



SENAI – CIMATEC
FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI CIMATEC
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL E ROBÓTICA

HENRIQUE MAGALHÃES MACHADO

SISTEMA INTEGRADO DE ABASTECIMENTO
DE ÁGUA PARAGUAÇU/MILAGRES:
Uma proposta para automação
utilizando rede wireless

Salvador
2006

HENRIQUE MAGALHÃES MACHADO

**CONTROLE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA
DO SISTEMA INTEGRADO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE
PARAGUAÇU/MILAGRES:
Uma proposta para automação
utilizando rede wireless**

Monografia apresentada no curso de especialização Lato Senso em Automação, Controle e Robótica, apresentado à Faculdade de Tecnologia Senai – Cimatec

Orientador: Prof. Milton Bastos de Souza.

Salvador
2006

AGRADECIMENTOS

João Célio, representante de Micrologic, pelo auxílio na elaboração dos programas dos CLP's.

César Feijó, representante da JMF, empresa que vende o supervisor Elipse, pelo auxílio na elaboração dos CLP's e do supervisor.

Flávio de Oliveira Silva, representante de Kofre Telecomunicações, empresa que vende rádios de comunicação, pelo auxílio na montagem dos rádios.

Vitor Serviuc, representante de Schneider, empresa que fornece o PLC TWIDO, pelo auxílio na elaboração dos programas dos CLP's.

Jorge Luiz A. Moura, Diretor Comercial da Kofre, por ter emprestado os quatro rádios transmissores para que pudessem ser feitos os testes de bancada.

Tahiana Vieira Fonseca por emprestar sua monografia ainda não concluída para enriquecer meu trabalho e discutir comigo sobre o meu trabalho.

SINAI-CIMATEC por disponibilizar os laboratórios para que os experimentos fossem realizados.

Professor Milton Bastos por facilitar ao máximo meu acesso aos laboratórios do SINAI-CIMATEC, disponibilizar os equipamentos para os experimentos, tirar diversas dúvidas sobre o trabalho e apoiar e incentivar a realização do trabalho.

RESUMO

Neste trabalho é apresentada uma proposta para a automação do Sistema Integrado de Abastecimento de Água Paraguaçu/Milagres utilizando CLP's, rádios transmissores e supervisórios para controlar o nível dos reservatórios do sistema.

Os conjuntos moto-bombas que abastecem os reservatórios serão acionados quando o nível dos mesmos chegarem a valores mínimos pré-estabelecidos e desligarão quando os níveis alcançarem valores máximos também pré-estabelecidos. O monitoramento do nível dos reservatórios e o acionamento e desligamento dos conjuntos moto-bomba serão feitos por PLC's que se comunicarão utilizando protocolo de comunicação modbus e mecanismo de controle de acesso mestre-escravo, onde o mestre se situará na Estação de Tratamento de Água.

A comunicação entre os PLC's será feita através de rádios transmissores utilizando porta serial RS232-C.

O sistema de automação terá um supervisório, na estação de tratamento de água, que possibilitará aos operadores do sistema, que estarão trabalhando na ETA, o acompanhamento em tempo real, da operação do Sistema de Abastecimento de Água, e permitirá aos operadores intervir no sistema de automação ligando e desligando os CMB's.

Palavras-chave: automação, monitoramento e operação.

ABSTRACT

In this work it is presented a proposal for the automation of an integrated system of water supply using PLC's, transmitting and supervisory radios to control the level of the reservoirs of the system.

The pumps that supply the reservoirs will be set when its levels in the minimum values established and it will disconnect when the levels reaches maximum values also established. The monitoring of the level of the reservoirs and the drive and disconnection of the sets pump will be made by PLC's that will be communicated using communication protocol modbus and mechanism of access control master-slave, where the master will be placed in the Station of Water Treatment.

The communication between the PLC's will be made through transmitting radios using serial door Rs232-c.

The automation system will have a supervisory one, in the water treatment station, that will make possible the operators of the system, whom they will be working in the WTS, the accompaniment in real time, to the operation of the System of Water supply, and will allow the operators to intervene in the automation system binding and disconnect the pumps.

Keywords: automation, monitoring and operation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema Integrado de Abastecimento de Água Paraguaçu/Milagres

Figura 2 - Sistema Integrado de Abastecimento de Água Paraguaçu/Milagres
– Sistema de Comunicação

Figura 3 – Programa do CLP da EEAT1

Figura 4 – Programa do CLP da EEAT2

Figura 5 – Programa do CLP da EEATM

Figura 6 – Programa do CLP da EEAT3

Figura 7 – Programa do CLP da EEAT4

Figura 8 – Programa do CLP da EEAT5

Figura 9 – Programa do CLP da EEAT6

Figura 10 – Programa do CLP do RAD do Km 100

Figura 11 – Programa do CLP do RAD de Nova Itarana

Figura 12 – Programa do CLP do RAD de Castro Alves

Figura 13 – Programa do CLP da Caixa de Passagem

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CMB	Conjunto Moto-Bomba
ETA	Estação de Tratamento de Água
EEAT1	Estação Elevatória de Água Tratada 1
EEAT2	Estação Elevatória de Água Tratada 2
EEAT3	Estação Elevatória de Água Tratada 3
EEAT4	Estação Elevatória de Água Tratada 4
EEAT5	Estação Elevatória de Água Tratada 5
EEAT6	Estação Elevatória de Água Tratada 6
EEATM.	Estação Elevatória de Água Tratada Milagres
SIAA	Sistema Integrado de Abastecimento de Água

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Entradas dos PLCs

Tabela 2 – Saídas dos PLCs

Tabela 3 – Bobinas Virtuais dos PLCs

Tabela 4 – Números dos TAGs do Supervisório

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Objetivo.....	6
1.2 Metodologia	6
1.3 Resultados Esperados	7
2.0 Desenvolvimento Teórico	8
2.1 Controlador Lógico Programável	8
2.2 Redes de Computadores.....	13
2.2.1 Software de Rede[3]	16
2.2.2. Meios físicos	17
2.3 Comunicação sem fio	26
2.3.1 Fundamentos da Rádio Frequência	27
2.4 Sistemas Supervisórios	28
2.4.1 Componentes físicos de um sistema supervisório	29
2.4.2 Componentes lógicos de um sistema SCADA	30
Em linhas gerais, podemos dividir essas tarefas em:	30
2.4.3 Modos de comunicação.....	31
3. Desenvolvimento Experimental.....	33
3.1 Alternativas para resolução do problema.....	33
3.2 Descrição do Sistema de Comunicação	34
3.3 Descrição das Estações	34
3.4 Funcionamento do Sistema	37
3.4.1 Controlador Lógico Programável (CLP).....	39
3.4.2 Rádio.....	40
3.4.3 Software de Supervisão e Controle	40
4. Simulação em Bancada.....	42
4.1 Característica dos equipamentos.....	42
4.1.1. Rádio Transmissor e Modem	42
4.1.2 – Controlador Lógico Programável.....	43
4.1.3 – Software de Supervisão e Controle (IHM).....	44
4.2 – Programação dos Equipamentos	45
4.3 – Testes de Bancada.....	50
5. Conclusões	52
6. Perspectivas.....	53
7. Tabelas	54
8. Programas dos CLP's.....	56
9. Glossário	67
10. Referências Bibliográficas	68

1. INTRODUÇÃO

O abastecimento de água atual e proposta.

Um sistema de abastecimento de água é geralmente constituído pelos seguintes componentes:

- Captação;
- Estação elevatória;
- Adutora;
- Estação de tratamento de água (ETA);
- Reservatório;
- Rede de distribuição.

O dimensionamento dessas diversas partes, deve ser feito para as condições de demanda máxima, para que o sistema não funcione com deficiência durante algumas horas do dia ou dias do ano.

As obras a montante do reservatório de distribuição devem ser dimensionadas para atender a vazão média do dia de maior consumo do ano. A rede de distribuição deve ser dimensionada para a maior vazão de demanda, que é a hora de maior consumo do dia de maior consumo.

A função principal do reservatório de distribuição é receber uma vazão constante, que é a média do dia de maior consumo e servir de volante para as variações horárias.

Para a elaboração de projetos de reservatórios, normalmente se utilizam as recomendações da norma PNB 594/77 da ABNT para a determinação do volume de reservação. Para a norma da ABNT, o volume mínimo armazenado, necessário para compensar a variação diária do consumo, será determinado de acordo com um dos seguintes critérios [1]:

- A adução sendo contínua durante as 24 horas do dia, o volume armazenado será igual ou maior que $1/3$ do volume distribuído no dia de consumo máximo;

- A adução sendo descontínua e se fazendo em um só período que coincidirá com o período do dia em que o consumo é máximo, o volume armazenado será igual ou maior que $1/3$ do volume distribuído no dia de consumo máximo e igual ou maior que o produto da vazão média do dia de consumo máximo pelo tempo em que a adução permanecerá inoperante nesse dia de consumo máximo;

- A adução sendo descontínua ou sendo contínua não coincidente com o período do dia em que o consumo é máximo, o volume armazenado será igual ou maior que $1/3$ do volume distribuído no dia de consumo máximo acrescido do produto da vazão média do dia de consumo máximo pelo tempo em que a adução permanecerá inoperante nesse dia de consumo máximo.

Em um sistema de abastecimento de água, a quantidade de água consumida varia continuamente em função do tempo, das condições climáticas, hábitos da população, etc. Normalmente, o consumo doméstico apresenta uma grande variação, enquanto que para o consumo industrial a variação é menor. Quanto aos consumos comercial e público, a variação de consumo situa-se em uma posição intermediária [1].

De um modo geral, para o abastecimento de água de uma determinada área ocorrem variações anuais, mensais, diárias, horárias e instantâneas do consumo de água:[1]

- Variação anual: o consumo de água tende a crescer com o decorrer do tempo, devido ao aumento populacional e, às vezes, o aumento do consumo *per capita* é devido à melhoria dos hábitos higiênicos da população e do desenvolvimento industrial;

- Variação mensal: nos meses de verão, o consumo supera o consumo médio, enquanto que, no inverno, o consumo é menor;

- Variação diária: o consumo diário geralmente é maior ou menor que o consumo médio diário anual, sendo que o consumo é maior no verão, e menor no inverno;
- Variação horária: o consumo varia com as horas do dia, geralmente o maior consumo ocorre entre 10 às 12 horas.

Para sistemas de abastecimento de água que atende apenas uma área ou localidade já é difícil planejar o consumo de água do dia seguinte baseado no que foi demandado no dia anterior, pois diversos fatores influenciam no consumo de água de uma localidade, como pôde ser visto acima.

Para sistemas integrados de abastecimento de água, que abastecem diversas localidades, a dificuldade aumenta bastante.

Observando os níveis dos reservatórios de distribuição, pode-se controlar a produção de água evitando o desabastecimento das localidades e o extravasamento dos reservatórios.

Exemplo de um Sistema Integrado de Abastecimento de Água de difícil controle no abastecimento:

O SIAA de Paraguaçu/Milagres capta água no Rio Paraguaçu e trata em uma Estação de Tratamento de Água do tipo convencional (ETA), que fica as margens do rio Paraguaçu. A vazão do Sistema é de 360 m³/h.

Uma vez tratada, a água é bombeada, da Estação Elevatória de Água Tratada 1 (EEAT1), para uma caixa de passagem, na Serra do Leão, que fica a 4.561 metros de distância e a uma cota 260 metros acima da ETA.

Da caixa de passagem a água segue em duas adutoras, uma leva ao reservatório da cidade de Castro Alves, a 31.130 metros de distância da caixa de passagem, uma vazão de 165 m³/h, e a outra ao reservatório da Estação Elevatória de Água Tratada 2 (EEAT2), a 34.265 metros de distância da caixa de passagem em outra direção, uma vazão de 195 m³/h. As duas adutoras, além de abastecer os reservatórios, atendem a diversas localidades ao longo do caminho.

Uma vez no reservatório da cidade de Castro Alves, a água é distribuída.

