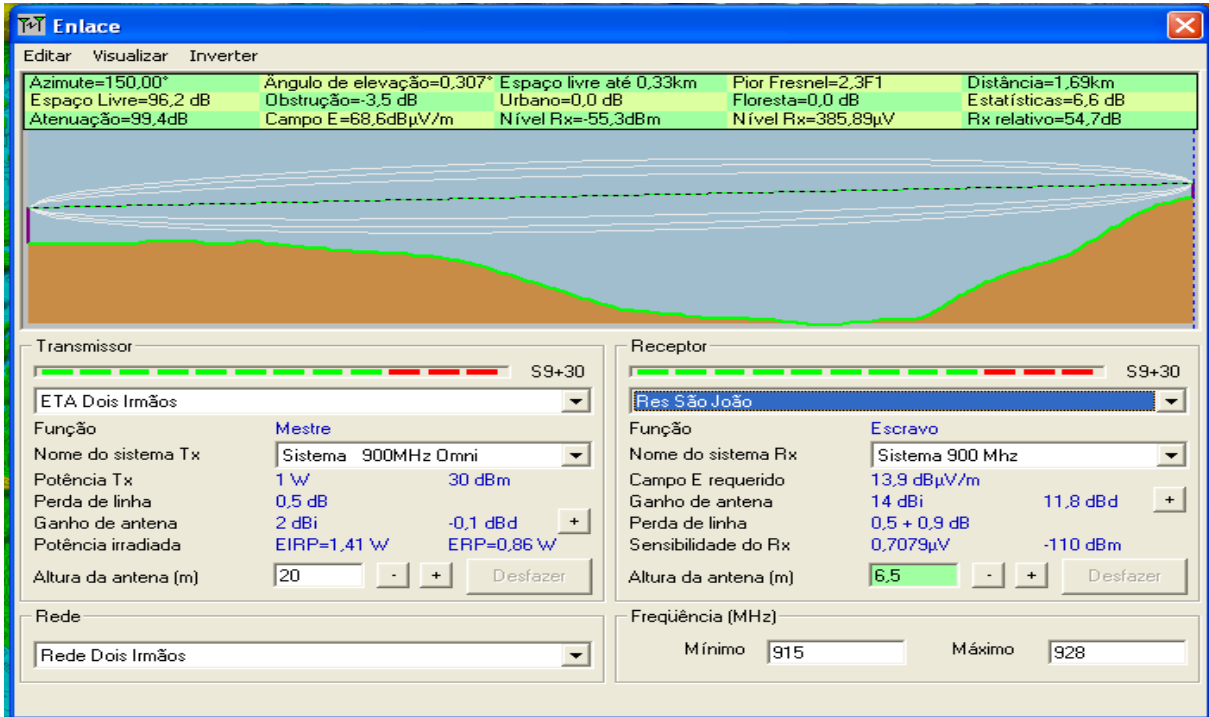


Figura 21 - Enlace entre a ETA e o Reservatório São João

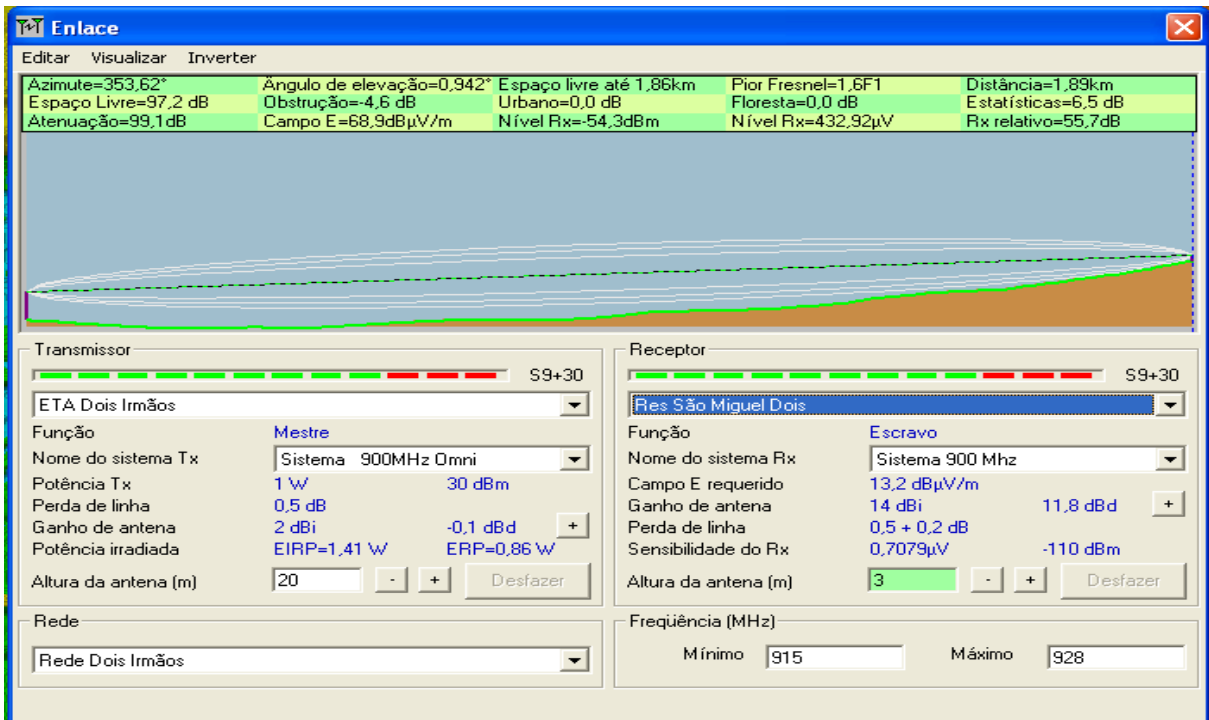


Figura 22 - Enlace entre a ETA e o Reservatório São Miguel

Desta forma verifica-se que todos os pontos possuem linha de visada com o mestre de comunicação.

6.2.3 INSTALAÇÃO E TESTES DOS EQUIPAMENTOS

Devido ao curto período para elaboração deste trabalho não foi possível elaborar e demonstrar o funcionamento dos equipamentos de forma detalhada, onde a alta demanda de trabalho do departamento responsável pela telemetria, DEATEL, dificultou a implementação do sistema por completo.

Assim foram instalados até este presente momento 3 equipamentos:

- A central de telemetria, que encontra-se na ETA
- Booster São Miguel e poço DI-7
- Reservatório São Miguel

Através destes equipamentos, já instalados, pode-se perceber que o sistema esta funcionando corretamente e que já está auxiliando no controle do abastecimento local. Algumas fotos dos equipamentos instalados encontram-se no Anexo G.

Um dos pontos positivos verificados no funcionamento foi a comunicação RS-232 entre o CLP e o rádio modem da central que apresentou excelente resposta, mesmo com um cabo de 34 metros de comprimento. As literaturas divergiam na máxima distância suportada por este meio de comunicação, sendo citadas distâncias de 20 a 60 metros. Desta forma havia um receio que a comunicação entre CLP e o rádio não fosse possível por meio do RS-232.

Foram entregues aos funcionários que são responsáveis pelo controle do sistema, e que, portanto, operam o sistema de telemetria, um manual de utilização dos equipamentos, e uma demonstração no próprio painel, onde foram sanadas as suas dúvidas.

7 COMPARAÇÃO COM O SISTEMA PADRÃO DA CORSAN

De acordo com os estudos realizados e através do projeto desenvolvido verificou-se que a utilização de CLP de uso genérico com protocolo aberto e difundido possui algumas vantagens em relação a utilização de placas controladoras dedicadas com o uso do protocolo Corsan, onde podemos citar:

- ▲ Programação versátil, onde o CLP pode ser adequado de acordo com cada localidade;
- ▲ Facilidade em expandir a quantidade de entradas e saídas, pois inúmeros fabricantes possuem módulos de extensão de entradas/saídas para seus CLPs;
- ▲ Possibilidade de acréscimo de fornecedores que poderão entrar na concorrência e possivelmente baixar o valor na compra de material;
- ▲ Pode ser incluído em um único sistema diversas marcas de equipamentos controladores, desde que eles possuam o mesmo protocolo de comunicação.

Porém pode se perceber algumas desvantagens como:

- ▲ A implantação do sistema é mais difícil, pois é necessário que seja feita a programação de cada CLP (com a utilização de placas dedicadas é feita uma simples configuração);
- ▲ As placas utilizadas atualmente possuem a função de repetidora, o que facilita e diminui a quantidade de equipamentos de telemetria necessários em sistemas com maior número de estações;
- ▲ Em geral o custo dos CLPs continuam maiores do que as placas que são adquiridas pela CORSAN, porém os valores dos CLPs estão diminuindo, devido a concorrência, evolução da tecnologia de sua fabricação e principalmente pela sua larga utilização no mercado atual;

Conforme os sistemas, desenvolvido neste trabalho e o “padrão” da CORSAN, apresentam bons resultados e relativamente igualdade em vantagens e desvantagens e pode-se dizer que estas implementações são similares e que atingem os objetivos.

Porém as padronizações industriais buscam uma otimização dos produtos e interoperabilidade entre fabricantes, bem como a melhora na qualidade de funcionamento.

Neste meio os fabricantes que estiverem oferecendo o melhor custo x benefício, nos seus produtos, terão preferência em relação aos concorrentes.

Por isso considero de grande importância que a Corsan busque alternativas para seu sistema de automação e telemetria, de forma que evite no futuro problemas, como a falta de fornecedores, maior dificuldade em implementações futuras ou defasagem tecnológica. Assim será sugerida uma alteração em novas instalações de automação e telemetria na subseção 7.2.