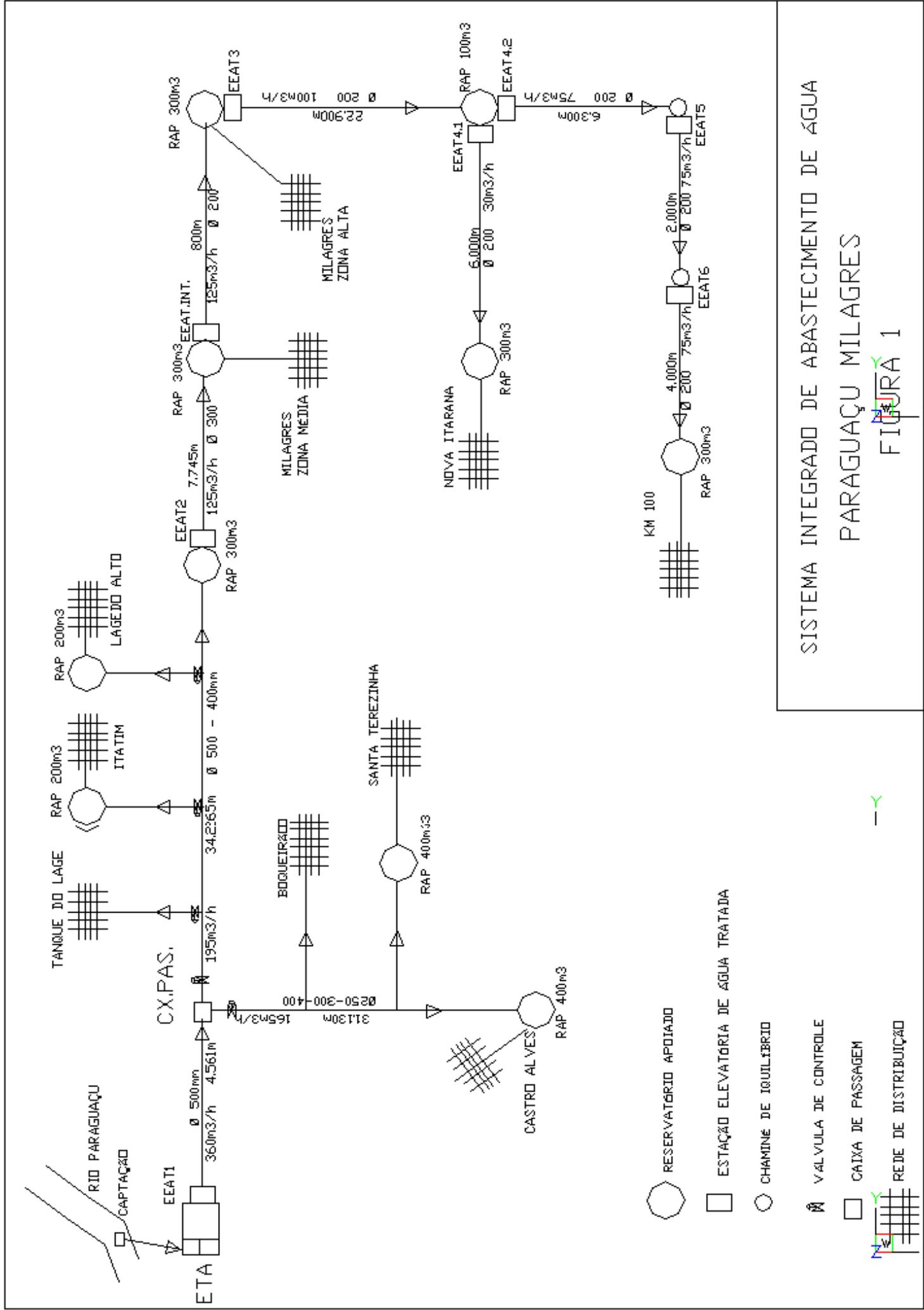
A água que chega no reservatório da EEAT2 é totalmente bombeada para o reservatório da Estação Elevatória de Água Tratada Milagres (EEATM.), que fica na cidade de Milagres, a 7.745 metros da EEAT2, o reservatório atende as Zonas Média e Baixa da cidade e serve de poço de sucção para a EEATM.

A EEATM. Bombeia para o reservatório da Estação Elevatória de Água Tratada 3 (EEAT3), que fica a 800 metros de distância da EEATM e da mesma forma que a EEATM., o reservatório abastece a Zona Alta de Milagres e serve de poço de sucção para EEAT3.

A EEAT3 bombeia para o reservatório da Estação Elevatória de Água Tratada 4 (EEAT4), que fica a 22.900 metros de distância da EEAT3. Este reservatório serve de poço de sucção para dois pares de conjuntos moto-bomba (CMB), cada par é composto de um conjunto que opera e o segundo que fica de reserva. O primeiro par de conjuntos abastece o reservatório da localidade de Nova Itarana que fica a 6.000 metros de distância da EEAT4. O segundo bombeia para a Estação Elevatória de Água Tratada 5 (EEAT5), que fica a 6.300 metros de distância da EEAT4, que bombeia para a Estação Elevatória de Água Tratada 6 (EEAT6), que fica a 2.000 metros de distância da EEAT5, que por sua vez bombeia para o reservatório da localidade de KM100, que fica a 4.000 metros de distância da EEAT6.

O Reservatório da localidade de KM100 abastece a cidade.

O croquis do Sistema pode ser visto na Figura 01.



SISTEMA INTEGRADO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
PARAGUAÇU MILAGRES

FIGURA 1

O Comportamento do Sistema:

A operação deste Sistema é bastante difícil pela distância entre as localidades e pela divisão da água na Serra do Leão. Quando o reservatório de Castro Alves enche, existem três possibilidades, deixar o reservatório extravasar, desligar todo o Sistema ou trocar o conjunto moto-bomba da EEAT1 para o de menor vazão e subir na Serra do Leão para fechar uma das válvulas.

Se encher os reservatórios de Milagres, da EEATM. e da EEAT3 o procedimento deve ser o mesmo. Além disso como apenas a EEAT1, que fica na área da ETA e a EEAT2 são assistidas 24 horas por dia, portanto nas outras estações pode ocorrer extravasamento de reservatório.

1.1 Objetivo

Desenvolver um sistema que automatize o fornecimento de água aos reservatórios de distribuição de água tratada controlando o acionamento dos conjuntos moto-bomba das estações elevatórias de água tratada que abastecem os mesmos. O acionamento/desligamento dos CMBs estará vinculado ao nível dos reservatórios de jusante.

A finalidade da automação do Sistema de Abastecimento é garantir que os reservatórios não extravasem nem haja interrupção no abastecimento com o esvaziamento total dos reservatórios. Esta automação também deverá diminuir os custos operacionais acabando com as visitas aos reservatórios para verificar se esta ocorrendo extravasamento e as estações elevatórias de água tratada para verificar se os conjunto moto-bomba estão operando.

1.2 Metodologia

Simular a automação de um Sistema Integrado de Abastecimento de Água utilizando controladores lógicos programáveis (CLPs) para monitorar os reservatórios de distribuição e acionando as estações elevatórias de água tratada a montante, utilizando rádios transmissores para que os CLPs se comuniquem e um sistema supervisor para poder monitorar as diversas estações do sistema, permitindo que o operador acompanhe o Sistema e intervenha, se preciso for.

Os CLPs que estiverem monitorando os reservatórios de distribuição informarão aos CLPs das estações elevatórias de montante qual o nível dos reservatórios e os mesmos, baseadas nesta informação ligarão e desligarão seus conjuntos moto-bomba.

O sistema supervisorio terá as informações dos níveis dos reservatórios e funcionamento dos conjuntos moto-bomba. Mediante estas informações o operador decidirá quando ligar e desligar o sistema de produção de água e se necessário, intervirá no acionamento dos conjuntos moto-bombas das estações elevatórias de água tratada.

1.3 Resultados Esperados

Uma vez montado o sistema em uma bancada de testes, com os CLPs programados, se comunicando via rádio e o sistema supervisorio ligado a um CLP, espera-se que uma vez acionadas as entradas dos CLPs referentes aos níveis de bóia, os CLPs que representarem as EEAT à montante energizem e desenergizem as saídas referentes aos comandos de ligar e desligar os CMB's e que o sistema supervisorio indique o ocorrido nas diversas unidades.

Efetuando a simulação com sucesso, implantar em campo o Sistema de Automação, uma vez implantado, a expectativa é:

- Impedir o extravasamento de água nos reservatórios de distribuição;
- Mantendo os reservatórios sempre abastecidos, manter a rede de abastecimento em carga, garantindo o fornecimento de água aos usuários 24 horas por dia;
- Facilitar e baratear os custos de operação de um sistema de abastecimento de água, uma vez que não será necessário manter uma equipe monitorando os reservatórios e a produção de água será vinculada a necessidade do sistema.

2.0 Desenvolvimento Teórico

2.1 Controlador Lógico Programável

Um controlador lógico programável (CLP) é um computador com uma construção física que atende os requisitos de operação em ambientes industriais. Além disso, ele possui um software específico para automação e controle de entradas e saídas ligadas aos equipamentos do processo.[1]

A norma Nema [11], ICS3-1978, parte ICS3-304, define um controlador lógico programável como: *"Aparelho eletrônico digital que utiliza uma memória programável para o armazenamento interno de instruções para implementação de funções específicas, tais como lógica, seqüenciamento, temporização, contagem e aritmética para controlar, através de módulos de entrada e saídas, vários tipos de máquinas ou processos. Um computador digital que é utilizado para desempenhar as funções de um controlador programável é considerado dentro deste escopo. Estão excluídas as chaves tambores, e outros tipos de seqüenciadores mecânicos"*. [1]

As características mais importantes dos CLPs são descritas a seguir:[1]

Hardware

- Alta confiabilidade (alto MTBF - tempo médio entre falhas);
- Imunidade a ruídos eletromagnéticos;
- Isolação galvânica de entradas e saídas;
- Facilmente configurável com montagem em trilhos padronizados ou racks com módulos extraíveis;
- Instalação facilitada, com conectores extraíveis;
- Manutenção simples, com ajuda de autodiagnose.

Software

- Programação simples através de linguagens de fácil aprendizagem;
- Recursos para processamento em tempo real e multitarefa;
- Monitoração de dados "on-line";
- Alta velocidade de processamento.

Qualquer controlador programável apresentará em sua estrutura:[1]

- CPU ou UCP (Unidade Central de Processamento): é a responsável pela tomada de decisões. Através do programa a CPU analisa o estado das entradas e altera o estado das saídas, de acordo com a lógica programada;
- Memória: é responsável pelo armazenamento de todas as informações necessárias ao funcionamento do CLP;
- Entradas e saídas: são os meios de comunicação do CLP com o processo a ser controlado. As entradas recebem os sinais do campo e os transformam em sinais digitais para serem processados pela CPU. Após o processamento, os dados enviados pela CPU (digitais) são convertidos pelas saídas em sinais que possam acionar cargas externas (sinais elétricos).

Instrumentação[1]

A instrumentação é a responsável pela medição das variáveis do processo. Medir uma variável do processo significa converter grandezas físicas como nível, pressão, vazão, posição, quantidade de cloro na água, etc, em sinais elétricos padronizados (corrente, tensão ou resistência ôhmica). Os instrumentos de medida são os *elementos de controle*, ou seja, os responsáveis pela entrada de informações no controlador. De acordo com o sinal elétrico de saída pode-se classificar os instrumentos como digitais ou analógicos.

Instrumentação digital

Nos instrumentos digitais o sinal de saída só pode adquirir dois estados (por exemplo: ligado ou desligado, aberto ou fechado, verdadeiro ou falso) caracterizando, portanto, uma variável digital. São exemplos de instrumentos digitais:

- Pressostato;
- Chave de nível;
- Chave de fluxo;
- Termostato;
- Chave de fim-de-curso;
- Focélula;
- Sensor de presença.

Instrumentação analógica

Nos instrumentos analógicos o sinal de saída pode adquirir infinitos estados dentro de uma faixa pré-determinada caracterizando, portanto, uma variável analógica. São exemplos de instrumentos analógicos:

- Transmissor de nível;
- Transmissor de pressão;
- Transmissor de vazão;
- Transmissor de posição;
- Transmissor de vibração;
- Medidor de pH;
- Medidor de oxigênio dissolvido;

- Analisador de cloro residual;
- Analisador de flúor;
- Turbidímetro.

Atuadores e Acionamentos

Atuadores ou acionamentos são equipamentos que convertem os sinais elétricos vindos do controle em ações físicas do processo. Os atuadores são os *elementos finais do controle*, ou seja, aqueles que vão realmente alterar as variáveis de saída do processo e os acionamentos são os equipamentos que vão acionar os atuadores.

São exemplos de atuadores ou elementos finais:

- Bombas;
- Ventiladores;
- Agitadores;
- Aquecedores;
- Lâmpadas;
- Válvulas;
- Robôs.

Entradas[1]

Os pontos de entradas são aqueles através dos quais a CPU busca informações do processo comandado. Pode-se distinguir dois tipos básicos de entradas: digitais e analógicas. As entradas digitais informam a CPU um nível lógico, já as entradas analógicas informam um valor.

Entradas digitais

As entradas digitais convertem cada elemento do campo em um bit. Existem entradas digitais de dois tipos: com alimentação interna e externa.

As entradas com alimentação interna fornecem uma tensão de alimentação que deve passar pelo elemento do processo e retornar à entrada. Para acionar este tipo de entrada basta um contato seco (não alimentado).

As entradas com alimentação externa recebem alimentação do processo. Para isso o elemento do processo deverá atuar como um interruptor para a alimentação da entrada.

Entradas analógicas

As entradas digitais são fáceis de manipular por possuírem apenas dois estados (ligado e desligado). As analógicas, no entanto, podem ter infinitos estados dentro de uma faixa determinada. Existe uma grande gama de sinais de entrada padronizados: +/- 12,5 mV, +/- 50 mV, +/- 500 mV, +/- 1V, +/- 5V, +/- 10 V, 1 a 5 V, 0 a 10 V, 0 a 20 mA, 4 a 20 mA.

Estes sinais são usados na medição linear de uma grandeza. Pode-se associar uma destas faixas de sinal a uma medição de pressão.

A CPU só consegue trabalhar com variáveis digitais e para manipular sinais analógicos é necessário convertê-los para sinais digitais. Uma entrada analógica é, portanto, basicamente um conversor analógico/digital.

Saídas[1]

As saídas são os caminhos pelos quais a CPU envia uma informação ao processo, resultado do processamento do programa do usuário. Da mesma forma, as saídas também são divididas em duas categorias, de acordo com o tipo de sinais que manipulam: digitais e analógicas, e também, possuem uma representação na tabela e imagem de entradas e saídas.

Saídas digitais

Os tipos e níveis de sinais das saídas digitais são os mesmos das entradas.

As saídas digitais convertem os sinais digitais fornecidos pela CPU em sinais capazes de energizar cargas, tais como bobinas de relê, lâmpadas, alarmes, etc.

As saídas digitais podem ser por tensão ou por relês:

- Saídas por tensão: alimentam diretamente a carga através de transistores ou tiristores. Os fabricantes especificam a máxima corrente que a saída pode chavear. Caso seja necessário comandar uma carga de potência superior à recomendada devem ser usados elementos de chaveamento externos (relês, contatores);
- Saídas a relê: fornecem um contato de relê que pode chavear cargas com alimentação independente da fonte do CLP. Neste caso o limite de carga é dado pela capacidade do contato do relê.

Saídas Analógicas

As saídas analógicas também seguem o mesmo princípio das entradas analógicas, mas fazem o contrário, ou seja, a CPU fornece uma palavra com um certo número de bits (da mesma forma que na entrada, este número influi na precisão do sinal de saída), que é convertido por um conversor digital/analógico em um sinal que geralmente está nas faixas de 1 a 5 V, 0 a 10 V, +/- 10 V, 0 a 20 mA, 4 a 20 mA.

2.2 Redes de Computadores

Em processos de pequeno porte (como um painel de comando de booster), um CLP isolado pode atender bem às necessidades. No entanto, em um processos mais complexos, cada subprocesso depende e influencia os outros. Por isso, eles não podem trabalhar isoladamente e devem ser interligados para trocar informações e intertravamentos.[1]

Praticamente todos os equipamentos e softwares de controle possuem recursos de comunicação que permitem interligá-los e fazê-los trabalhar em conjunto. Esta interligação denomina-se Redes de Computadores.[1]

Não existe nenhuma taxinomia de aceitação geral na qual todas as redes de computadores possam ser classificadas, mas duas dimensões se destacam das demais: a tecnologia de transmissão e a cobertura geográfica. [3]

Em termos gerais, há dois tipos de tecnologia de transmissão em uso disseminados:

1. Redes de difusão;
2. Redes ponto a ponto.

As redes de difusão têm apenas um canal de comunicação, compartilhado por todas as máquinas da rede. Mensagens curtas, enviadas por qualquer equipamento, são recebidas por todas as outras. Um campo de endereço dentro do pacote especifica o destinatário pretendido. Quando recebe um pacote, uma máquina verifica o campo de endereço. Se o pacote se destinar à máquina receptora, ela o processará, se for destinado a alguma outra máquina, o pacote será simplesmente ignorado.[3]

Em geral, os sistemas de difusão também oferecem a possibilidade de endereçamento em um pacote a todos os destinos, com a utilização de um código especial no campo de endereço. Quando um pacote com esse código é transmitido, ele é recebido e processado por todas as máquinas da rede. Esse modo de operação é chamado difusão (Broadcasting). Alguns sistemas de difusão também admitem a transmissão para um subconjunto de máquinas, o que se conhece como multidifusão (multcasting).[3]

As redes ponto a ponto consistem em muitas conexões entre pares de máquinas individuais. Para ir da origem ao destino, um pacote nesse tipo de rede talvez tenha que visitar primeiro uma ou mais máquinas intermediárias.[3]

Como regra geral, redes menores geograficamente localizadas tendem a usar difusão, enquanto redes maiores em geral são redes ponto a ponto.

Quanto à cobertura geográfica, pode ser classificada em:[2]

1. Redes Locais (Local Area Networks – LAN)

2. Redes Metropolitanas (Metropolitan Area Networks – MAN)

3. Redes de Longa Distância (Wire Area Networks – WAN)

As LANs (local area networks) são utilizadas de forma intensiva na interligação de PCs (personal computers) e de estações de trabalho em escritórios de empresas industriais. LANs utilizam um único cabo ao qual todos os equipamentos estão linkados. [2]

As LANs têm três características que as distinguem de outros tipos de redes:

1. Tamanho;
2. Tecnologia de transmissão;
3. Topologia.

As LANs têm um tamanho restrito, o que significa que o pior tempo de transmissão é limitado e conhecido com antecedência. O conhecimento desse limite permite a utilização de determinados tipos de projeto que em outras circunstâncias não seriam possíveis, além de simplificar o gerenciamento da rede.[3]

A tecnologia de transmissão das LANs quase sempre consiste em um cabo, ao qual todas as máquinas estão conectadas.

As LANs de difusão admitem diversas topologias. As mais utilizadas são:

- Barramento;
- Anel

Em uma rede em barramento, em qualquer instante no máximo uma máquina desempenha a função de mestre e pode realizar uma transmissão. Nesse momento, as outras máquinas serão impedidas de enviar qualquer tipo de mensagem.

Em um anel, cada bit se propaga de modo independente, sem esperar pelo restante do pacote ao qual pertence. Em geral, muitas vezes até mesmo antes de o pacote Ter sido inteiramente transmitido.

Uma rede metropolitana (metropolitan area network, MAN), abrange uma cidade. O exemplo mais conhecido de uma MAN é a rede de televisão a cabo. Atualmente as MANs são utilizadas para acesso à Internet de alta velocidade sem fio.

Uma rede de longa distância abrange uma área extensa e possui uma série de computadores denominados host computers, que proporcionam atendimento aos terminais, isto é, são fontes de recursos (recuperação de informações, entrada remota de jobs, computação interativa, edição etc.), recebem e conduzem as requisições oriundas desses terminais e permitem aos usuários a utilização de algum ou de todos os serviços disponíveis.[2]

2.2.1 Software de Rede[3]

No projeto das primeiras redes de computadores, o hardware foi a principal preocupação e o software em segundo plano. Essa estratégia foi deixada para trás. Atualmente, o software de rede é altamente estruturado.

2.2.1.1 Hierarquia de Protocolos[3]

Para reduzir a complexidade do projeto, a maioria das redes é organizada como uma pilha de camadas ou níveis, colocadas umas sobre as outras. O número de camadas, o nome, o conteúdo e a função de cada camada diferem de uma rede para outra. No entanto, em todas as redes o objetivo de cada camada é oferecer determinados serviços às camadas superiores, isolando essas camadas dos detalhes de implementação dos recursos. Em certo sentido, cada camada é uma espécie de máquina virtual, oferecendo determinados serviços à camada situada acima dela.

Um conjunto de camadas e protocolos é chamado de arquitetura de rede. A especificação de uma arquitetura deve conter informações suficientes para permitir que um implementador desenvolva o programa ou construa o hardware de cada camada, de forma que ele obedeça corretamente ao protocolo adequado.

2.2.1.2 Protocolo[1]

Para permitir a comunicação entre todos os processos possíveis numa rede, é essencial o estabelecimento de um conjunto de regras governando as interações, para assegurar que elas prossigam satisfatoriamente. A forma com que as mensagens são transferidas ao longo da rede e o modo pelo qual um único cabo de rede é compartilhado por múltiplos nós fazem parte dos Protocolos de Comunicação.

2.2.2. Meios físicos

A comunicação de dados entre sistemas requer um meio físico de transmissão. A transmissão de informações entre dispositivos ligados através de uma rede requer um conjunto diversificado de funções e a colaboração entre diferentes tipos de sistemas, como os equipamentos que usam os serviços disponibilizados pela rede para comunicarem entre si e os que constituem a infraestrutura da rede de transporte de informação.

A transmissão de dados é realizada sob a forma de sinais (elétricos, ópticos, etc.), que podem ser digitais ou analógicos, e que constituem uma forma de representação dos dados adequada para a comunicação. A transmissão de sinais é suportada por meios que podem ser:

- Guiado (par de cobre trançado, cabo coaxial, fibra óptica). Exemplos de tecnologia que utilizam esse tipo de meio de transmissão são: PROFIBUS, DEVICENET, MODBUS, FOUNDATION FIELDBUS, ETHERNET.
- Não guiado (transmissão no espaço livre ou vácuo) – Neste meio de transmissão de dados são utilizadas as tecnologias de radiofrequência, microondas, infravermelho e laser. Exemplos destas tecnologias são: RFID, IEEE 802.11, BLUETOOTH, WiMAX, HiperLAN/2, UWB, ZigBee.

Em automação os meios físicos mais utilizados são: cabos elétricos, cabos ópticos e rádios. Para cada um deles existem várias configurações possíveis, dependendo do protocolo utilizado. Dentre as características mais importantes na definição do meio físico podem ser considerados:

- Distância máxima;

- Taxa de Transmissão;
- Configurações possíveis;
- Número máximo de estações.

Características do meio físico do rádio

Quando se necessita de transmitir sinais a longas distâncias quando não é possível utilizar telefone, o rádio é uma boa opção, pois é possível dimensionar a potência, frequência de portadora e antenas para conseguir distâncias de até centenas de quilômetros. É necessário utilizar modems. O custo de implantação do sistema de rádio é muito alto, mas o custo de operação é menor que sistemas telefônicos.

2.2.2.1 Modbus[5]

Modbus é um protocolo de comunicação de dados utilizado em sistemas de automação industrial. Criado na década de 1970 pela Modicon. É um dos mais antigos protocolos utilizados em redes de Controladores lógicos programáveis (CLP) para coletar sinais de instrumentos e comandar atuadores. A Modicon (atualmente parte do grupo Schneider Electric) colocou as especificações e normas que definem o Modbus em domínio público. Por esta razão é utilizado em milhares de equipamentos existentes e é uma das soluções de rede mais baratas a serem utilizadas em automação industrial.

Características técnicas

O Modbus utiliza o RS-232, RS-485 ou Ethernet como meio físico. O mecanismo de controle de acesso é mestre-escravo. A estação mestre (geralmente um CLP) envia mensagens solicita dos escravos que enviem os dados lidos pela instrumentação ou envia sinais a serem escritos nas saídas para o controle dos atuadores. O protocolo possui comandos para envio de dados discretos (entradas e saídas digitais) ou numéricos (entradas e saídas analógicas).

Em um sistema com um mestre e três escravos em cada ciclo de comunicação, o CLP lê e escreve valores em cada um dos escravos. Como o

sistema de controle de acesso é do tipo mestre-escravo, nenhum dos módulos escravos inicia comunicação a não ser para responder às solicitações do mestre.

Basicamente, uma comunicação em Modbus obedece a um frame que contém o endereço do escravo, o comando a ser executado, uma quantidade variável de dados complementares e uma verificação de consistência de dados (CRC).

Variações

Em redes seriais baseadas em RS-485 ou RS-232 o Modbus pode ter duas variações: RTU e ASCII.

Modbus RTU - Neste modo os dados são transmitidos em formato binário de oito bits, permitindo a compactação dos dados em pequenos pacotes. RTU é a sigla inglesa para Remote Terminal Unit.

Modbus ASCII - Transmite os dados codificados em caracteres ASCII de sete bits. Apesar de gerar mensagens legíveis por pessoas este modo consome mais recursos da rede.

No modo RTU, os endereços e valores podem ser representados em formato binário. Números inteiros variando entre -32768 e 32767 podem ser representados por 2 bytes. O mesmo número precisaria de quatro caracteres ASCII para ser representado (em hexadecimal).

Modbus/TCP - Os dados são encapsulados em formato binário em frames TCP para a utilização do meio físico Ethernet (IEEE 802.3). Quando o Modbus/TCP é utilizado, o mecanismo de controle de acesso é o CSMA-CD (Próprio da rede Ethernet) e as estações utilizam o modelo cliente-servidor.

Modbus Plus - Versão que possui vários recursos adicionais de roteamento, diagnóstico, endereçamento e consistência de dados. Esta versão ainda é mantida sob domínio da Schneider Electric e só pode ser implantada sob licença deste fabricante.

2.2.2.2 Ethernet[6]

Ethernet é uma tecnologia de interconexão para redes locais - Local Area Networks (LAN) - baseada no envio de pacotes. Ela define cabeamento e sinais elétricos para a camada física, e formato de pacotes e protocolos para a camada de controle de acesso ao meio (Media Access Control - MAC) do modelo OSI. A Ethernet foi padronizada pelo IEEE como 802.3. A partir dos anos 90, ela vem sendo a tecnologia de LAN mais amplamente utilizada e tem tomado grande parte do espaço de outros padrões de rede como Token Ring, FDDI e ARCNET.