7.1 GATEWAY PARA PROTOCOLO CORSAN E MODBUS RTU

Conforme mencionado anteriormente o desenvolvimento de um gateway entre os protocolos Corsan e outros protocolos, poderia solucionar a falta de compatibilidade dos equipamentos que a CORSAN utiliza com equipamentos de outros fabricantes. O gateway permite que seja realizada uma subrede com outro protocolo que o utilizado na rede existente, no caso o protocolo da CORSAN.

Como o gateway não fazia parte da proposta inicial do trabalho ele não foi implementado, porém durante o desenvolvimento do trabalho percebeu-se que esta poderia ser a melhor solução do problema, assim foi feita uma análise e comparação dos protocolos, na tentativa de vislumbrar a dificuldade de sua implementação.

Assim para converter uma mensagem do protocolo Corsan 9.0 para Modbus RTU, devemos:

Byte de início – STX – Deve ser transformado no Start do Modbus.

Byte de Destino – DEST – Não é necessário nenhuma modificação, pois é o mesmo formato do Modbus.

Byte de Origem – ORIG - Pode ser descartado.

Byte de comandos – CMD – Deve ser utilizado uma tabela de conversão dos comandos utilizados no Corsan 9.0 para o Modbus.

Byte de dados – DADOS – Não é necessário a conversão, mas sim uma mesma alocação na ordem das informações.

Byte de termino – ETX – Deve ser transformado no End do Modbus.

Byte de verificação – CS – Deve ser descartado, porém deve ser colocado em seu lugar o CRC, onde este método faz um cálculo de “ou exclusivo” entre cada *byte* da *frame*

(não é considerado o *start bit*, *stop bit* e o *bit* de paridade), tomando inicialmente o CRC com o valor de FFFF em hexadecimal, deslizando os *bits* a cada sequência.

A Tabela 5 mostra a conversão dos protocolos, onde a primeira linha é referente ao protocolo Corsan 9.0, a segunda referente ao que deve ser feito com cada campo do frame Corsan 9.0, a terceira linha indica os campos referentes ao protocolo ModBus RTU, e por fim, a quarta linha indica o campo que deve ser inserido.

Tabela 5 - Conversão do protocolo Corsan 9.0 para Modbus RTU

Start	Adress		Function	Data	CRC Check	End	
Transformado	=		Transformado por tabela	=	Descartado	Transformado	
STX	DEST	ORIG	CMD	DADOS		ETX	CS
		Inserido					Inserido

Para converter uma mensagem do protocolo ModBus RTU para Corsan 9.0, devemos:

Byte de início – START – Deve ser transformado no STX do Corsan 9.0.

Byte de Destino – ADDRESS – Não é necessário nenhuma modificação, pois é mesmo formato do DEST.

Byte de Origem – ORIG - Deve ser acrescentado.

Byte de comandos – FUNCTION – Deve ser utilizado uma tabela de conversão dos comando utilizados no Modbus para Corsan 9.0.

Byte de dados – DATA – Não é necessário a conversão, mas sim uma mesma alocação na ordem das informações.

Byte de verificação – CRC CHECK – Deve ser descartado, porém dever ser colocado em seu lugar o CS, onde é obtido pela soma de todos os bytes que compõem o *frame* do STX (ou SOH) ao ETX. O *overflow* da soma deve ser desprezado.

Byte de termino – END – Deve ser transformado no ETX do Corsan 9.0.

A Tabela 6 mostra a conversão dos protocolos, onde a primeira linha é referente ao protocolo ModBus RTU, a segunda referente ao que deve ser feito com cada campo do *frame* ModBus RTU, a terceira linha indica os campos referentes ao protocolo Corsan 9.0, e por fim, a quarta linha indica os campos que devem ser inseridos.

Tabela 6 - Conversão do protocolo Modbus RTU para Corsan 9.0

STX	DEST	ORIG	CMD	DADOS		ETX	CS
Transformado	=	Descartado	Transformado por tabela	=		Transformado	Descartado
Start	Adress		Function	Data	CRC Check	End	
					Inserido		

7.2 PROPOSTA DE ALTERAÇÕES EM NOVAS IMPLEMENTAÇÕES DA CORSAN

De acordo com o que foi citado anteriormente, pode ser feito uma sugestão de alteração nas aquisições de novos equipamentos e novas implementações de telemetria na Corsan. Todavia, mudanças bruscas em processos podem gerar alguns problemas inesperados, considero, então que a mudança seja feita seguindo a ordem cronológica citada abaixo:

1º - Adotar um segundo protocolo, que atenda os requisitos dos sistemas de automação da Corsan, que seja aberto e que esteja disponível em diversos fabricantes, como, por exemplo, o Modbus analisado e utilizado anteriormente.

2º - Desenvolver e implementar um gateway que faça a conversão entre estes protocolos, Corsan 9.0 e o escolhido anteriormente. Como foi visto anteriormente, para o caso do Modbus, a implementação não exige requisitos de hardware e software complexos.

3º - Escolher uma ou duas linguagens de programação dos CLPs, preferencialmente as mais utilizadas como a linguagem ladder. E através destas linguagens criar rotinas padrões para facilitar programação dos CLPs e implementação do sistema.

4º - Incluir nas licitações de automação de unidades ou de aquisição de equipamentos a possibilidade de oferta de CLPs com o protocolo e linguagem de programação definidos anteriormente. Contudo, é necessário que as especificações solicitadas na minuta do edital atendam integralmente os propósitos do projeto.

Deste modo conseguirá se contornar a situação atual, dando mais confiabilidade ao sistema, sem prejuízos e agregando qualidade nas automações.

8 CONCLUSÕES

O presente trabalho abordou parte das bases teóricas envolvidas na automação de sistemas de abastecimento de água, de forma que possa auxiliar quem está tendo o primeiro contato com a aplicação da Engenharia Elétrica no saneamento, mercado que encontra-se em expansão devido ao Brasil estar buscando a melhora deste serviço extremamente importante.

O projeto desenvolvido e instalado pôde elucidar boa parte da implementação de um projeto de automação e telemetria de pequeno porte, neste caso cinco estações de telemetria. Observa-se, portanto, que não foi realizado o controle de todo abastecimento da cidade de Dois Irmãos, mas estes pontos permitem um acréscimo na qualidade do controle deste sistema.

Em virtude das análises feitas durante o projeto de diplomação foi sugerido a utilização de um segundo protocolo nas automações da Corsan, como uma medida de segurança e a possibilidade de inserir novos fornecedores de equipamentos de controle em painéis de telemetria.

Para que seja possível integrar equipamentos que utilizam o protocolo Corsan 9.0 com equipamentos que utilizam outro protocolo, foi sugerido também que fosse implementado um gateway para fazer a conversão entre estes protocolos, assim seria possível utilizá-los em um mesmo sistema.

Assim este trabalho obteve êxito e cumpriu com o objetivo proposto inicialmente, observando, analisando e propondo uma modificação nas licitações de automação que é um serviço de extrema importância para a Companhia Riograndense de Saneamento. Porém, cabe ao departamento responsável analisar os dados e proceder da melhor forma para a Companhia.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Manual do Saneamento, Fundação Nacional de Saúde, Brasília, 2006

Capelli, Alexandre. **Eletrônica para Automação**, Rio de Janeiro: Antenna Edições Técnicas Ltda, 2004

Stenerson, Jon. **Industrial Automation and Process Control**, Upper Saddle River: Prentice Hall, 2003

Sighieri, L.; Nishinari, A. **Controle Automático de Processos Industriais**, São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 1973

Ribeiro, Marco Antônio. **Automação**, Salvador: TEK treinamento e Consultoria, 2005

CORSAN, **Protocolo de Comunicação, Versão 9.0**, 2004

Silva, A.; Felgueiras, M.; **Protocolo de Comunicação Modbus**. Disponível em <http://paginas.fe.up.pt/~pportuga/comi_0809/praticas/trabalho_1/RECIN_Modbus.pdf>. Acesso em 10/04/2012

BCM, **Redes e Protocolos de Comunicação**, 2002

Fonseca, Fabrício Ramos da. **Modelo para Automação de Sistemas de Abastecimento Hídrico**. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2009.

Alfacomp, **A Telemetria Via sistemas de Rádio Modem**, 2006

Câmara, M. A.; Dore, M. **Redes de Computadores e Telecomunicações: Gateway**. Disponível em <www.logicengenharia.com.br/mcamara/ALUNOS/Gateways.pps> Acesso em 10/04/2012

Dillenburg, Marcos R. **Alternativas de aplicação do serviço GPRS da rede celular GSM em telemetria pela Internet.** Disponível em <www.martinezezuim.com.br/arquivos%20pdf/telemetria.pdf> Acesso em 22/04/2012

Frangipani, Marcio. **Técnicas de Operação em Sistemas de Abastecimento de Água, V.1. Macromedição,** Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, Brasília, 2007

Gonçalves, E; Lima,C.L. **Técnicas de Operação em Sistemas de Abastecimento de Água, V.4. Controle de pressões e operação de válvulas reguladoras de pressão.** Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, Brasília, 2007

Hammer, M. J. **Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotos,** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 1979