Protocolos Internet

Aplicação	HTTP, SMTP, FTP, SSH, IRC, SNMP, NNTP, POP3, IMAP, Telnet, BitTorrent ...
Transporte	TCP, UDP, SCTP, RTP, DCCP ...
Rede	IPv4, IPv6, ARP, ICMP ...
Ligação	Ethernet, 802.11 WiFi, Token ring, FDDI, PPP, ...
Física	RS-232, EIA-422, RS-449, EIA-485...

Ethernet é baseada na idéia de pontos da rede enviando mensagens, no que é essencialmente semelhante a um sistema de rádio, cativo entre um cabo comum ou canal, às vezes chamado de éter (no original, ether). Isto é uma referência oblíqua ao éter luminífero, meio através do qual os físicos do século 19 acreditavam que a luz viajasse.

Cada ponto tem uma chave de 48 bits globalmente única conhecida como endereço MAC para assegurar que todos os sistemas em uma ethernet tenham endereços distintos.

Tem sido observado que o tráfego Ethernet tem propriedades de auto-similaridade, com importantes conseqüências para engenharia de tráfego de telecomunicações.

CSMA/CD shared medium Ethernet

Um esquema conhecido como Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD), organizava a forma como os computadores compartilhavam o canal. Originalmente desenvolvido nos anos 60 para ALOHAnet - Hawaii usando Rádio, o esquema é relativamente simples se comparado ao token ring ou rede de controle central (master controlled networks). Quando um computador deseja enviar alguma informação, este obedece o seguinte algoritmo:

1. Se o canal está livre, inicia-se a transmissão, senão vai para o passo 4;
2. [transmissão da informação] se colisão é detectada, a transmissão continua até que o tempo mínimo para o pacote seja alcançado (para garantir que todos os outros transmissores e receptores detectem a colisão), então segue para o passo 4;
3. [fim de transmissão com sucesso] informa sucesso para as camadas de rede superiores, sai do modo de transmissão;
4. [canal está ocupado] espera até que o canal esteja livre;
5. [canal se torna livre] espera-se um tempo aleatório, e vai para o passo 1, a menos que o número máximo de tentativa de transmissão tenha sido excedido;
6. [número máximo de tentativa de transmissão excedido] informa falha para as camadas de rede superiores, sai do modo de transmissão;

Na prática, funciona como um jantar onde os convidados usam um meio comum (o ar) para falar com um outro. Antes de falar, cada convidado educadamente espera que outro convidado termine de falar. Se dois convidados começam a falar ao mesmo tempo, ambos param e esperam um pouco, um pequeno período. Espera-se que cada convidado espere por um tempo aleatório de forma que ambos não aguardem o mesmo tempo para tentar falar novamente, evitando outra colisão. O tempo é aumentado exponencialmente se mais de uma tentativa de transmissão falhar.

Originalmente, a Ethernet fazia, literalmente, um compartilhamento via cabo coaxial, que passava através de um prédio ou de um campus universitário para interligar cada máquina. Os computadores eram conectados a uma unidade transceiver ou interface de anexação (Attachment Unit Interface, ou AUI), que por

sua vez era conectada ao cabo. Apesar de que um fio simples passivo fosse uma solução satisfatória para pequenas Ethernets, não o era para grandes redes, onde apenas um defeito em qualquer ponto do fio ou em um único conector fazia toda a Ethernet parar.

Como todas as comunicações aconteciam em um mesmo fio, qualquer informação enviada por um computador era recebida por todos os outros, mesmo que a informação fosse destinada para um destinatário específico. Os cartões de filtro de interface de rede (network interface card filters) excluía a informação não endereçada a ele, interrompendo a CPU somente quando pacotes aplicáveis eram recebidos a menos que o cartão fosse colocado em seu modo de comunicação promíscua. Essa forma de um fala e todos escutam definia um meio de compartilhamento de Ethernet de fraca segurança, pois um nodo na rede Ethernet podia escutar às escondidas todo o tráfego do cabo se assim desejasse. Usar um cabo único também significava que a largura de banda (bandwidth) era compartilhada, de forma que o tráfego de rede podia tornar-se lentíssimo quando, por exemplo, a rede e os nodos tinham de ser reinicializados após um interrupção elétrica.

Centros de Ethernet

Este problema foi focalizado pela invenção de centro de Ethernet que teve uma topologia de estrela física com dispositivos múltiplos que são telegrafados atrás a um centro, e o centro que ou é telegrafado então atrás a um original passivo persuade coluna vertebral, ou para um centro de alto-nível. Em vez de um persuada conexão ou um AUI cabo, hubbed 10BASE-T o Ethernet usa CAT-3 / CAT-5 cabo e RJ45 conectores para conectar endpoints a centros.

Porém, apesar da topologia de estrela física, hubbed redes de Ethernet ainda usam CSMA/CD, com todo pacote que é enviado a todo porto no centro, e só cooperação mínima do centro lidando com colisões de pacote.

Ethernet trabalha bem como meio compartilhado quando o nível de tráfego é baixo. Como a chance de colisão é proporcional ao número de transmissores e os dados a serem enviados, a rede fica extremamente congestionada em torno de 50%

da capacidade. Para solucionar isto, foram desenvolvidos "comutadores" (Switch) Ethernet para maximizar a largura de banda disponível.

Ethernet Comutada (Switched Ethernet)

A maioria das instalações modernas de Ethernet usam switches Ethernet ao invés de hubs. Embora o cabeamento seja idêntico ao de uma Ethernet com hub, com switches no lugar dos hubs, a Ethernet comutada tem muitas vantagens sobre a Ethernet média, incluindo maior largura de banda e cabeamento simplificado. Redes com switches tipicamente seguem uma topologia em estrela, embora elas ainda implementem um "nuvem" única de Ethernet do ponto de vista das máquinas ligadas.

No início, switches Ethernet funcionam como os hubs, com todo o tráfego sendo repetido para todas as portas. Contudo, ao longo do tempo o switch "aprende" quais são as pontas associadas a cada porta, e assim ele pára de mandar tráfego não-broadcast para as demais portas a que o pacote não esteja endereçado. Desse modo, a comutação na Ethernet pode permitir velocidade total de Ethernet no cabeamento a ser usado por um par de portas de um mesmo switch.

Já que os pacotes são tipicamente entregues somente na porta para que são endereçadas, o tráfego numa Ethernet comutada é levemente menor que numa Ethernet de mídia compartilhada. Contudo, como é fácil subverter sistemas Ethernet comutados por meios como ARP spoofing e MAC flooding, bem como por administradores usando funções de monitoramento para copiar o tráfego da rede, a Ethernet comutada ainda é considerada como uma tecnologia de rede insegura.

Tipos de quadro Ethernet e o campo EtherType

Há quatro tipos de quadro Ethernet :

Ethernet original versão I (não mais usado)

O quadro Ethernet versão 2 ou quadro Ethernet II, chamado quadro DIX (iniciais de DEC, Intel, e Xerox). É o mais comum atualmente, já que é muitas vezes usado diretamente pelo Protocolo Internet.

quadro IEEE 802.x LLC

quadro IEEE 802.x LLC/SNAP

Os tipos diferentes de frame têm formatos e valores de MTU diferentes, mas podem coexistir no mesmo meio físico.

A Ethernet Versão 1 original da Xerox tinha um campo de comprimento de 16 bits, embora o tamanho máximo de um pacote fosse 1500 bytes. Esse campo de comprimento foi logo reusado na Ethernet Versão 2 da Xerox como um campo de rótulo, com a convenção de que valores entre 0 e 1500 indicavam o uso do formato Ethernet original, mas valores maiores indicavam o que se tornou conhecido como um EtherType, e o uso do novo formato de frame. Isso atualmente é suportado nos protocolos IEEE 802 usando o header SNAP.

2.2.2.3 Meio Físico RS 232

A porta serial RS232-C é um protocolo ponto a ponto, com distância máxima de 15 metros entre as estações e taxa de transmissão de no máximo 115 kbps. Existem dois caminhos de dados independentes e em sentidos opostos neste meio, o que permite que duas estações transmitam e recebam simultaneamente (mecanismo conhecido como full-duplex). Normalmente este protocolo é utilizado para conexão de equipamentos de programação ou para interligar um equipamento a um modem ou conversor de protocolos. Apenas a camada física e enlace estão definidos para este protocolo[7].

Detalhes do padrão

No protocolo de comunicação RS-232, caracteres são enviados um a um como um conjunto de bits. A codificação mais comumente usada é o "start-stop assíncrono" que usa um bit de início, seguido por sete ou oito bits de dados, possivelmente um bit de paridade, e um ou dois bits de parada sendo, então, necessários 10 bits para enviar um único caractere. Tal fato acarreta a necessidade em dividir por um fator de dez a taxa de transmissão para obter a velocidade de transmissão. A alternativa mais comum ao "start-stop assíncrono" é o HDLC. O padrão define os níveis elétricos correspondentes aos níveis lógicos um e zero, a velocidade de transmissão padrão e os tipos de conectores.

Configurações

Há várias configurações de software para conexões seriais. As mais comuns são velocidade e bits de paridade e parada. A velocidade é a quantidade de bits por segundo transmitida de um dispositivo para outro. Taxas comuns de transmissão são 300, 1200, 2400, 9600, 19200, etc. Tipicamente ambos os dispositivos devem estar configurados com a mesma velocidade, alguns dispositivos, porém, podem ser configurados para auto-detectar a velocidade.

Paridade é um método de verificar a precisão dos dados. Paridade é normalmente nula (não usada), mas pode ser par ou ímpar. Paridade funciona modificando os dados, em cada byte enviado. Paridade nula é simples, os dados não são modificados. Na paridade par, os dados são acomodados de modo que o número de bits 1 (isto é, sua contagem em um byte) seja um número par; isto é feito definindo o bit de paridade (geralmente os bits mais ou menos significativo) como 0 ou 1. Na paridade ímpar, o número de bits 1 é um número ímpar. A paridade pode ser usada pelo receptor para detectar a transmissão de erros - se um byte foi recebido com o número errado de bits 1, então ele deve estar corrompido. Se a paridade estiver correta então não devem haver erros, ou então há um número par de erros.

Bits de parada são enviados no fim de cada byte transmitido com o intuito de permitir que o receptor do sinal se sincronize.

Existe uma convenção para a notação se uma configuração de software de uma conexão serial, esta notação é da forma D/P/S. Sendo que a configuração mais comum é a 8/N/1 que especifica que são transmitidos 8 bits de dados, paridade nula e um bit de parada. O número de bits de dados pode ser 7, 8 ou (às vezes) 9. Paridade pode ser nula (N), ímpar (O) ou par (E); o bit de paridade é emprestado dos bits de dados, então 8/E/1 significa que um dos oito bits de dados é utilizado como bit de paridade.

Podem haver 1, 1,5 ou 2 bits de parada (1,5 era utilizado em *teletypewriters* baudot de 60 palavras por minuto). Outras configurações definem quando pinos enviam sinais de "handshake", ou outras checagem de integridade dos dados.

2.3 Comunicação sem fio

Uma rede wireless caracteriza qualquer tipo de conexão para transmissão de informação sem a utilização de fios ou cabos e têm o mesmo propósito da rede cabeada: dispor informações a todos os dispositivos ligados à rede. [4]

Existem basicamente, quatro tipos de tecnologia de transmissão empregadas na construção de redes sem fio: infravermelho, microondas, laser e rádio.[4]

Rádio é um sistema de comunicação que usa ondas eletromagnéticas que se propagam pelo espaço. Usam-se ondas radiofônicas de diferentes comprimentos (comprimento de onda) para distintos fins. Em geral as ondas eletromagnéticas distinguem-se pela sua frequência que é inversa ao comprimento de onda. As ondas mais curtas têm frequência mais alta e um comprimento de onda mais baixo, enquanto as ondas de frequência mais baixa têm um comprimento de onda mais elevado. A frequência correspondente a um determinado número de ciclos por segundo.[8]

Os sistemas normais de radiocomunicação constam de dois componentes básicos: o Transmissor e o Receptor. O primeiro gera oscilações elétricas com uma frequência de rádio denominada de frequência portadora. Pode-se amplificar a amplitude da própria frequência para variar a onda portadora. Um sinal modulado em amplitude compõe-se da onda portadora mais as bandas laterais, produto da modulação.[8]

Os componentes fundamentais de um transmissor de rádio são:[8]

Gerador de oscilações (oscilador) para converter as variações elétricas em oscilações de uma determinada frequência de rádio;

- Amplificadores para aumentar as referidas oscilações conservando a frequência estabelecida;
- Transdutor para converter a informação a transmitir em variações de corrente elétrica proporcionais a cada valor instantâneo de intensidade;

- Modulador que aproveita as voltagens proporcionais para controlar as variações na intensidade da oscilação ou frequência instantânea da portadora;
- Antena, que irradia uma onda portadora igualmente modulada.

2.3.1 Fundamentos da Rádio Frequência

Radiofrequência é a região de frequência das ondas de rádio. As ondas de rádios são ondas eletromagnéticas de frequências arbitrárias abaixo de 3000 GHz, propagadas no espaço sem guia artificial e do ponto de vista do conhecimento tecnológico atual, é passível de uso por sistemas de radiocomunicação[4].