BCM, **Linguagem Descritiva,** 2003

BCM, **Manual do Usuário do PROCP V4K,** 2003

BCM, **Controlador Programável GP-3000,** 2003

ANEXO A: ROTINA DE PROGRAMAÇÃO DO CLP DA CENTRAL DE TELEMETRIA DA ETA DE DOIS IRMÃOS

```
CLP=BCM3011 (ESH=1) ;           Especifica tipo de CLP a ser utilizado
INTERFACE1(9600)=1 (PROTOCOLO=BCM2);
INTERFACE2(9600)=1 (PROTOCOLO=BCM2);
DISPLAY=DPA20
```

```
DIM VELOC(0)                ;Matrizes de comunicação ModBus
DIM PARID(0)
DIM TERTS(0)
DIM CHCTS(0)
DIM TOUT(0)
DIM STAT(0)
DIM ENDER(0)
DIM FUNC(0)
DIM REG(0)
DIM QUANT(0)
DIM DADOS(20)
DIM RES(3)
```

```
-----
MALHA 0;===== LEITURA DOS EQUIPAMENTOS
```

```
ESTADO 0;
FACA* VELOC=3                ;VELOCIDADE 1200 BPS
FACA* TERTS=50               ;TEMPO DE ENVIO DO PRIM BYTE X 10ms
FACA* CHCTS=1                ;CONFERE CTS ANTES DO ENVIO
FACA* TOUT=500               ;TIMEOUT RESPOSTA X10ms
FACA* PARID=0                ;SEM PARIDADE
FACA* E63=1                  ;HABILITA ROTINA
VA PARA 1;
```

```
ESTADO 1;===== Leitura no 1o Recalque
FACA* ENDER=1                ; ENDERECO DO ESCRAVO
FACA* FUNC=3                  ; FUNCAO 3 (READ HOLDING REGISTERS)
FACA* REG=51814              ; LER REGISTRO 1
FACA* QUANT=3                ; LE 2 REGISTROS
FACA* STAT=1                 ; INICIA A LEITURA
SE ATRASO=50 ENTAO 2;
```

```
ESTADO 2:
SE STAT(0)=3 ENTAO 5;        ; SE ESCRITA CORRETA
SE STAT(0)>3 ENTAO 3;        ; SE ERRO
SE ATRASO=20 ENTAO 3;
```

```
ESTADO 3:                    ; TRATAMENTO DO ERRO
INCREMENTA ERRO1;
SE ERRO1>5 ENTAO 4;
VA PARA 7;
```

```
ESTADO 4:
SET COMU1;
VA PARA 7;
```

```
ESTADO 5:
FACA* ERRO1=0;
FACA* POWE1=DADOS(0);
FACA* MAN1=DADOS(1);
FACA* RET1=DADOS(2);
FACA* COMU1=0;
VA PARA 7;
```

```
ESTADO 7;===== Escrita no 1o Recalque
FACA* DADOS(0)=SIT1;
FACA* DADOS(1)=CMD1;
FACA* DADOS(2)=LIG1;
VA PARA 8;
```

```
ESTADO 8;
FACA* ENDER=1                ; ENDERECO DO ESCRAVO
FACA* FUNC=16                ; FUNCAO
```

```
FACA* REG=51808
FACA* QUANT=3 ; ESCREVE 3 REGISTROS
FACA* STAT=1 ; INICIA A ESCRITA
VA PARA 9;
```

```
ESTADO 9;;
SE ATRASO=30 ENTAO 10;
```

```
ESTADO 10:;===== Leitura no BOOSTER SAO MIGUEL
FACA* ENDER=2 ; ENDERECO DO ESCRAVO
FACA* FUNC=3 ; FUNCAO 3 (READ HOLDING REGISTERS)
FACA* REG=51822 ; LER REGISTRO 1
FACA* QUANT=5 ; LE 5 REGISTROS
FACA* STAT=1 ; INICIA A LEITURA
SE ATRASO=50 ENTAO 11;
```

```
ESTADO 11;;
SE STAT(0)=3 ENTAO 14; ; SE ESCRITA CORRETA
SE STAT(0)>3 ENTAO 12; ; SE ERRO
SE ATRASO=20 ENTAO 12;
```

```
ESTADO 12;; ; TRATAMENTO DO ERRO
INCREMENTA ERRO2;
SE ERRO2>5 ENTAO 13;
VA PARA 15;
```

```
ESTADO 13;;
FACA COMU2=1;
VA PARA 15;
```

```
ESTADO 14:
FACA* ERRO2=0;
FACA* POWE2=DADOS(0);
FACA* MAN3=DADOS(1);
FACA* RET3=DADOS(2);
FACA* MAN2=DADOS(3);
FACA* RET2=DADOS(4);
FACA* COMU2=0;
VA PARA 15;
```

```
;=====Escrita no BOOSTER SAO MIGUEL
```

```
ESTADO 15:;-----Carregando Variáveis
FACA* DADOS(0)=SIT3;
FACA* DADOS(1)=SIT2;
FACA* DADOS(2)=CMD1;
FACA* DADOS(3)=NIV3;
FACA* DADOS(4)=LIG3;
FACA* DADOS(5)=LIG2;
VA PARA 16;
```

```
ESTADO 16;;
FACA* ENDER=2 ; ENDERECO DO ESCRAVO
FACA* FUNC=16 ; FUNCAO
FACA* REG=51808 ;
FACA* QUANT=6 ; ESCREVE 1
FACA* STAT=1 ; INICIA A ESCRITA
VA PARA 17;
```

```
ESTADO 17;;
SE ATRASO=30 ENTAO 18;
```

```
ESTADO 18;;
SE CMD1=0 ENTAO 19;
VA PARA 20;
```

```
ESTADO 19;;
FACA CMD1=1;
VA PARA 21;
```

```
ESTADO 20;;
FACA CMD1=0;
VA PARA 21;
```

```
ESTADO 21:;===== Leitura no Reservatório São Miguel
FACA* ENDER=3 ; ENDERECO DO ESCRAVO
FACA* FUNC=3 ; FUNCAO 3 (READ HOLDING REGISTERS)
```

FACA* REG=51808 ; LER REGISTRO 1
 FACA* QUANT=2 ; LE 2 REGISTROS
 FACA* STAT=1 ; INICIA A LEITURA
 SE ATRASO=50 ENTAO 22;

ESTADO 22:;
 SE STAT(0)=3 ENTAO 25; ; SE ESCRITA CORRETA
 SE STAT(0)>3 ENTAO 23; ; SE ERRO
 SE ATRASO=20 ENTAO 23;

ESTADO 23: ; TRATAMENTO DO ERRO
 INCREMENTA ERRO3;
 SE ERRO3>5 ENTAO 24;
 VA PARA 25;

ESTADO 24:;
 FACA COMU3=1;
 VA PARA 26;

ESTADO 25:
 FACA* ERRO3=0;
 FACA* NIV3=DADOS(0);
 FACA* POWE3=DADOS(1);
 FACA* COMU3=0;
 VA PARA 26;

ESTADO 26:;===== Leitura no Reservatório São João
 FACA* ENDER=4 ; ENDERECO DO ESCRAVO
 FACA* FUNC=3 ; FUNCAO 3 (READ HOLDING REGISTERS)
 FACA* REG=51808 ; LER REGISTRO 1
 FACA* QUANT=2 ; LE 2 REGISTROS
 FACA* STAT=1 ; INICIA A LEITURA
 SE ATRASO=50 ENTAO 27;

ESTADO 27:;
 SE STAT(0)=3 ENTAO 30; ; SE ESCRITA CORRETA
 SE STAT(0)>3 ENTAO 28; ; SE ERRO
 SE ATRASO=20 ENTAO 28;

ESTADO 28: ; TRATAMENTO DO ERRO
 INCREMENTA ERRO4;
 SE ERRO4>5 ENTAO 29;
 VA PARA 1;

ESTADO 29:;
 SET COMU4;
 VA PARA 1;

ESTADO 30:
 FACA* ERRO4=0;
 FACA* NIV4=DADOS(0);
 FACA* POWE4=DADOS(1)
 FACA* COMU4=0;
 VA PARA 1;

MALHA 1: ; ===== TELAS DE DISPLAY

ESTADO 0:;
 MOSTRA T(1,1) "CENTRAL TELEMETRIA";
 MOSTRA (2,4) "DOIS IRMAOS";
 SE ATRASO=10 ENTAO 1;

ESTADO 1: ; =====TELA1
 MOSTRA LD4(1,1) "RES ENTERRADO",NIV1,"%";=====Nível Res Enterrado
 MOSTRA LD4(2,1) "RES ELEVADO",NIV2,"%";
 SE NEXT=1 ENTAO 2;
 SE BFORE=1 ENTAO 6;
 SE ATRASO=60 ENTAO 2;----- Efetuar leitura novamente

ESTADO 2: ; =====TELA2 RESERVATÓRIO SÃO MIGUEL
 FACA* WWW=SIT5;===== Nível Res São Miguel
 MOSTRA TD3(1,1) "RES SAO MIGUEL ",NIV3,"%";
 MOSTRA S1(2,1) "FALHA COMUNICACAO";
 MOSTRA S0(2,1) "SEM ENERGIA ELÉTRICA";
 MOSTRA S2(2,1) "NORMAL",
 SE NEXT=1 ENTAO 3;

SE BFORE=1 ENTAO 1;
SE ATRASO=60 ENTAO 3;

ESTADO 3: =====TELA3 RESERVATÓRIO SÃO JOÃO
FACA* WWW=SIT4;===== Nível Res São João
MOSTRA TD3(1,1) "RES SAO JOAO ",NIV4,"%";
MOSTRA S1(2,1) "FALHA COMUNICACAO";
MOSTRA S0(2,1) "SEM ENERGIA ELÉTRICA";
MOSTRA S2(2,1) "NORMAL",
SE NEXT=1 ENTAO 4;
SE BFORE=1 ENTAO 2;
SE ATRASO=60 ENTAO 4;

ESTADO 4: =====TELA4 1o RECALQUE
FACA* WWW=SIT1;===== SIT é variavel de Status do 1o RECAQ
MOSTRA T(1,1) "1o RECALQUE"
MOSTRA S0(2,1) "DESLIGADO LOCAL";
MOSTRA S1(2,1) "LIGADOO LOCAL";
MOSTRA S2(2,1) "DESLIGADO REMOTO";
MOSTRA S3(2,1) "LIGADO REMOTO";
MOSTRA S4(2,1) "FALHA COMUNICACAO";
MOSTRA S5(2,1) "SEM ENERGIA ELETRICA";
SE NEXT=1 ENTAO 5;
SE BFORE=1 ENTAO 3;
SE TF1X=1 ENTAO 7; Comando LIGAR
SE TF2X=1 ENTAO 10; Comando DESLIGAR
SE ATRASO=60 ENTAO 5;