Ondas de rádio é apenas uma das várias bandas eletromagnéticas existentes no espectro de frequência, que é um bem público, de fruição limitada, cujo uso é administrado pela Agência Nacional de Telecomunicações, que corresponde a uma parte do espectro eletromagnético abaixo de 3000 GHz. As ondas de rádio são fáceis de se gerar, podem viajar longas distâncias e podem penetrar construções facilmente, por essas razões elas são muito utilizadas para comunicação.

As ondas de rádio são onidirecionais, o que significa que elas viajam em todas as direções, partindo de uma fonte, o transmissor, que, por este motivo, não precisa estar cuidadosamente alinhado ao receptor. Para prevenir a sobreposição no uso de ondas de rádio, as frequências são alocadas em bandas, que são faixas de frequências disponíveis para aplicações específicas.

A utilização do espectro eletromagnético, tanto pelas redes de comunicação sem fios como por outros sistemas que emitem ondas de rádio, é rigorosamente controlada de modo a possibilitar a partilha do meio de transmissão por todos os usuários.

Entre as organizações responsáveis pela alocação de bandas de frequência para a operação dos diferentes sistemas, encontra-se o Comitê Europeu de Radiocomunicações (*European Radiocommunications Committee*), na Europa, e a FCC (*Federal Communications Commission*), nos Estados Unidos. Normalmente, a operação numa dada banda de frequências requer a negociação com estas organizações e o pagamento de um taxa. Após a análise das características do sistema, como a potência de transmissão e a cobertura geográfica, as organizações

competentes conferem a atribuição da licença de operação, ou seja, o direito de utilização da banda de frequências.

Devido às dificuldades que o processo de licenciamento impõe aos usuários individuais, foram definidas bandas de frequências pela FCC que podem ser usadas sem necessidade de licença, embora não deixem de estar sujeitas a restrições relativas à potência máxima de transmissão e à técnica de modulação utilizada. Estas bandas são conhecidas pela designação ISM (Industrial, Scientific and Medical).

As bandas não licenciadas foram:

- 900 MHz (902 Mhz a 928 MHz) – faixa que possui uma largura de banda de 26 MHz e está cada vez mais em desuso;
- 2,4 GHz (2,400 GHz a 2,4835 GHz) – possui largura de banda de 83,5 MHz e é utilizada por dispositivos 802.11b/g, telefone sem fio e fornos de microondas;
- 5,0 GHz – O FCC especifica três bandas UNII (Unlicensed National Information Infrastructure) com largura de 100 MHz cada: banda baixa (potência de saída máxima de 50 mW), média (potência de saída máxima de 250 mW), e alta (potência de saída máxima de 1 W). Os dispositivos 802.11a utilizam estas bandas.

2.4 Sistemas Supervisórios

Os sistemas supervisórios permitem que sejam monitoradas e rastreadas informações de um processo produtivo ou instalação física. Tais informações são coletadas através de equipamentos de aquisição de dados e, em seguida, manipulados, analisados, armazenados e, posteriormente, apresentados ao usuário. Estes sistemas também são chamados de SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition).

Os sistemas de automação industrial utilizam tecnologia de computação e comunicação para automatizar a monitoração e controle dos processos industriais, efetuando coleta de dados em ambientes complexos, eventualmente dispersos

geograficamente, e a respectiva apresentação amigável para o operador, com recursos gráficos elaborados (interfaces homem-máquina) e conteúdo multimídia.

Para permitir isso, os sistemas SCADA identificam os tags, que são todas as variáveis numéricas ou alfanuméricas envolvidas na aplicação, podendo executar funções computacionais (operações matemáticas, lógicas, com vetores ou strings, etc.) ou representar pontos de entrada/saída de dados do processo que está sendo controlado. Neste caso, correspondem às variáveis do processo real (ex: temperatura, nível, vazão etc), se comportando como a ligação entre o controlador e o sistema. É com base nos valores das tags que os dados coletados são apresentados ao usuário.

Os sistemas SCADA podem também verificar condições de alarmes, identificadas quando o valor do tag ultrapassa um faixa ou condição pré-estabelecida, sendo possível programar a gravação de registros em Bancos de Dados, ativação de som, mensagem, mudança de cores, envio de mensagens por pager, e-mail, celular, etc.

2.4.1 Componentes físicos de um sistema supervisório

Os componentes físicos de um sistema de supervisão podem ser resumidos, de forma simplificada, em: sensores e atuadores, rede de comunicação, estações remotas (aquisição/controla) e de monitoração central (sistema computacional SCADA).

Os sensores são dispositivos conectados aos equipamentos controlados e monitorados pelos sistemas SCADA, que convertem parâmetros físicos tais como velocidade, nível de água e temperatura, para sinais analógicos e digitais legíveis pela estação remota. Os atuadores são utilizados para atuar sobre o sistema, ligando e desligando determinados equipamentos.

O processo de controle e aquisição de dados se inicia nas estações remotas, PLC's e RTU's, com a leitura dos valores atuais dos dispositivos que a ele estão associados e seu respectivo controle.

A rede de comunicação é a plataforma por onde as informações fluem dos PLC's/RTU's para o sistema SCADA e, levado em consideração os requisitos do

sistema e a distância a cobrir, pode ser implantada através de cabos Ethernet, fibras ópticas, linhas dial-up, linhas dedicadas, rádio modems, etc.

As estações de monitoração central são as unidades principais dos sistemas SCADA, sendo responsáveis por recolher a informação gerada pelas estações remotas e agir em conformidade com os eventos detectados, podendo ser centralizadas num único computador ou distribuídas por uma rede de computadores, de modo a permitir o compartilhamento das informações coletadas.

2.4.2 Componentes lógicos de um sistema SCADA

Internamente, os sistemas SCADA geralmente dividem suas principais tarefas em blocos ou módulos, que vão permitir maior ou menor flexibilidade e robustez, de acordo com a solução desejada.

Em linhas gerais, podemos dividir essas tarefas em:

- Núcleo de processamento;
- Comunicação com PLC's/RTU's;
- Gerenciamento de Alarmes;
- Históricos e Banco de Dados;
- Lógicas de programação interna (Scripts) ou controles;
- Interface gráfica;
- Relatórios;
- Comunicação com outras estações SCADA;
- Comunicação com Sistemas Externos / Corporativos;
- Outros.

A regra geral para o funcionamento de um sistema SCADA parte dos processos de comunicação com os equipamentos de campo cujas informações são enviadas para o núcleo principal do software. O núcleo é responsável por distribuir e

coordenar o fluxo dessas informações para os demais módulos, até chegarem na forma esperada para o operador do sistema, na interface gráfica ou console de operação com o processo, geralmente acompanhadas de gráficos, animações, relatórios, etc, de modo a exibir a evolução do estado dos dispositivos e do processo controlado, permitindo informar anomalias, sugerir medidas a serem tomadas ou reagir automaticamente.

As tecnologias computacionais utilizadas para o desenvolvimento dos sistemas SCADA têm evoluído bastante nos últimos anos, de forma a permitir que, cada vez mais, aumente sua confiabilidade, flexibilidade e conectividade, além de incluir novas ferramentas que permitem diminuir cada vez mais o tempo gasto na configuração e adaptação do sistema às necessidades de cada instalação.

2.4.3 Modos de comunicação

A principal funcionalidade de qualquer sistema SCADA está ligada à troca de informações, que podem ser, basicamente:

- Comunicação com os PLC's/RTU's;
- Comunicação com outras estações SCADA;
- Comunicação com outros sistemas.

A comunicação com os equipamentos de campo, realizada através de um protocolo em comum, cuja metodologia pode ser tanto de domínio público ou de acesso restrito, geralmente pode ocorrer por *polling* ou por interrupção, normalmente designada por *Report by Exception*.

A comunicação por *polling* (ou Master/Slave) faz com que a estação central (Master) tenha controle absoluto das comunicações, efetuando seqüencialmente o *Pooling* aos dados de cada estação remota (Slave), que apenas responde à estação central após a recepção de um pedido, ou seja, em *half-duplex*. Isto traz simplicidade no processo de coleta de dados, inexistência de colisões no tráfego da rede, facilidade na detecção de falhas de ligação e uso de estações remotas não inteligentes. No entanto, traz incapacidade de comunicar situações à estação central por iniciativa das estações remotas.

Já a comunicação por interrupção ocorre quando o PLC ou RTU monitora os seus valores de entrada, ao detectar alterações significativas ou valores que ultrapassem os limites definidos, envia as informações a estação central. Isto evita a transferência de informação desnecessária, diminuindo o tráfego na rede, além de permitir uma rápida detecção de informação urgente e a comunicação entre estações remotas (slave-to-slave). As desvantagens desta comunicação são que a estação central consegue detectar as falhas na ligação apenas depois de um determinado período (ou seja, quando efetua *polling* ao sistema) e são necessários outros métodos (ou mesmo ação por parte do operador) para obter os valores atualizados.

A comunicação com outras estações SCADA pode ocorrer através de um protocolo desenvolvido pelo próprio fabricante do sistema SCADA, ou através de um protocolo conhecido via rede Ethernet TCP/IP, linhas privadas ou discadas.

A Internet é cada vez mais utilizada como meio de comunicação para os sistemas SCADA. Através do uso de tecnologias relacionadas com a Internet, e padrões como Ethernet, TCP/IP, HTTP e HTML, é possível acessar e compartilhar dados entre áreas de produção e áreas de supervisão e controle de várias estações fabris. Através do uso de um *browser* de Internet, é possível controlar em tempo real, uma máquina localizada em qualquer parte do mundo. O *browser* comunica com o servidor web através do protocolo HTTP, e após o envio do pedido referente à operação pretendida, recebe a resposta na forma de uma página HTML.

3. Desenvolvimento Experimental

Deseja-se desenvolver um sistema de automação que resolva os diversos problemas enfrentados para operar o Sistema de Abastecimento de Água de Paraguaçu/Milagres.

3.1 Alternativas para resolução do problema.

O sistema de automação projetado constará de um CLP em cada unidade que se deseje monitorar, um sistema supervisório instalado na ETA e um sistema de comunicação entre os CLPs e o supervisório.

Para resolver o problema de extravasamento, os reservatórios que estão sendo abastecidos pelos conjuntos moto-bomba das Estações Elevatórias de Água Tratada, devem comandar o acionamento e desligamento dos CMB's através de CLPs que se comuniquem.

Para resolver o problema de abastecer apenas um dos lados, Castro Alves ou Milagres, serão instaladas duas válvulas de controle nas saídas da caixa de passagem, uma em cada adutora e as mesmas serão comandadas por solenóides, que as fecharão quando o lado que abastece não necessitar de água, este comando se dará por CLPs comandados a distância.

Já existe na Estação Elevatória de Água Tratada 1, um conjunto moto-bomba capaz de aduzir a metade da vazão atual do Sistema, ou seja 180 m³/h.

As distâncias entre as Estações Elevatórias de Água Tratada e os reservatórios é grande, impedindo a comunicação via fios, por esta razão, as informações devem trafegar via Rádio, telefone fixo ou telefone celular.

A telefonia celular ainda não chegou nesta região, por esta razão esta alternativa esta descartada.

Nenhum dos locais, Estações Elevatórias de Água Tratada, Estação de Tratamento de Água, reservatórios e a Caixa de Passagem possuem linha telefônica e em especial, cinco locais: as Estações Elevatórias de Água Tratada 4, 5 e 6,

Estação de Tratamento de Água e Caixa de Passagem, por estarem em locais distantes dos centros urbanos, terão um alto custo para implantar linhas telefônicas.

Por esta razão, a forma de comunicação entre as estações será por Rádio. Serão utilizados rádios transmissores.

3.2 Descrição do Sistema de Comunicação

A princípio desejava-se fazer um sistema de comunicação multi-ponto, onde cada estação se comunicaria com outra independentemente, para tanto seriam utilizadas portas Ethernet nos rádios de comunicação. As portas Ethernet possibilitariam uma comunicação por rede de difusão. Mas em contato com o fornecedor do Sistema de Comunicação, o mesmo verificou que rádios com porta Ethernet tem alcance máximo de 16,5 Km, como a distância entre diversas estações é superior a 16,5 Km, seria necessário a instalação de estações intermediárias.

Utilizando portas RS232 nos rádios, os mesmos serão capazes de alcançar as distâncias necessárias, mas a comunicação deverá ser ponto a ponto, ou seja deverá ter um PLC mestre que se comunicará com todos os outros.

Para a atual experiência, a Kofre, fornecedora de rádio, disponibilizou quatro aparelhos de rádio com modems com porta RS232, o CIMATEC possui três PLC's modelo TWIDO TWKLCAA10DRF com apenas uma porta de acesso e diversas Hard Key de programação do sistema supervisorio Elipse. Por esta razão a simulação foi feita em etapas e o Mestre será o supervisorio Elipse, utilizando um Hard Key, pois os PLC's tendo apenas uma porta de acesso impede que o mesmo seja um PLC Mestre e se comunique com o IHM.