ESTADO 5: =====TELA5 BOOSTER São Miguel
FACA* WWW=SIT3;
MOSTRA T(1,1) "EBA SAO MIGUEL ";
MOSTRA S0(2,1) "DESLIGADO LOCAL";
MOSTRA S1(2,1) "LIGADO LOCAL";
MOSTRA S2(2,1) "DESLIGADO MANUAL";
MOSTRA S3(2,1) "LIGADO MANUAL";
MOSTRA S4(2,1) "DESLIGADO NIVEL ";
MOSTRA S5(2,1) "LIGADO NIVEL";
MOSTRA S6(2,1) "SEM ENERGIA";
MOSTRA S7(2,1) "FALHA COMUNICACAO";
SE NEXT=1 ENTAO 6;
SE BFORE=1 ENTAO 4;
SE TF1X=1 ENTAO 16; Comando LIGAR
SE TF2X=1 ENTAO 19; Comando DESLIGAR
SE TF4X=1 ENTAO 13; Selecionar Nível/Manual
SE ATRASO=60 ENTAO 6;

ESTADO 6: =====TELA6 POÇO DI-7
FACA* WWW=SIT2;
MOSTRA T(1,1) "POCO DI-7 ";
MOSTRA S0(2,1) "DESLIGADO LOCAL";
MOSTRA S1(2,1) "LIGADO LOCAL";
MOSTRA S2(2,1) "DESLIGADO MANUAL";
MOSTRA S3(2,1) "LIGADO MANUAL";
MOSTRA S4(2,1) "DESLIGADO NIVEL ";
MOSTRA S5(2,1) "LIGADO NIVEL";
MOSTRA S6(2,1) "SEM ENERGIA";
MOSTRA S7(2,1) "FALHA COMUNICACAO";
SE NEXT=1 ENTAO 1;
SE BFORE=1 ENTAO 5;
SE TF1X=1 ENTAO 25; Comando LIGAR
SE TF2X=1 ENTAO 28; Comando DESLIGAR
SE TF4X=1 ENTAO 22; Selecionar Nível/Manual
SE ATRASO=60 ENTAO 1;

;=====ACIONAMENTO 1o RECALQUE=====
ESTADO 7:=====Ligar
SE SIT1=2 ENTAO 8;
VA PARA 4;

ESTADO 8:
MOSTRA L(2,1) "F1-LIGA";
SE TF1X=1 ENTAO 9;
SE TF3X=1 ENTAO 4;
SE ATRASO=30 ENTAO 4;

ESTADO 9;

MOSTRA T(1,1) "AGUARDE 1o RECALQUE";
 MOSTRA (2,1) "PARTINDO";
 FACA LIG1=1;
 SE ATRASO=200 ENTAO 4;

ESTADO 10:;=====Desligar
 SE SIT1=3 ENTAO 11;
 VA PARA 4;

ESTADO 11:;
 MOSTRA L(2,1) "F2-DESLIGA";
 SE TF2X=1 ENTAO 12;
 SE TF3X=1 ENTAO 4;
 SE ATRASO=30 ENTAO 4;

ESTADO 12:;
 MOSTRA T(1,1) "AGUARDE 1o RECALQUE";
 MOSTRA (2,1) "DESLIGANDO";
 FACA LIG1=0;
 SE ATRASO=200 ENTAO 4;

;=====ACIONAMENTO BOOSTER SAO MIGUEL=====
 ESTADO 13:;=====SELETOR DE NIVEL OU MANUAL
 MOSTRA T(1,1) "F1-MANUAL";
 MOSTRA (2,1) "F2-NIVEL";
 SE TF1X=1 ENTAO 14;
 SE TF2X=1 ENTAO 15;
 SE TF3X=1 ENTAO 5;
 SE ATRASO=80 ENTAO 5;

ESTADO 14:;=====Manual
 FACA CTRL3=1;
 VA PARA 5;

ESTADO 15:;=====Acionado por nível
 FACA CTRL3=0;
 VA PARA 5;

ESTADO 16:;=====LIGAR
 SE SIT3=2 ENTAO 17;
 VA PARA 5;

ESTADO 17:;
 MOSTRA L(2,1) "F1-LIGA";
 SE TF1X=1 ENTAO 18;
 SE TF3X=1 ENTAO 5;
 SE ATRASO=30 ENTAO 5;

ESTADO 18:;
 FACA* LIG3=1;
 MOSTRA T(1,1) "AGUARDE BOOSTER";
 MOSTRA (2,1) "SAO MIGUEL PARTINDO";
 SE ATRASO=200 ENTAO 5;

ESTADO 19:;=====DESLIGAR
 SE SIT3=3 ENTAO 20;
 VA PARA 5;

ESTADO 20:;
 MOSTRA L(2,1) "F2-DESLIGA";
 SE TF2X=1 ENTAO 21;
 SE TF3X=1 ENTAO 5;
 SE ATRASO=30 ENTAO 5;

ESTADO 21;
 FACA* LIG3=0;
 MOSTRA T(1,1) "AGUARDE BOOSTER";
 MOSTRA (2,1) "SAO MIGUEL DESLIGANDO";
 SE ATRASO=200 ENTAO 5;

;=====ACIONAMENTO POÇO DI-7=====
 ESTADO 22:;=====SELETOR DE NIVEL OU MANUAL
 MOSTRA T(1,1) "F1-MANUAL";
 MOSTRA (2,1) "F2-NIVEL";
 SE TF1X=1 ENTAO 23;
 SE TF2X=1 ENTAO 24;

FACA SIT1=0;
VA PARA 0;

ESTADO 2;=====Ligado Local
FACA SIT1=1;
VA PARA 0;

ESTADO 3;=====Desligado Remoto
FACA SIT1=2;
VA PARA 0;

ESTADO 4;=====Ligado Remoto
FACA SIT1=3;
VA PARA 0;

ESTADO 5;=====Sem comunicação
FACA SIT1=4;
VA PARA 0;

ESTADO 6;=====Sem energia Elétrica
FACA SIT1=5;
VA PARA 0;

ESTADO 7;
SE MAN1=0 E RET1=0 ENTAO 1;
SE MAN1=0 E RET1=1 ENTAO 2;=====faca INV1=0 E POW1=0 E RET1=0 E MAN1=0;
SE MAN1=1 E RET1=0 ENTAO 3;
SE MAN1=1 E RET1=1 ENTAO 4;
VA PARA 5;

;

MALHA 4;=====CONTROLE DE VARIAVESIS DO BOOSTER SAO MIGUEL

ESTADO 0;
SE COMU2=1 ENTAO 7;
SE POWE2=0 ENTAO 8;
SE MAN3=0 E RET3=0 ENTAO 1;=====BAT1+MAN1+RET1;
SE MAN3=0 E RET3=1 ENTAO 2;
SE MAN3=1 E RET3=0 E CTRL3=1 ENTAO 3;
SE MAN3=1 E RET3=1 E CTRL3=1 ENTAO 4;
SE MAN3=1 E RET3=0 E CTRL3=0 ENTAO 5;
SE MAN3=1 E RET3=1 E CTRL3=0 ENTAO 6;
VA PARA 7;

ESTADO 1;=====Desligado Local
FACA SIT3=0;
VA PARA 0;

ESTADO 2;=====Ligado Local
FACA SIT3=1;
VA PARA 0;

ESTADO 3;=====Desligado Remoto
FACA SIT3=2;
VA PARA 0;

ESTADO 4;=====Ligado Remoto
FACA SIT3=3;
VA PARA 0;

ESTADO 5;===== Desligado Remoto NIVEL
FACA SIT3=4;
VA PARA 0;

ESTADO 6;===== Ligado Remoto NIVEL
FACA SIT3=5;
VA PARA 0;

ESTADO 7;=====Sem comunicação
FACA SIT3=7;
VA PARA 0;

ESTADO 8;=====Sem energia Elétrica
FACA SIT3=6;
VA PARA 0;

;

MALHA 5;=====CONTROLE DE VARIÁVEIS DO POÇO D17

ESTADO 0;
 SE COMU2=1 ENTAO 7;
 SE POWE2=0 ENTAO 8;
 SE MAN2=0 E RET2=0 ENTAO 1;
 SE MAN2=0 E RET2=1 ENTAO 2;
 SE MAN2=1 E RET2=0 E CTRL2=1 ENTAO 3;
 SE MAN2=1 E RET2=1 E CTRL2=1 ENTAO 4;
 SE MAN2=1 E RET2=0 E CTRL2=0 ENTAO 5;
 SE MAN2=1 E RET2=1 E CTRL2=0 ENTAO 6;
 VA PARA 7;

ESTADO 1;=====Desligado Local
 FACA SIT2=0
 VA PARA 0;

ESTADO 2;=====Ligado Local
 FACA SIT2=1;
 VA PARA 0;

ESTADO 3;=====Desligado Remoto
 FACA SIT2=2;
 VA PARA 0;

ESTADO 4;=====Ligado Remoto
 FACA SIT2=3;
 VA PARA 0;

ESTADO 5;===== Desligado Remoto NIVEL
 FACA SIT2=4;
 VA PARA 0;

ESTADO 6;===== Ligado Remoto NIVEL
 FACA SIT2=5;
 VA PARA 0;

ESTADO 7;=====Sem comunicação
 FACA SIT2=7;
 VA PARA 0;

ESTADO 8;=====Sem energia Elétrica
 FACA SIT2=6;
 VA PARA 0;