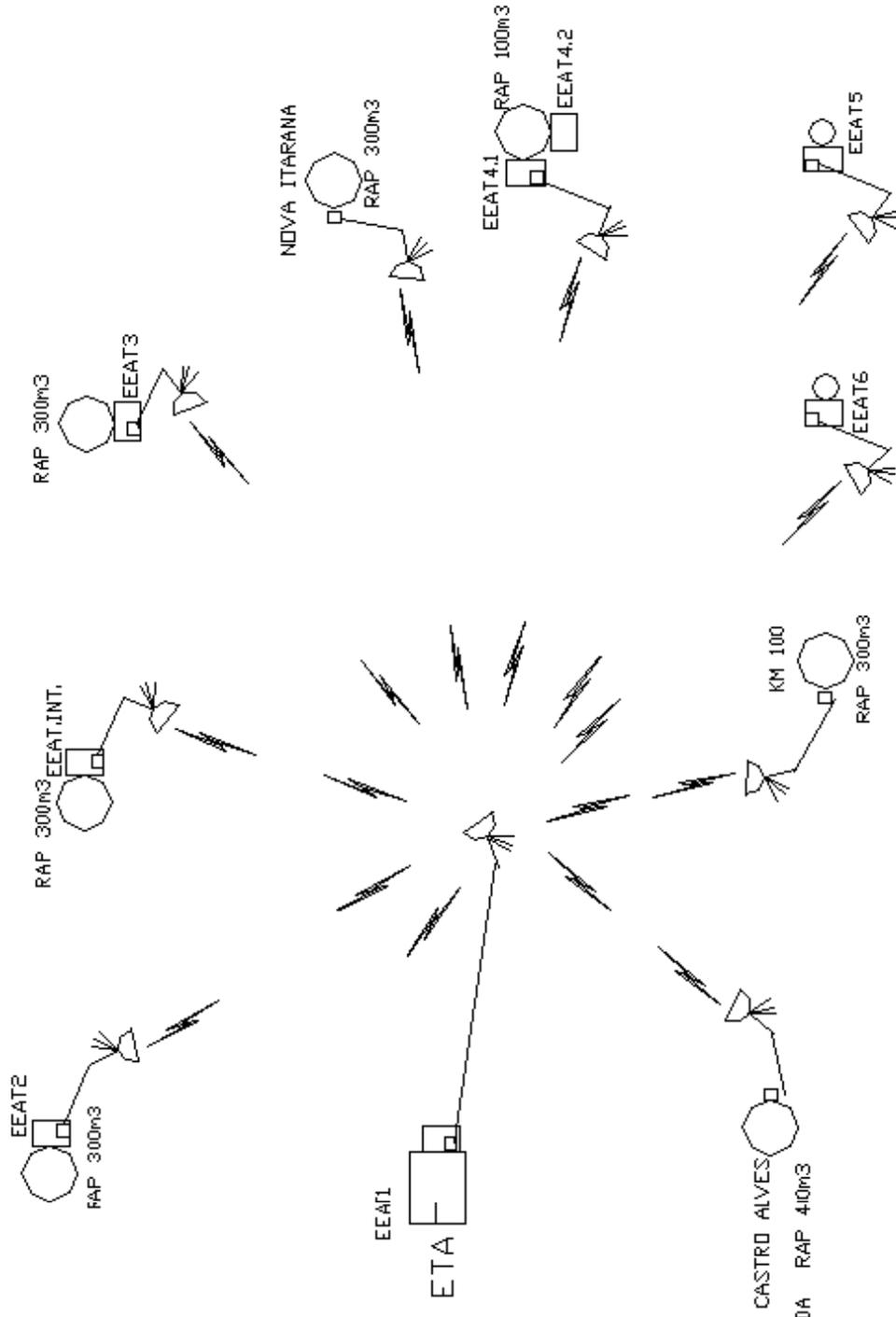
3.3 Descrição das Estações

O Sistema de Automação funcionará com Arquitetura Centralizada, ou seja, o supervisorio entrará em contato com todos os CLP's para acessar e entregar informações.

O Sistema de Automação possuirá 11 estações escravas e o supervisorio, que ficará na Estação de Tratamento de Água, pois é o local onde se produz água, por esta razão fica assistido 24 horas por dia. As estações são as seguintes:

- EEAT1 - Estação Elevatória de Água Tratada 1, que fica na área da Estação de Tratamento de Água, onde ficará o IHM que será a Estação Mestre;
- EEAT2 - Estação Elevatória de Água Tratada 2, que fica na BR 116 próximo a Milagres;
- EEATM - Estação Elevatória de Água Tratada de Milagres; que fica na Zona Média de Milagres
- EEAT3 - Estação Elevatória de Água Tratada 3, que fica na Zona Alta de Milagres;
- EEAT4 - Estação Elevatória de Água Tratada 4, que fica na estrada que leva a Nova Itarana e abastece as localidades de Nova Itarana e Km 100;
- EEAT5 - Estação Elevatória de Água Tratada 5, que fica no caminho da adutora para Km 100;
- EEAT6 - Estação Elevatória de Água Tratada 6, que fica no caminho da adutora para Km 100;
- RAD Castro Alves - Reservatório Apoiado de Distribuição de Castro Alves, que fica na localidade de Castro Alves;
- RAD Nova Itarana - Reservatório Apoiado de Distribuição de Nova Itarana, que fica na localidade de Nova Itarana;
- RAD Km 100 - Reservatório Apoiado de Distribuição de Km 100, que fica na localidade de Km 100.
- Caixa de Passagem, que fica no alto da Serra do Leão e distribui água para os dois lados do Sistema, Milagres e Castro Alves.

O croquis do esquema de comunicação pode ser visto no Desenho 02



- RESERVATÓRIO APOIADO
- ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA RAP 40m3
- CHAMINE DE EQUILÍBRIO
- ⌘ VÁLVULA DE CONTROLE
- CAIXA DE PASSAGEM
- CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL (CLP)



SISTEMA INTEGRADO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
 PARAGUAÇU MILAGRES
 SISTEMA DE COMUNICAÇÃO / FIGURA 02

3.4 Funcionamento do Sistema

O Sistema funcionará em forma de cascata, ou seja:

- O nível de água do reservatório da localidade de KM100 comandará o acionamento das EEAT6, EEAT5 e EEAT4.1 que atende a localidade de KM100;
- O nível do reservatório da localidade de Nova Itarana comandará o acionamento da EEAT4.2 que atende a localidade de Nova Itarana;
- O nível do reservatório da EEAT4 comandará o acionamento da EEAT3;
- O nível do reservatório da EEAT3 comandará o acionamento da EEATM;
- O nível do reservatório da EEATM comandará o acionamento da EEAT2, o fechamento da válvula na Serra do Leão, que esta na linha que abastece o lado de Milagres e a mudança do CMB da EEAT1, ou seja, quando o nível do reservatório da EEATM chegar a seu valor máximo, além de desligar a EEAT2 e fechar válvula que abastece a linha, também irá desligar o CMB de vazão de 360 m³/h e ligado o de vazão de 180 m³/h na EEAT1;
- O nível do reservatório da localidade de Castro Alves comandará o fechamento da válvula na Serra do Leão, que esta na linha que abastece o lado de Castro Alves e da mesma forma que a EEATM trocará os CMB's da EEAT1.

Com exceção das EEAT5, EEAT6 e Caixa de Passagem, todas as Estações possuem reservatório apoiado, sendo que:

- As Estações EEAT1, EEAT2 e EEAT4 utilizam os reservatórios apenas como poço de sucção dos Conjuntos Moto-bomba;
- As Estações RAD Castro Alves, RAD Nova Itarana e RAD Km 100 utilizam os reservatórios apenas como reservatórios de distribuição de água para as localidades onde estão instalados;

- As Estações EEATM e EEAT3 utilizam os reservatórios tanto para a distribuição de água, sendo a EEATM para as Zonas Média e Baixa de Milagres e EEAT3 para a Zona Alta de Milagres, quanto para poço de sucção dos conjuntos Moto-bomba.

A principal função do Sistema de Automação é garantir que os reservatórios não transbordem nem sequem, garantindo um abastecimento contínuo.

O Sistema terá opção de operar no módulo Automático ou no Manual.

Quando operar no módulo de Automático, o acionamento e desligamento dos CMB's das Estações Elevatórias será feito através do CLP que receberá informações, via rádio, do CLP dos reservatórios a jusante, quando os reservatórios alcançarem níveis mínimos acionarão os CMB's, quando alcançarem o nível máximo desligarão. As válvulas da Serra do Leão serão operadas pelos reservatórios de Castro Alves (RAD Castro Alves) e da Estação Elevatória de Milagres (EEATM.).

O operador, devidamente autorizado por senha, poderá intervir no sistema, quando mudar o módulo de operação de Automático para Manual, ligando e desligando EEAT's, bem como abrindo e fechando as válvulas da Serra do Leão.

Especificação de equipamentos por estação

O sistema de automação será composto dos seguintes equipamentos: CLP's com 16 entradas digitais integradas 24 Vdc optocopladas, 16 saídas digitais a relé NA optocopladas, 2 entradas ou saídas analógicas e expansível para 132 E/S; Rádios transmissores com modem e saída RS232; Micro computador com um sistema supervisório; Bóias de nível tipo pêra; Micro interruptores para indicar presença; Micro-relés para ligar/desligar os CMB; Hidro sensor.

Os equipamentos serão distribuídos da seguinte forma:

Estação	CLP	Rádio	M.Comp.	Bóia	M. inter.	M. relés	Hidro S.
EEAT1	1	1	1	6	1	3	0
Caixa P.	1	1	0	0	1	2	0
EEAT2	1	1	0	6	1	2	0
EEATM	1	1	0	6	1	2	0
EEAT3	1	1	0	6	1	2	0
EEAT4	1	1	0	6	1	4	0

EEAT5	1	1	0	0	1	2	2
EEAT6	1	1	0	0	1	2	2
RAD Km100	1	1	0	6	1	0	0
RAD N.I.	1	1	0	6	1	0	0
RAD C.A.	1	1	0	6	1	0	0

Além desses equipamentos a estação Caixa de Passagem necessitará de um sistema de células foto elétricas para gerar energia, pois nesta estação não existe energia elétrica disponível, baterias para armazenar energia e 02 válvulas de controle com acionamento por solenóide.

3.4.1 Controlador Lógico Programável (CLP)

Como foi descrito anteriormente, todas as estações possuirão CLP que captarão as informações de nível de reservatório e status dos conjuntos moto-bomba quando existir, e no caso da Estação da Caixa de Passagem, o status das válvulas, se fechadas ou abertas. Os CLPs comandarão os CMB's e as solenóides das válvulas da caixa de passagem mediante informações fornecidas pelas estações de jusante.

Os CLP's utilizarão como protocolo de comunicação o modbus. O modbus utiliza o RS-232, RS-485 ou Ethernet de controle de acesso é mestre-escravo. A estação mestre (geralmente um CLP) envia mensagens solicita dos escravos que enviem os dados lidos pela instrumentação ou envia sinais a serem escritos nas saídas para o controle dos atuadores. O protocolo possui comandos para envio de dados discretos (entradas e saídas digitais) ou numéricos (entradas e saídas analógicas).

Os CLPs terão programação LADDER utilizando entradas, saídas e bobinas virtuais.

Para monitorar o nível nos reservatórios optou-se por utilizar o método BARGRAPH, instalando 6 bóias de nível inferior nas cotas 0,5m, 1,0m, 1,5m, 2,0m, 2,5m e 3,0m, uma vez que não é necessário precisão na medição.

A ligação entre o PLC e modem do rádio transmissor e entre o PLC e o micro computador que abrigará o supervisor na EEAT1 será feito através de portas

seriais RS232-C. Este padrão foi escolhido pois serão transmitidos pequenos blocos de informações, por ser uma comunicação Serial Assíncrona.

Os programas em *Ladder* feitos para este experimento estão apresentados em forma de figuras no capítulo 7.

3.4.2 Rádio

Serão utilizados rádios convencionais de voz, operando em conjunto com modems capazes de transmitir dados a uma taxa de 1.200bps, sendo indicado para controle em sistemas que não necessitem de um fluxo de informações muito alto.

Vantagens:

- Links de longa distância, superior a 40 Km;
- Porta de comunicação RS232 podendo acoplar a equipamentos de baixo custo;
- Possibilidade de aplicações móveis

Desvantagens:

- Necessita de licença da Anatel;
- Baixa taxa de transmissão de dados;
- Infraestrutura com custo considerável para longas distâncias.

3.4.3 Software de Supervisão e Controle

Para que o operador da ETA possa saber como o Sistema está operando e se necessário for ligar e desligar conjuntos moto-bomba, o sistema de automação terá um sistema supervísório composto de 12 telas, sendo 11 das Estações de Automação e uma tela do Sistema completo.

Nas telas onde aparecerão os reservatórios, os desenhos dos reservatórios serão seis retângulos empilhados uns sobre os outros. Cada retângulo estará vinculado a um nível de um reservatório, os mesmos terão duas cores, amarelo para indicar que o nível do reservatório está vazio e azul para indicar que está cheio.

Os conjuntos moto-bomba serão representados por desenhos, que quando estiverem vermelhos indicarão que o CMB está parado quando verde indicará funcionando.

A finalidade do Sistema é que o mesmo opere automaticamente, sem a intervenção do operador, mas se o mesmo, por qualquer razão quiser intervir ligando ou desligando um CMB, ele poderá fazer.

O Supervisório avisará quando um CMB entrar ou sair de operação, avisará também a presença de pessoas nas Estações, quando ocorrer.

- Espaçamento entre canais 12,5 / 20 / 25 KHz;
- Potência de 1 a 25 W.

O Modem que transforma os sinais digitais em sinais de voz para serem transmitidos possui as seguintes características:

- Taxa de Transferência 1.200bps
- Velocidade de Porta 1.200bps à 9.600bps
- Taxa de erro (-110 dbm) 1×10^{-6}
- Controle de Fluxo Nenhum
- Paridade Sem Paridade
- Buffer de Entrada 1.500 bytes
- Delay 250 ms
- Unidade por rede (diagnóstico) 99 unidades
- Padrão RS232-C
- Tipo de Modulação FSK
- Frequência de tons 1.200/2.200Hz

4.1.2 – Controlador Lógico Programável

O CLP a ser utilizado será um TWIDO TWDLCAA10DRF, da Telemecanique com as seguintes características:

- Entradas 6 digitais
- Saídas 4 a relê
- Corrente máxima de saída 2 A
- Contadores de alta velocidade (2 fases) 1 x 20 kHz

- Contadores de alta velocidade (1 fase) 2 x 5 kHz
- Saídas pulsadas Não Possui
- Potenciômetro analógico 1
- Relógio tempo real Opcional – possui
- Slots livres para memória ou relógio 1
- Porta incorporada Sim
- Porta 2 (opcional) Não
- Máximo Twidos remotos 7
- Memória de Programação 8 KB
- Memória de Backup 32 K
- Bits Internos 128 bits
- Words Internas 1500 words
- Temporizadores 64
- Contadores 32
- Proteção na aplicação Sim

4.1.3 – Software de Supervisão e Controle (IHM)

O IHM a ser utilizado será um ELIPSE SCADA, da Elipse Software com as seguintes características:

- Comunicação com equipamentos via drivers (DLLs).
- Objetos de Tela.
- Visualização de alarmes ativos.
- Comunicação em bloco.

- Scripts.
- Servidor e cliente DDE.
- Servidor de rede Elipse.
- Controle de acesso através de lista de usuários.
- Históricos, receitas e relatórios.
- Controle Estatístico de Processos (Módulo CEP).
- Objetos de tela Browser (históricos) e alarmes históricos.
- Registro de alarmes em disco.

4.2 – Programação dos Equipamentos

O PLC TWIDO usa como comando de entrada “%I N1.N2” onde N1 é o endereço onde esta o cartão de entrada, no caso será sempre zero, N2 é o número da entrada do cartão, que neste caso possui apenas 6 estradas, de 0 a 5. Como comando de saída “%Q N1.N2” onde N1 e N2 são similares as entradas, e os PLCs disponíveis possuem apenas 4 saídas, 0 a 3. Como comando de bobina virtual “MW N1:YN2” onde N1 representa o endereço de entrada, e o N2 o número da bobina. N1 varia de 0 a 16 e N2 de 0 a 128.

Para que haja comunicação entre PLCs, é necessário que cada PLC tenha um endereço diferente na rede, este endereço variará de 1 a 11 pois é o número de PLC´s da rede. Sendo estes os endereços:

RAD Km 100 = 1;

RAD Nova Itarana = 2;

RAD Castro Alves = 3;

EEAT2 = 4;

EEAT Milagres = 5;

EEAT3 = 6;

EEAT4 = 7;

EEAT5 = 8;

EEAT6 = 9;

Caixa de Passagem = 10.

EEAT1 = 11;

As bobinas virtuais, que indicarão os níveis dos reservatórios nas estações terão como endereço de entrada, o mesmo número que o endereço do PLC na rede e o número da bobina variará de 0 a 5 sendo 0 para altura de 0,5 metros e 5 para altura de 3,0 metros. Outras grandezas não poderão ser monitoradas na simulação.

Para que os CLPs comuniquem com o IHM, é necessário informar os parâmetros do rádio que será usado para a comunicação, para tanto deve-se acessar, no programa do CLP, o Hardware – Port1 e configura-lo com os parâmetros do rádio:

Protocol		
Type:	Tipo de comunicação	Modbus
Address:	Endereço do CLP na rede	1 para KM100, 2 para Nova Itarana e etc.
Parameters		
Bau drate:	Velocidade de transmissão	1.200
Data Bits:		8 RTU
Parity:	Paridade	None
Stop Bits:		None
Response Time Out:	Velocidade de resposta	10 x 100ms
Inter-frame delay:		29 ms

As informações preenchidas na sub-tela Parameters são os parâmetros do modem.

O Programa Elipse possuirá 12 telas, sendo 11 as estações com PLC e uma a tela geral do Sistema.

Nas telas das estações, os reservatórios serão representados por seis retângulos dispostos uns sobre os outros simbolizando os seis níveis do reservatório e quando houver conjunto moto-bomba será desenhado.

A tela da Caixa de Passagem mostrará a caixa de passagem e as válvulas de controle.

Na subtela Parâmetros os campos P1, P2, P3 e P4 significam e devem ser preenchidos com os seguinte números:

P1 -> = 0

P2 → = 30

P3 → Velocidade de transmissão de dados (1.200 bps) = 18

P4 → Freqüência de transmissão = 2.000(a cada 2 segundos será feita nova transmissão).

Nos quadros a baixo, apenas o quadro Retentar comunicações falhadas deve ser marcado e o N. de Tent. = 3, com isto serão feitas 3 tentativas no caso de falha na comunicação.

Criação de TAGs

N1 → Número do PLC na REDE, o primeiro valor é 1. Para a experiência foi utilizado o Número 1 para a estação RAP KM100, 2 para RAP Nova Itarana e assim adiante.

N2 → = 1

N3 → = 0

N4 → Primeiro número do BIT virtual que se comunicará, o primeiro valor é 0. A estação RAP KM100 utilizou o BIT 1 para se comunicar, a estação RAP Nova Itarana utilizou o BIT 2 e assim por diante.

Uma vez informados os parâmetros N1, N2, N3 e N4, deve-se acessar a tela “acessar Bits” e marcar quantos Bits for necessário.

Utilizando esta forma, utilizando apenas um TAG e diversos Bits, a comunicação se dá de uma vez só, a cada comunicação todos os Bits do TAG são informados, se fossem diversos TAG´s deveria ser feita uma comunicação para cada TAG.

Uma vez criados os Bits, deve ser dado nome a cada Bit. O número escolhido do Bit é o mesmo do segundo número do Bit Virtual do PLC.

Seguindo esses passos, todas as informações dos PLC´s serão lidas pelo Elipse.

Para escrever nos PLC´s – Mandar comandos para os PLC´s.

A atual experiência conta com 3 PLC´s TWIDO com apenas uma entrada cada, por esta razão e por estarmos trabalhando com porta RS232 para comunicação e interface Mudbus, estaremos utilizando o Elipse como Mestre e os PLC´s como escravos, na prática é necessário se Ter um PLC com duas entradas para ser o Mestre, no caso de utilizar porta RS232 para comunicação, uma entrada para se comunicar com os PLC´s escravos e outra para se comunicar com o Elipse.

Para escrever os comandos nos PLC´s foi criado um segundo TAG tipo PLC em cada grupo de TAG de estação que receberá o comando, e o mesmo recebeu o valor de N4 igual ao valor N4 da estação que esta enviando, foram criados os Bits referentes aos comandos e dados nomes a eles. Neste TAG tipo PLC devem ser desativados os comandos "Habilita leitura pelo scan" e "Habilita leitura automática" para que a comunicação seja mais rápida, uma vez que esses tags não disponibilizara informações.

No TAG que será enviado a outra estação, foi acessada a folha Scripts, clicado em Novo Scripts disponíveis, escolhido “OnValueChanged” e nele escrito a ordem de igualar o valor do atual bit ao bit da estação que se deseja escrever.

O programa deseja criar a alternativa de ligar e desligar os CMB’s pela tela, e que este comando só seja habilitado por pessoas autorizadas. Para tanto foi criado em cada tela um comando Automático/manual, o Sistema funcionará automaticamente, e quando se quiser intervir, se acionará o botão Automático/manual para que o comando de ligar e desligar os CMB’s seja acessível.

Acessando o botão Automático/manual, abrirá uma tela, no arquivo Scripts, deve-se clicar em um novo Scripts Disponível, escolher OnPress, e neste script escrever que o botão que liga e desliga o CMB estará habilitado (Telas.EEATM.Botão4.enabled = 1). Novamente deve ser escolhido um novo Scripts Disponível, desta vez o OnRelease, e escrito que o botão que liga e desliga o CMB estará desabilitado (Telas.EEATM.Botão4.enabled = 0).

Para ligar e desligar os CMB’s a distância, foram criados dois Bits virtuais para cada CMB. Para realizar esta tarefa, no botão que liga/desliga o CMB foi feita a seguinte operação: acessada a folha Scripts, clicado em Novo Scripts disponível, escolhido “OnPress” e escrito nele os seguintes comandos:

Tags.EEATM.EEATM.LB1 = 1

Tags.EEATM.EEATM.DB1 = 0

E escolhido novo Scripts “OnRelease” e feito o comando invertido, ou seja:

Tags.EEATM.EEATM.LB1 = 0

Tags.EEATM.EEATM.DB1 = 1.

Os mesmos endereços virtuais servirão para ligar e desligar os CMB’s, ou seja, o CMB da EEAT6 ligará quando os níveis de 0,5 e 3,0 metros do reservatório da Estação Km100 estiverem desativados e desligará quando o nível de 3 metros estiver ativado, logo essas duas informações, “%MW1,X0 e %MW1,X5” deverão ser escritas no PLC da EEAT6.

4.3 – Testes de Bancada

Conforme foi descrito acima, por limitação de número de rádios, o teste de bancada será feito em partes.

Primeiro Teste.

O primeiro PLC esta com o programa do RAD KM 100, o segundo com o programa da EEAT6 e o terceiro com o programa da EEAT5. É simulado o esvaziamento e enchimento do reservatório do KM 100, quando o RAD chegar no nível mais baixo as EEAT6 e EEAT5 começam a funcionar e quando o RAD chega no nível mais alto as duas estações desligam. É testado também o acionamento manual. Além dos níveis do RAD KM 100, as chaminés de equilíbrio das duas estações indicam a presença de água.

O programa respondeu como esperado.

Segundo Teste.

O primeiro PLC esta com o programa do RAD KM 100, o segundo com o programa do RAD Nova Itarana e o terceiro com o programa da EEAT4. São simulados o esvaziamento e enchimento dos reservatórios do KM 100 e de Nova Itarana, quando os RADs chegam aos níveis mais baixos os CMBs respectivos da EEAT4 começam a funcionar e quando os RADs chegam aos nível mais altos os CMBs respectivos da EEAT4 desligam. É testado também o acionamento manual. Os níveis dos três reservatórios indicam a presença de água.

O programa respondeu como esperado.

Terceiro Teste.

O primeiro PLC esta com o programa da EEAT4, o segundo com o programa da EEAT3 e o terceiro com o programa da EEATM. São simulados o esvaziamento e enchimento dos reservatórios da EEAT4 e da EEAT3, quando o RAD da EEAT4 chegar no nível mais baixos o CMB da EEAT3 começa a funcionar e quando o RAD chegar ao nível mais alto o CMB desliga. Da mesma forma, quando varia os níveis da EEAT3 a EEATM apresenta o mesmo comportamento. É testado também o acionamento manual. Os níveis dos três reservatórios indicam a presença de água.

O programa respondeu como esperado.

Quarto Teste.

O primeiro PLC esta com o programa da EEATM, o segundo com o programa da EEAT2 e o terceiro com o programa da Caixa de Passagem. É simulado o esvaziamento e enchimento do reservatório da EEATM, quando o RAD da EEAT2 chega no nível mais baixo o CMB da EEAT2 começa a funcionar e quando o RAD chega aos nível mais alto o CMB desliga e a válvula da Caixa de Passagem que abastece “o lado de Milagres” fecha. É testado também o acionamento manual. Os níveis dos dois reservatórios indicam a presença de água, bem como a caixa de passagem.

O programa respondeu como esperado.

Quinto Teste

O quinto teste é idêntico ao quarto sendo que o segundo CLP está com o programa da EEAT1, e a resposta que ele da é que quando RAD da EEATM enche, o CMB1 desliga e o CMB2 liga. É testado também o acionamento manual. Os níveis dos dois reservatórios indicam a presença de água, bem como a caixa de passagem.

O programa respondeu como esperado.

Sexto Teste

O sexto teste é idêntico ao quinto sendo que o primeiro CLP está com o programa do RAD de Castro Alves, e a resposta que ele da é que quando RAD da EEATM encher, o CMB1 desliga e o CMB2 liga. É testado também o acionamento manual. Os níveis dos dois reservatórios indicam a presença de água, bem como a caixa de passagem.