MALHA 6;=====CONTROLE DE TECLAS

ESTADO 0:
 RESET TF1X,TF2X,TF3X,TF4X,NEXT,BFORE
 SE TF1=1 ENTAO 1;
 SE TF2=1 ENTAO 3;
 SE TF3=1 ENTAO 5;
 SE TF4=1 ENTAO 6;
 SE TECLA=14 ENTAO 7;
 SE TECLA=15 ENTAO 8;

ESTADO 1;;
 SE TF1=0 ENTAO 2;

ESTADO 2:
 FACA TF1X=1;
 VA PARA 0;

ESTADO 3;;
 SE TF2=0 ENTAO 4;

ESTADO 4;;
 FACA TF2X=1;
 VA PARA 0;

ESTADO 5;;
 FACA TF3X=1;
 SE TF3=0 ENTAO 0;
 SE ATRASO=10 ENTAO 7;

ESTADO 6:
 FACA TF4X=1;

SE TF4=0 ENTAO 0
SE ATRASO=10 ENTAO 8;

ESTADO 7;;
SE TECLA=128 ENTAO 9;

ESTADO 8;;
SE TECLA=128 ENTAO 10;

ESTADO 9;;
FACA NEXT=1;
VA PARA 0;

ESTADO 10;;
FACA BFORE=1;
VA PARA 0;

MALHA 7;;=====ALARME SONORO

ESTADO 0;;
DESL 1;
SE COND=1 ENTAO 1;

ESTADO 1;;
SE COND=0 ENTAO 0;
LIGA 1;
SE ATRASO=15 ENTAO 3;
SE TECLA=0 ENTAO 4;

ESTADO 3;;
SE COND=0 ENTAO 0;
DESL 1;
SE TECLA=0 ENTAO 4;
SE ATRASO=200 ENTAO 1;

ESTADO 4;;
DESL 1;
INCREMENTA BUZZ1;
SE COND=0 ENTAO 0;
SE ATRASO=200 ENTAO 5;

ESTADO 5;;
SE BUZZ1>180 ENTAO 4;
VA PARA 1;

MALHA 8;;=====CONTROLE RES DA ETA
ESTADO 0;;=====Leitura dos níveis dos Reservatórios da ETA
FACA NIV1=EA1*100/4096; Res Enterrado
SE ATRASO=5 ENTAO 1;

ESTADO 1;; Res Elevado
FACA NIV2=EA2*100/1761;
SE ATRASO=5 ENTAO 0;

MALHA 9;;=====RESET DAS VARIÁVEIS

ESTADO 0;;
RESET SIT1,SIT2,COND,NIV3,ERRO1,ERRO2,LIG1,LIG2;
VA PARA 1;

ESTADO 1;;
VA PARA 1;

MALHA 10;;=====STATUS DOS RESERVATÓRIOS

ESTADO 0;;
SE COMU4=1 ENTAO 1;
SE POWE4=0 ENTAO 2;
VA PARA 3;

ESTADO 1;
FACA SIT4=0
VA PARA 4;

ESTADO 2;

FACA SIT4=1;
VA PARA 4;

ESTADO 3;
FACA SIT4=2;
VA PARA 4;

ESTADO 4;;
SE COMU3=1 ENTAO 5;
SE POWE3=0 ENTAO 6;
VA PARA 7;

ESTADO 5;
FACA SIT5=0
VA PARA 0;

ESTADO 6;
FACA SIT5=1;
VA PARA 0;

ESTADO 7;
FACA SIT5=2;
VA PARA 0;

ROTINA(9000)=(MBMEST15.HEX)
ROTINA=C9

FIM

ANEXO B: ROTINA DE PROGRAMAÇÃO DO CLP DO BOOSTER SÃO MIGUEL E POÇO DI-7

```
CLP=BCM3011 (ESH=1);           Especifica tipo de CLP a ser utilizado
INTERFACE1(9600)=1 (PROTOCOLO=BCM2);
INTERFACE2(9600)=1 (PROTOCOLO=BCM2);
DISPLAY=DPA20
FACA* BLCON=10
```

```
DIM ADDR(0)           ; ENDERECO DO ESCRAVO
DIM VELOC(0)          ; BAUD RATE
DIM PARID(0)          ; PARIDADE
DIM TERTS(0)          ; TEMPO ATIVACAO RTS E TRANSMISSAO DADOS
DIM CTS(0)            ; VERIFICA CTS ANTES DE ENVIAR
DIM BYRX(0)           ; NUMERO DE BYTES RECEBIDOS
DIM WRBUF(0)          ; ENDERECO INICIAL HABILITADO PARA ESCRITA
DIM WRSIZ(0)          ; TAMANHO AREA ESCRITA
DIM RES(6)            ; 7 VARIÁVEIS RESERVADAS
```

```
-----
MALHA 0;=====RESET E ALOCAÇÃO DE VARIÁVEIS
```

```
ESTADO 0;
RESET SIT1,SIT2,CMD1,NIV1,CMD,CMD3,FAL,BAT1,MAN1,RET1,MAN2,RET2;
VA PARA 1;
```

```
ESTADO 1;
VA PARA 1;
```

```
-----
MALHA 1;=====;DISPLAY
```

```
ESTADO 0;
FACA* WWW=SITU1;
MOSTRA T(1,1) "BOOSTER SAO MIGUEL";
MOSTRA S0(2,1) "DESLIGADO LOCAL ";
MOSTRA S1(2,1) "LIGADO LOCAL";
MOSTRA S2(2,1) "DESLIGADO MANUAL";
MOSTRA S3(2,1) "LIGADO MANUAL";
MOSTRA S4(2,1) "DESLIGADO NIVEL ";
MOSTRA S5(2,1) "LIGADO NIVEL";
MOSTRA S6(2,1) "SEM ENERGIA";
MOSTRA S7(2,1) "FALHA COMUNICACAO";
SE TF2=1 ENTAO 1;
SE ATRASO=50 ENTAO 1;
```

```
ESTADO 1;
FACA* WWW=SITU2;
MOSTRA T(1,1) "POCO DI-7";
MOSTRA S0(2,1) "DESLIGADO LOCAL ";
MOSTRA S1(2,1) "LIGADO LOCAL";
MOSTRA S2(2,1) "DESLIGADO MANUAL";
MOSTRA S3(2,1) "LIGADO MANUAL";
MOSTRA S4(2,1) "DESLIGADO NIVEL ";
MOSTRA S5(2,1) "LIGADO NIVEL";
MOSTRA S6(2,1) "SEM ENERGIA";
MOSTRA S7(2,1) "FALHA COMUNICACAO";
SE TF1=1 ENTAO 0;
SE ATRASO=50 ENTAO 0;
```

```
-----
MALHA 2;=====FALHA DE COMUNICAÇÃO
```

```
ESTADO 0;
FACA* SITU2=SIT2;
FACA* SITU1=SIT1;
VA PARA 1;
```

```
ESTADO 1;
FACA* SITU2=SIT2;
FACA* SITU1=SIT1;
SE CMD1=1 ENTAO 2;
SE ATRASO=200 ENTAO 5;
```

ESTADO 2;;
RESET FAL;
VA PARA 3;

ESTADO 3;;
FACA* SITU2=SIT2;
FACA* SITU1=SIT1;
SE CMD1=0 ENTAO 4;
SE ATRASO=200 ENTAO 6;

ESTADO 4;;
RESET FAL;
VA PARA 1;

ESTADO 5;;
INCREMENTA FAL;
SE FAL>11 ENTAO 7;
VA PARA 1;

ESTADO 6;;
INCREMENTA FAL;
SE FAL>11 ENTAO 8;
VA PARA 3;

ESTADO 7;;
FACA* SITU2=7;
FACA* SITU1=7;
SE CMD1=1 ENTAO 2;

ESTADO 8;;
FACA* SITU2=7;
FACA* SITU1=7;
SE CMD1=0 ENTAO 4;

MALHA 3;;=====STATUS DAS ENTRADAS DIGITAIS

ESTADO 0;;
SE ATRASO=10 ENTAO 2;

ESTADO 2;; =====Lendo Entrada AC
SE BAT=1 ENTAO 3;
VA PARA 4;

ESTADO 3;;
FACA BAT1=1;
VA PARA 5;

ESTADO 4;;
FACA BAT1=0;
VA PARA 5;

ESTADO 5;; =====Lendo MANUAL/AUTOMATICO BOOSTER SÃO MIGUEL
SE MAN=1 ENTAO 6;
VA PARA 7;

ESTADO 6;;
FACA MAN1=1;
VA PARA 9;

ESTADO 7;;
FACA MAN1=0;
VA PARA 9;

ESTADO 9;; =====Lendo RETORNO BOOSTER SÃO MIGUEL
SE RET=1 ENTAO 11;
VA PARA 10;

ESTADO 11;;
FACA RET1=1;
VA PARA 12;

ESTADO 10;;
FACA RET1=0;
VA PARA 12;

ESTADO 12:; =====Lendo MANUAL/AUTOMATICO DO POÇO
 SE RETO2=1 ENTAO 13;
 VA PARA 14;

ESTADO 13;;
 FACA RET2=1;
 VA PARA 15;

ESTADO 14;;
 FACA RET2=0;
 VA PARA 15;

ESTADO 15:; =====Lendo RETORNO DO POÇO
 SE MANU2=1 ENTAO 16;
 VA PARA 17;

ESTADO 16;;
 FACA MAN2=1;
 VA PARA 0;

ESTADO 17;;
 FACA MAN2=0;
 VA PARA 0;

MALHA 4:;=====CONTROLE DO POÇO

ESTADO 0;;
 SE SITU2=7 ENTAO 1;
 SE BAT1=0 ENTAO 1;
 SE ATRASO=1 ENTAO 6;

ESTADO 1;;
 DESL 2;
 VA PARA 0;

ESTADO 2;;
 SE CMD3=1 ENTAO 3;
 VA PARA 1;

ESTADO 3;;
 LIGA 2;
 VA PARA 0;

ESTADO 4;;
 SE NIV1<SET4 ENTAO 3;
 VA PARA 0;

ESTADO 5;;
 SE NIV1>SET3 ENTAO 1;
 VA PARA 0;

ESTADO 6;;
 SE SITU2=2 ENTAO 2;
 SE SITU2=3 ENTAO 2;
 SE SITU2=4 ENTAO 4;
 SE SITU2=5 ENTAO 5;
 VA PARA 1;

MALHA 5:;=====CONTROLE BOOSTER SAO MIGUEL

ESTADO 0;;
 SE SITU1=7 ENTAO 1;
 SE BAT1=0 ENTAO 1;
 SE ATRASO=1 ENTAO 6;

ESTADO 1;;
 DESL 1;
 VA PARA 0;

ESTADO 2;;
 SE CMD=1 ENTAO 3;
 VA PARA 1;

ESTADO 3;;
 LIGA 1;
 SE ATRASO=200 ENTAO 0;

ESTADO 4;;

SE NIV1<SET2 ENTÃO 3;
VA PARA 0;

ESTADO 5;;
SE NIV1>SET1 ENTÃO 1;
VA PARA 0;

ESTADO 6;;
SE SITU1=2 ENTÃO 2;
SE SITU1=3 ENTÃO 2;
SE SITU1=4 ENTÃO 4;
SE SITU1=5 ENTÃO 5;
VA PARA 1;

MALHA 6;; ROTINA MODBUS ESCRAVO

ESTADO 0;;
FACA* ADDR=2 ; ENDEREÇO ESCRAVO
FACA* VELOC=3 ; VELOCIDADE
FACA* PARID=0 ; PARIDADE
FACA* TERTS=50 ; TEMPO RTS
FACA* CTS=32 ; AUTO ENABLES
VA PARA 1;

ESTADO 1;;
FACA* E63=1;
VA PARA 2;

ESTADO 2;;
FACA WRBUF(0)=51808 E WRSIZ(0)=12 ; WRBUF E WRSIZ
VA PARA 3;

ESTADO 3;;
VA PARA 3;

ROTINA(9000)=(MBESCR16.HEX);
ROTINA=C9;

FIM ;

ANEXO C: ROTINA DE PROGRAMAÇÃO DO CLP DO PRIMEIRO RECALQUE DE DOIS IRMÃOS

```

CLP=BCM3011 (ESH=1) ;                               Especifica tipo de CLP a ser utilizado
INTERFACE1(9600)=1 (PROTOCOLO=BCM2);
INTERFACE2(9600)=1 (PROTOCOLO=BCM2);
DISPLAY=DPA20
FACA* BLCON=10

DIM ADDR(0) ; ENDERECO DO ESCRAVO
DIM VELOC(0) ; BAUD RATE
DIM PARID(0) ; PARIDADE
DIM TERTS(0) ; TEMPO ATIVACAO RTS E TRANSMISSAO DADOS
DIM CTS(0) ; VERIFICA CTS ANTES DE ENVIAR
DIM BYRX(0) ; NUMERO DE BYTES RECEBIDOS
DIM WRBUF(0) ; ENDERECO INICIAL HABILITADO PARA ESCRITA
DIM WRSIZ(0) ; TAMANHO AREA ESCRITA
DIM RES(6) ; 7 VARIABEIS RESERVADAS
DIM MONI(32)

```

```

-----
MALHA 0:=====RESET E ALOCAÇÃO DE VARIÁVEIS

```

```

ESTADO 0;;
RESET SITU1,CMD1,CMD,BAT1,MAN1,RET1;
VA PARA 1;

```

```

ESTADO 1;;
VA PARA 1;

```

```

-----
MALHA 1:=====;DISPLAY

```

```

ESTADO 0 ;
MOSTRA T(1,1) "PRIMEIRO RECALQUE";
VA PARA 1;

ESTADO 1 ;
FACA* WWW=SITU2;
MOSTRA S0(2,1) "DESLIGADO LOCAL";
MOSTRA S1(2,1) "LIGADO LOCAL";
MOSTRA S2(2,1) "DESLIGADO REMOTO";
MOSTRA S3(2,1) "LIGADO REMOTO";
MOSTRA S4(2,1) "FALHA DE COMUNICACAO";
MOSTRA S5(2,1) "SEM ENERGIA ELETRICA";
SE ATRASO=50 ENTAO 0;

```

```

-----
MALHA 2:=====FALHA DE COMUNICAÇÃO

```

```

ESTADO 0;;
FACA* SITU2=SITU1;
VA PARA 1;

```

```

ESTADO 1;;
FACA* SITU2=SITU1;
SE CMD1=1 ENTAO 3;
SE ATRASO=100 ENTAO 5;

```

```

ESTADO 2;;
RESET FAL;
VA PARA 3;

```

```

ESTADO 3;;
FACA* SITU2=SITU1;
SE CMD1=0 ENTAO 4;
SE ATRASO=100 ENTAO 6;

```

```

ESTADO 4;;
RESET FAL;
VA PARA 1;

```

```

ESTADO 5;;

```

INCREMENTA FAL;
SE FAL<60 ENTAO 1;
VA PARA 7;

ESTADO 6;;
INCREMENTA FAL;
SE FAL<60 ENTAO 3;
VA PARA 8;

ESTADO 7;;
FACA SITU2=4;
SE CMD1=1 ENTAO 2;

ESTADO 8;;
FACA SITU2=4;
SE CMD1=0 ENTAO 4;

MALHA 3;;=====STATUS DAS ENTRADAS DIGITAIS

ESTADO 0;;
SE ATRASO=10 ENTAO 2;

ESTADO 2;;=====Lendo BATERIA
SE BAT=1 ENTAO 3;
VA PARA 4;

ESTADO 3;;
FACA BAT1=1;
VA PARA 5;

ESTADO 4;;
FACA BAT1=0;
VA PARA 5;

ESTADO 5 ; =====Lendo MANUAL/AUTOMATICO
SE MAN=1 ENTAO 6;
VA PARA 7;

ESTADO 6;;
FACA MAN1=1;
VA PARA 9;

ESTADO 7;;
FACA MAN1=0;
VA PARA 9;

ESTADO 9 ; =====Lendo RETORNO
SE RET=0 ENTAO 10;
VA PARA 11;

ESTADO 11;;
FACA RET1=1;
VA PARA 12;

ESTADO 10;;
FACA RET1=0;
VA PARA 12;

ESTADO 12 ; =====Lendo ARROMBAMENTO
SE ARR=1 ENTAO 13;
VA PARA 14;

ESTADO 13;;
FACA ARR1=1;
VA PARA 0;

ESTADO 14;;
FACA ARR1=0;
VA PARA 0;

MALHA 4;;=====CONTROLE GMB

ESTADO 0;;
SE BAT1=0 ENTAO 1;
VA PARA 4;

ESTADO 1;;
 DESL 1;
 SE ATRASO=200 ENTAO 0;

ESTADO 2;;
 SE CMD=1 ENTAO 3;
 VA PARA 1;

ESTADO 3;;
 LIGA 1;
 SE ATRASO=200 ENTAO 0;

ESTADO 4;
 SE SITU2=2 ENTAO 2;
 SE SITU2=3 ENTAO 2;
 VA PARA 1;

 ;
 ;

MALHA 5;; **ROTINA MODBUS ESCRAVO**
 ESTADO 0:
 FACA* ADDR=1 ; ENDERECO ESCRAVO
 FACA* VELOC=3 ; VELOCIDADE
 FACA* PARID=0 ; PARIDADE
 FACA* TERTS=50 ; TEMPO RTS
 FACA* CTS=32 ; AUTO ENABLES
 VA PARA 1

ESTADO 1:
 FACA* E63=1
 VA PARA 2

ESTADO 2:
 FACA WRBUF(0)=51808 E WRSIZ(0)=6 ; WRBUF E WRSIZ
 VA PARA 3

ESTADO 3:
 VA PARA 3

ROTINA(9000)=(MBESCR16.HEX);
 ROTINA=C9;

FIM ;

ANEXO D: ROTINA DE PROGRAMAÇÃO DO CLP DO RESERVATÓRIO SÃO MIGUEL

```

CLP=BCM3011 (ESH=1);           Especifica tipo de CLP a ser utilizado
INTERFACE1(9600)=1 (PROTOCOLO=BCM2);
INTERFACE2(9600)=1 (PROTOCOLO=BCM2);
DISPLAY=DPA20
FACA* BLCON=0
DIM ADDR(0)           ; ENDERECO DO ESCRAVO
DIM VELOC(0)          ; BAUD RATE
DIM PARID(0)          ; PARIDADE
DIM TERTS(0)          ; TEMPO ATIVACAO RTS E TRANSMISSAO DADOS
DIM CTS(0)            ; VERIFICA CTS ANTES DE ENVIAR
DIM BYRX(0)           ; NUMERO DE BYTES RECEBIDOS
DIM WRBUF(0)          ; ENDERECO INICIAL HABILITADO PARA ESCRITA
DIM WRSIZ(0)          ; TAMANHO AREA ESCRITA
DIM RES(6)            ; 7 VARIAVEIS RESERVADAS
DIM MONI(32)
;-----
MALHA 0;===== DISPLAY
ESTADO 0;
MOSTRA T(1,1) "RESERVAT. SAO MIGUEL";
VA PARA 1;

ESTADO 1;
FACA NIV3=EA1*100/4096;
VA PARA 2

ESTADO 2;
MOSTRA L(2,1) "NIVEL ",NIV3," %";
VA PARA 3;

ESTADO 3; ;=====Lendo Alimentação
SE ED1=1 ENTAO 4;
VA PARA 5;

ESTADO 4;
FACA POWE3=1;
VA PARA 6;

ESTADO 5;
FACA POWE3=0;
VA PARA 6;

ESTADO 6;
SE ATRASO=200 ENTAO 1;
;-----
MALHA 1;; ROTINA MODBUS ESCRAVO
ESTADO 0:
FACA* ADDR=3           ; ENDERECO ESCRAVO
FACA* VELOC=3          ; VELOCIDADE
FACA* PARID=0          ; PARIDADE
FACA* TERTS=50         ; TEMPO RTS
FACA* CTS=32           ; AUTO ENABLES
VA PARA 1

ESTADO 1:
FACA* E63=1
VA PARA 2

ESTADO 2:
FACA WRBUF(0)=51812 E WRSIZ(0)=2 ; WRBUF E WRSIZ
VA PARA 3

ESTADO 3:
VA PARA 3

ROTINA(9000)=(MBESCR16.HEX);
ROTINA=C9;
FIM ;

```

ANEXO E: ROTINA DE PROGRAMAÇÃO DO CLP DO RESERVATÓRIO SÃO JOÃO

```
CLP=BCM3011 (ESH=1) ;           Especifica tipo de CLP a ser utilizado
INTERFACE1(9600)=1 (PROTOCOLO=BCM2);
INTERFACE2(9600)=1 (PROTOCOLO=BCM2);
DISPLAY=DPA20
FACA* BLCON=10
```

```
DIM ADDR(0)           ; ENDERECO DO ESCRAVO
DIM VELOC(0)          ; BAUD RATE
DIM PARID(0)          ; PARIDADE
DIM TERTS(0)          ; TEMPO ATIVACAO RTS E TRANSMISSAO DADOS
DIM CTS(0)            ; VERIFICA CTS ANTES DE ENVIAR
DIM BYRX(0)           ; NUMERO DE BYTES RECEBIDOS
DIM WRBUF(0)          ; ENDERECO INICIAL HABILITADO PARA ESCRITA
DIM WRSIZ(0)          ; TAMANHO AREA ESCRITA
DIM RES(6)            ; 7 VARIAVEIS RESERVADAS
DIM MONI(32)
```

```
-----
MALHA 0;===== DISPLAY
```

```
ESTADO 0: ;
MOSTRA T(1,1) "RESERVAT. SAO JOAO";
VA PARA 1;
```

```
ESTADO 1;;
FACA* NIV4=EA1*100/4096;
VA PARA 2
```

```
ESTADO 2: ;
MOSTRA L(2,1) "NIVEL ",NIV4," %";
VA PARA 3;
```

```
ESTADO 3: ; =====Lendo Alimentação
SE ED1=1 ENTAO 4;
VA PARA 5;
```

```
ESTADO 4;;
FACA POWE4=1;
VA PARA 6;
```

```
ESTADO 5;;
FACA POWE4=0;
VA PARA 6;
```

```
ESTADO 6;;
SE ATRASO=200 ENTAO 1;
```

```
-----
MALHA 1;;          ROTINA MODBUS ESCRAVO
```

```
ESTADO 0:
FACA* ADDR=4           ; ENDERECO ESCRAVO
FACA* VELOC=3          ; VELOCIDADE
FACA* PARID=0          ; PARIDADE
FACA* TERTS=50         ; TEMPO RTS
FACA* CTS=32           ; AUTO ENABLES
VA PARA 1
```

```
ESTADO 1:
FACA* E63=1
VA PARA 2
```

```
ESTADO 2:
FACA WRBUF(0)=51812 E WRSIZ(0)=2 ; WRBUF E WRSIZ
VA PARA 3
```

```
ESTADO 3:
VA PARA 3
```

```
ROTINA(9000)=(MBESCR16.HEX);
ROTINA=C9;
FIM ;
```

**ANEXO F: MANUAL DE OPERAÇÃO DO CLP DA CENTRAL DE TELEMETRIA DA
ETA DE DOIS IRMÃOS**

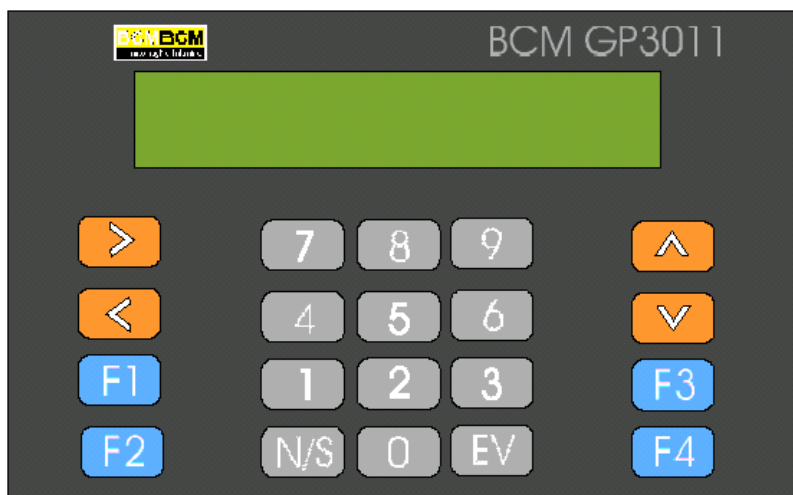
**Central de Telemetria
Dois Irmãos**

**Controlador Lógico Programável
BCM-GP3011**



CORSAN
MANUAL DE OPERAÇÃO

1. LAY OUT DO CLP



Painel frontal do CLP.

2. DESCRIÇÃO DAS TECLAS



Avança para próxima tela



Recua para tela Anterior



Ligar GMB



Desligar GMB



Seleção de Comando Manual ou por Nível



Reset do Alarme sonoro

3. DESCRIÇÃO DAS TELAS.

Telas	Descrição
CENTRAL TELEMETRIA DOIS IRMAOS	Tela de Abertura
RES ENTERRADO % RES ELEVADO %	Indica a percentagem de reservação dos reservatórios da ETA
RES SAO MIGUEL % <ul style="list-style-type: none"> • FALHA COMUNICACAO • SEM ENERGIA ELÉTRICA • NORMAL 	Indica a percentagem de reservação do reservatório São Miguel A linha inferior indica o Status do Equipamento, podendo indicar, uma das opções ao lado.
RES SAO JOÃO % <ul style="list-style-type: none"> • FALHA COMUNICACAO • SEM ENERGIA ELÉTRICA • NORMAL 	Indica a percentagem de reservação do reservatório São João A linha inferior indica o Status do Equipamento, podendo indicar, uma das opções ao lado.
1o RECALQUE <ul style="list-style-type: none"> • DESLIGADO LOCAL • LIGADO LOCAL • DESLIGADO REMOTO • LIGADO REMOTO • FALHA COMUNICACAO • SEM ENERGIA ELETRICA 	Tela de monitoração e comando do Primeiro Recalque A linha inferior indica o Status do Equipamento, podendo indicar, uma das opções ao lado. Se estiver em automático no quadro, podem ser feitos os seguintes comandos: <ul style="list-style-type: none"> • F1: LIGA (2x) • F2: DESLIGA (2x)
EBA SAO MIGUEL <ul style="list-style-type: none"> • DESLIGADO LOCAL • LIGADO LOCAL • DESLIGADO MANUAL • LIGADO MANUAL • DESLIGADO NIVEL • LIGADO NIVEL • SEM ENERGIA • FALHA COMUNICACAO 	Tela de monitoração e comando do Booster São Miguel A linha inferior indica o Status do Equipamento, podendo indicar, uma das opções ao lado. O controle pela telemetria pode ser feito de duas formas, onde a seleção é realizada ao apertar o botão F4 , que mostrará: <ul style="list-style-type: none"> • F1: MANUAL • F2: NÍVEL Se estiver em automático no quadro e manual (painel) , podem ser feitos os seguintes comandos: <ul style="list-style-type: none"> • F1: LIGA (2x) • F2: DESLIGA (2x)
POCO DI-7 <ul style="list-style-type: none"> • DESLIGADO LOCAL • LIGADO LOCAL • DESLIGADO MANUAL • LIGADO MANUAL • DESLIGADO NIVEL • LIGADO NIVEL • SEM ENERGIA • FALHA COMUNICACAO 	Tela de monitoração e comando do Poço DI-7 A linha inferior indica o Status do Equipamento, podendo indicar, uma das opções ao lado. O controle pela telemetria pode ser feito de duas formas, onde a seleção é realizada ao apertar o botão F4 , que mostrará: <ul style="list-style-type: none"> • F1: MANUAL • F2: NÍVEL Se estiver em automático no quadro e manual (painel) , podem ser feitos os seguintes comandos: <ul style="list-style-type: none"> • F1: LIGA (2x) • F2: DESLIGA (2x)

Observações:

1. Os comandos não são instantâneos, assim os comandos para os GMBs podem levar cerca de 2 minutos até a indicação no painel central
2. Se o alarme sonoro estiver ativo, deve estar ocorrendo alguma das causas abaixo:
 - 1º Recalque sem energia elétrica
 - Booster São Miguel e Poço DI-7 sem Energia Elétrica
 - Reservatório São Miguel sem Energia Elétrica
 - Reservatório São João sem Energia Elétrica
 - 1º Recalque com falha de comunicação
 - Booster São Miguel e Poço DI-7 com falha de comunicação
 - Reservatório São Miguel com falha de comunicação
 - Reservatório São João com falha de comunicação
 - Reservatório Enterrado com nível Baixo
 - Reservatório Elevado Com nível Baixo
 - Reservatório São Miguel Com nível Baixo
 - Reservatório São João Com nível Baixo

Depois de verificado a causa e tomado a decisão necessária aperte o botão “0”, que o som cessará por cerca de uma hora ou definitivamente se o problema for solucionado.

3. Quando estiver com falha de comunicação no Reservatório São João ou São Miguel a informação de nível que estará sendo indicada é a última leitura válida que o sistema conseguiu obter.

ANEXO G: FOTOS DAS ESTAÇÕES CONTROLADAS/MONITORAS NO PROJETO DESENVOLVIDO



Fotos da Estação de Tratamento de Água de Dois Irmãos (Central de Telemetria Instalada)



Fotos do 1º Recalque de Dois Irmãos



Fotos dos Reservatórios São João



Fotos dos Reservatórios São Miguel (Equipamento instalado)



Fotos do Booster São Miguel e do Poço DI-7 (Equipamento instalado)

ANEXO H: FOLDER DO CLP BCM GP 3011

Controlador Programável GP 3000



CP genérico para múltiplas aplicações

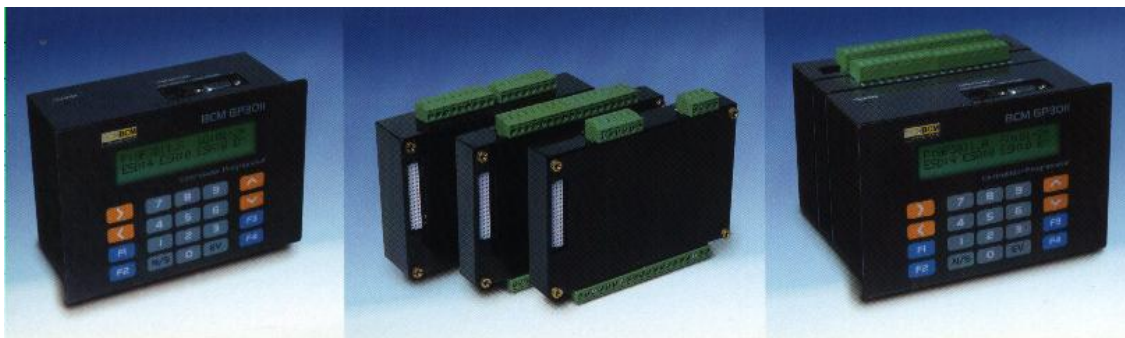
Automação de máquinas
 Controle de Processos
 Unidades Terminais Remotas
 Automação Industrial
 Sistemas SCADA
 Automação Predial
 Sistemas de irrigação
 Energia elétrica
 Saneamento
 Sistemas de transporte

Estrutura modular
 IHM incorporado
 Display gráfico ou alfanumérico
 Programável através de "Palm computer"
 Até 120 E/S digitais / 48 analógicas
 Diversos protocolos
 Programação em alto nível
 Multiprocessamento
 Conexão à internet
 Dezenas de módulos diferentes



BCM
automação

www.bcmautomação.com.br



Características técnicas genéricas

O Controlador Programável BCM GP3000 possui dezenas de módulos funcionalmente diferentes. Estes podem ser combinados de modo a viabilizar soluções de hardware e software para uma ampla gama de aplicações. Para especificar consulte os manuais técnicos.

	GP3001	GP3005	GP3009	GP3010	GP3011	GP3020	GP3101	GP3120	GP3130
display	N	N	N	1x16alfa	2x20alfa	80x160 gráfico	2x20alfa	80x160 gráfico	128x240 gráfico
teclado	N	N	N	4tec	20tec	20tec	20tec	20tec	20tec
E/S digitais	até36	até14	até30	até120	até120	até120	até120	até120	até120
E/S analógicas	N	até10	até12	até48	até48	até48	até48	até48	até48
Canais seriais	2	2	1	até4	até4	até4	até3	até3	até3
Ethernet-TCP/IP	Através do conversor de protocolo BCM GP3102						sim	sim	sim
Internet	Através do conversor de protocolo BCM GP3102						sim	sim	sim
Irda	Todos permitem conexão Irda - consulte manuais técnicos								
Programação	Descritiva, ladder emulada, SFC, VHLL, Simbol - consulte os manuais técnicos								
Programador	Através de Palm ou PC compatível - Windows 95,98,Me,2000, NT, XP								
Alimentação	Versões em AC 90-240 e em DC 12-24-48-125								
painel (mm)	144x96					144x144	144x96	144x144	196x144
profundidade	40mm	50mm	Depende do número de módulos - de 65 a 120 mm						

Funções e módulos disponíveis: Medição de potência, corrente e tensão AC, contadores rápidos, entradas analógicas de alta velocidade e precisão, acionamento de motor de passo, controle de posicionamento, entradas PT100, PT1000 e termopar, saídas para impressora, saídas a relé, transistor e triac, entradas 12, 24 e 125 Vdc, geração de gráficos e apresentação de "bit map", comunicação via infravermelho, entradas de alta velocidade, matrizes, operações em ponto flutuante, comunicação TCP/IP, relógio em tempo real, teclas programáveis pelo usuário, etc

As informações contidas neste folheto poderão ser alteradas sem aviso prévio



Sede: Av. Ernesto Neugebauer, 220
Porto Alegre - RS - Brasil - CEP 90250-140
Fone: 55 (51) 3374.3899 - Fax: 55 (51) 3374.4141
e-mail: bcm.vnd@zaz.com.br

Filial: Rua Caçapava, 49 cj 23 - Jardim Paulista
São Paulo - SP - Brasil - CEP 01408-010
Fone: 55 (11) 3061.5994 - Fax: 55 (11) 3061.9796
e-mail: bcm.sp@zaz.com.br

Este é um folheto de caráter publicitário - Para especificar os equipamentos, consulte os manuais técnicos adequados

Representante:

ANEXO I: FOLDER DO RÁDIO-MODEM ICTEL RD-900





A série **RD900** é composta de rádios digitais com tecnologia Spread Spectrum que operam na faixa de frequência de 915 a 928 MHz. Estão disponíveis um rádio modem de uso geral e três rádios para uso em telemetria e telecomando.

O transceptor **RD900** é um rádio modem que permite estabelecer a comunicação entre computadores, controladores lógicos e instrumentos que possuam uma porta serial substituindo a conexão por cabos.

O **RD910** é um rádio desenvolvido para uso em sistemas de monitoramento. Além do rádio esta unidade conta com entradas digitais e analógicas, dispensando a utilização de controladores lógicos ou outros equipamentos para monitoramento de sinais em pequenos sistemas de telemetria.

O **RD920** é um rádio para acionamento ou sinalização em sistemas de telemetria e telecomando. Este modelo incorpora ao rádio

saídas digitais e analógicas. Pode ser utilizado em substituição a controladores lógicos em sistemas de controle.

O **RD930** é um transceptor para uso em sistemas de supervisão e controle onde é necessário efetuar o monitoramento e o acionamento em uma mesma estação. Este modelo possui entradas e saídas digitais e entradas e saídas analógicas.

Os modelos para telemetria utilizam o protocolo de comunicação **iCOMM** da icTEL e o protocolo Modbus. O **RD900** opera apenas como transceptor e pode ser utilizado em qualquer sistema independente do protocolo de comunicação.

A **icTEL** disponibiliza o software **iS900** para configuração dos equipamentos da série **RD900**. Através deste aplicativo é possível configurar os parâmetros de operação do rádio e do sistema de controle das saídas digitais e analógicas.

ALGUMAS APLICAÇÕES

- Monitoramento de níveis de reservatórios
- Monitoramento de rios e barragens
- Monitoramento de pressão de rede
- Controle de motores e bombas
- Controle de válvulas e comportas
- Telemetria de sinais digitais e analógicos
- Reprodução remota de sinais digitais e analógicos

CARACTERÍSTICAS



- RD900**
- Tecnologia Spread Spectrum
 - Faixa de frequência de 915 a 928 MHz
 - Potência nominal de 1000 mW
 - Porta serial RS232 padrão DB9 macho
 - Baud rate serial de 1200 a 115 kbps
 - Conector de RF SMA fêmea
 - Alimentação 12 Vdc
 - Indicadores de transmissão e recepção
 - Indicadores de sincronismo
 - Sistema Cliente/Servidor (o servidor gera o sinal de sincronismo para os clientes)



- RD920**
- Tecnologia Spread Spectrum
 - Faixa de frequência de 915 a 928 MHz
 - Potência nominal de 1000 mW
 - Porta serial RS232 padrão DB9 macho para configuração
 - Conector de RF SMA fêmea
 - Alimentação 12 Vdc
 - Indicadores de transmissão e recepção
 - Indicadores de sincronismo
 - 3 saídas digitais a relê 250 Vac / 3A



- RD910**
- Tecnologia Spread Spectrum
 - Faixa de frequência de 915 a 928 MHz
 - Potência nominal de 1000 mW
 - Porta serial RS232 padrão DB9 macho
 - Conector de RF SMA fêmea
 - Alimentação 12 Vdc
 - Indicadores de transmissão e recepção
 - Indicadores de sincronismo
 - 8 entradas digitais (permitem o uso de eletrodos submersos tipo pêndulo)
 - 2 entradas analógicas 4 a 20 mA.



- RD930**
- Tecnologia Spread Spectrum
 - Faixa de frequência de 915 a 928 MHz
 - Potência nominal de 1000 mW
 - Porta serial RS232 padrão DB9 macho
 - Conector de RF SMA fêmea
 - Alimentação 12 Vdc
 - Indicadores de transmissão e recepção
 - Indicadores de sincronismo
 - 8 entradas digitais (permitem o uso de eletrodos submersos tipo pêndulo)
 - 2 entradas analógicas 4 a 20 mA.
 - 3 saídas digitais a relê 250 Vac / 3A
 - 2 saídas analógicas 4 a 20 mA