O programa respondeu como esperado.

5. Conclusões

O sistema proposto de automação funciona como definido, controlando o funcionamento dos CMB's conforme o nível dos reservatórios de jusante. A montagem deste sistema não requer uma grande especialização podendo ser feita por eletricitistas com um mínimo de conhecimento de automação.

O Sistema de automação como um todo, os rádios, os CLP's e o sistema supervisorio estão sendo sub-utilizados podendo informar e atuar muito mais do que esta sendo programado.

5.1 Relação Custo x Benefício

O custo estimado para a instalação de cada estação é de aproximadamente cinco mil dólares.

Os benefícios mais relevantes são:

- A oferta de água conforma a demanda
- A eliminação de perdas por extravasamento nos reservatórios
- A diminuição de visitas as estações elevatórias.

6. Perspectivas

Um conjunto moto-bomba, quando instalado em uma estação elevatória é acompanhado de um quadro de comando que possui as seguintes proteções: Relé de falta de fase, Relé de mínima corrente, Relé de nível de reservatório, Programador Horário, Horímetro além de TC's para instrumentos de medição.

Depois que a equipe de manutenção da Unidade de Negócio colocar para funcionar o sistema de automação como projetado e tiver pleno domínio do sistema ela poderá fazer alterações nos PLC's para que os mesmos substituam as proteções dos quadros de comando.

Outra função muito importante que deverá ser feita pelo sistema de automação é a transmissão da informação da vazão de cada unidade para o sistema supervisorio, para que o mesmo faça totalização de vazões e indique o volume diário consumido em cada unidade. Da mesma forma que as proteções dos quadros de comando, a transmissão desta informação deverá ser incorporada ao sistema de automação depois que o sistema proposto estiver funcionando e a equipe de manutenção tenha domínio do sistema.

Os PLC's foram dimensionados com folgas de entradas e saídas bem como com entradas analógicas para que os mesmos possam comportar as utilizações citadas bem como outras utilizações não vislumbradas até o momento.

7. Tabelas

A seguir são apresentadas as tabelas de:

- Entradas dos PLCs;
- Saídas dos PLCs;
- Bobinas Virtuais dos PLCs;
- Números dos TAGs do Supervisório.

Entradas

Estação	Nív. 0,5	Nív. 1,0	Nív. 1,5	Nív. 2,0	Nív. 2,5	Nív. 3,0
RAD Km100	0/0	0/1	0/2	0/3	0/4	0/5
RAD N. Itar.	0/0	0/1	0/2	0/3	0/4	0/5
RAD C. Alves	0/0	0/1	0/2	0/3	0/4	0/5
EEAT2	0/0	0/1	0/2	0/3	0/4	0/5
EEAT MIL.	0/0	0/1	0/2	0/3	0/4	0/5
EEAT3	0/0	0/1	0/2	0/3	0/4	0/5
EEAT4	0/0	0/1	0/2	0/3	0/4	0/5
EEAT5	0/0*					
EEAT6	0/0*					
C. PASS.						
EEAT1	0/0	0/1	0/2	0/3	0/4	0/5

(*) Indicador de presença de água na chaminé de equilíbrio

Saídas

Estação	Bomba 1	Bomba 2	Bomba 3	Bomba 4
RAD Km100				
RAD N. Itar.				
RAD C. Alves				
EEAT2	0/0	0/1		
EEAT MIL.	0/0	0/1		
EEAT3	0/0	0/1		
EEAT4	0/0	0/1	0/2	0/3
EEAT5	0/0	0/1		
EEAT6	0/0	0/1		
C. PASS.	0/0*	0/1*		
EEAT1	0/0	0/1	0/2	

(*) Indicador de válvula solenóide atuando

Bobina Interna (%MWN1.XN2) (N1/N2)

Estação	N. 0,5	N. 1,0	N. 1,5	N. 2,0	N. 2,5	N. 3,0	B. 1	B. 2	B. 3	B.4
RAD Km100	1/0	1/1	1/2	1/3	1/4	1/5				
RAD N. Itar.	2/0	2/1	2/2	2/3	2/4	2/5				
RAD C. Alves	3/0	3/1	3/2	3/3	3/4	3/5				
EEAT2	4/0	4/1	4/2	4/3	4/4	4/5	4/6	4/7		
EEAT MIL.	5/0	5/1	5/2	5/3	5/4	5/5	5/6	5/7		
EEAT3	6/0	6/1	6/2	6/3	6/4	6/5	6/6	6/7		
EEAT4	7/0	7/1	7/2	7/3	7/4	7/5	7/6	7/7	7/8	7/9
EEAT5	8/0*						8/7	8/8		
EEAT6	9/0*						9/7	9/8		
C. PASS.	10/0*	10/1**	10/2**							
EEAT1	11/0	11/1	11/2	11/3	11/4	11/5				

(*) Informação de presença de água

(**) Informação de status da válvula

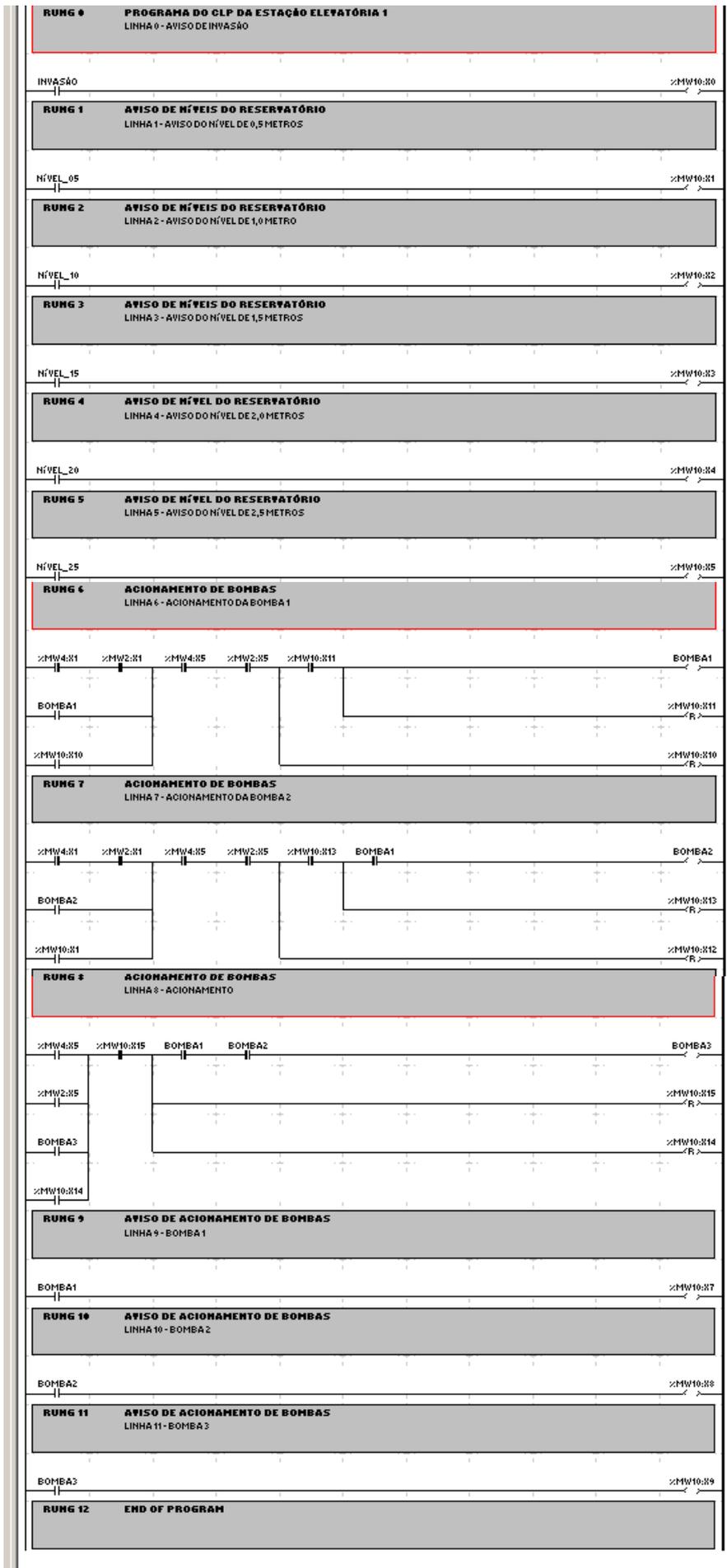
Bobinas dos Tag (Elipse)

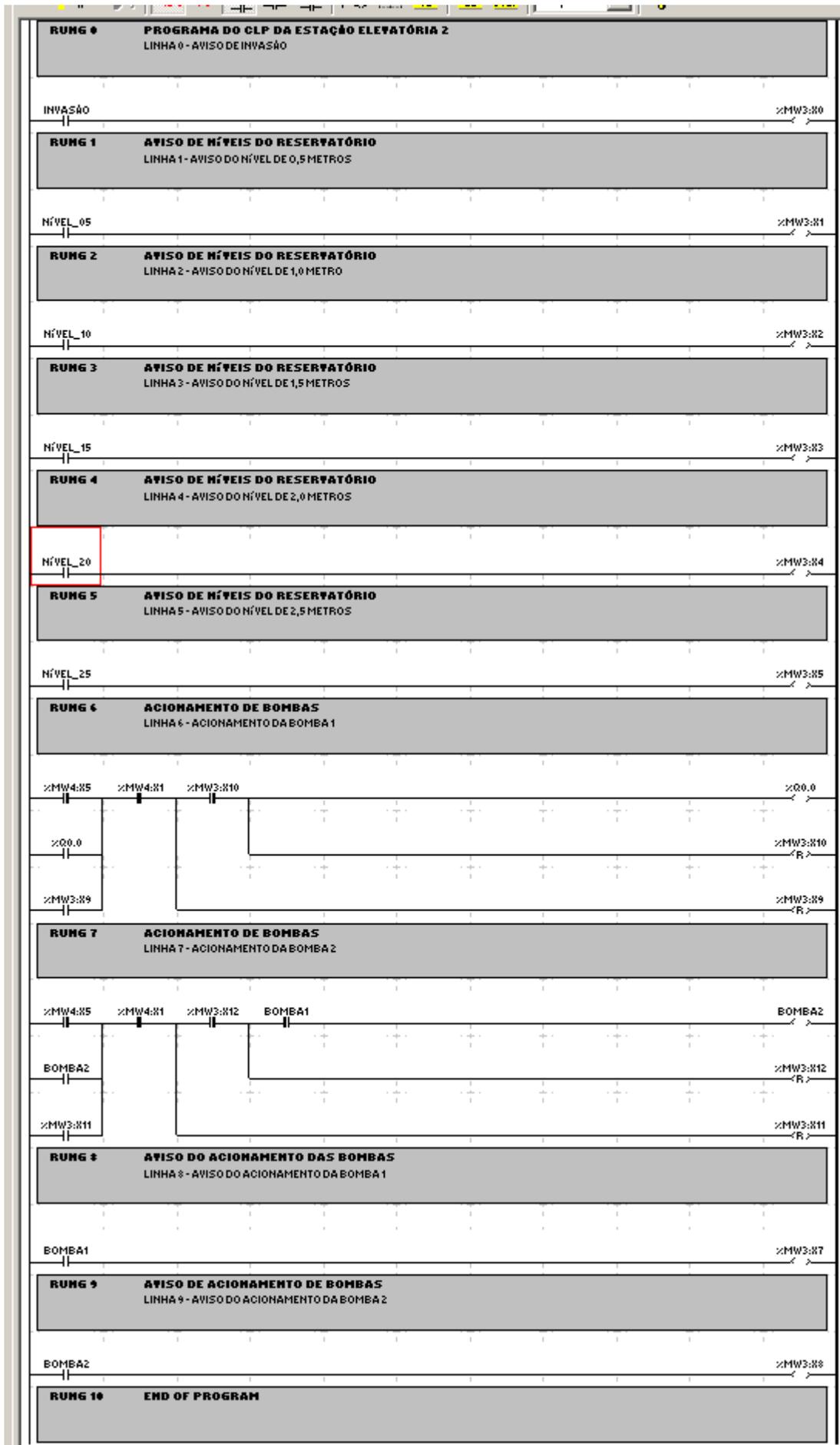
Estação	N. 0,5	N. 1,0	N. 1,5	N. 2,0	N. 2,5	N. 3,0	B. 1	B. 2	B. 3	B.4
RAD Km100	0	1	2	3	4	5				
RAD N. Itar.	0	1	2	3	4	5				
RAD C. Alves	0	1	2	3	4	5				
EEAT2	0	1	2	3	4	5	6	7		
EEAT MIL.	0	1	2	3	4	5	6	7		
EEAT3	0	1	2	3	4	5	6	7		
EEAT4	0	1	2	3	4	5	6	7		
EEAT5	0*						1	2		
EEAT6	0*						1	2		
C. PASS.	0*	1**	2**							
EEAT1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	

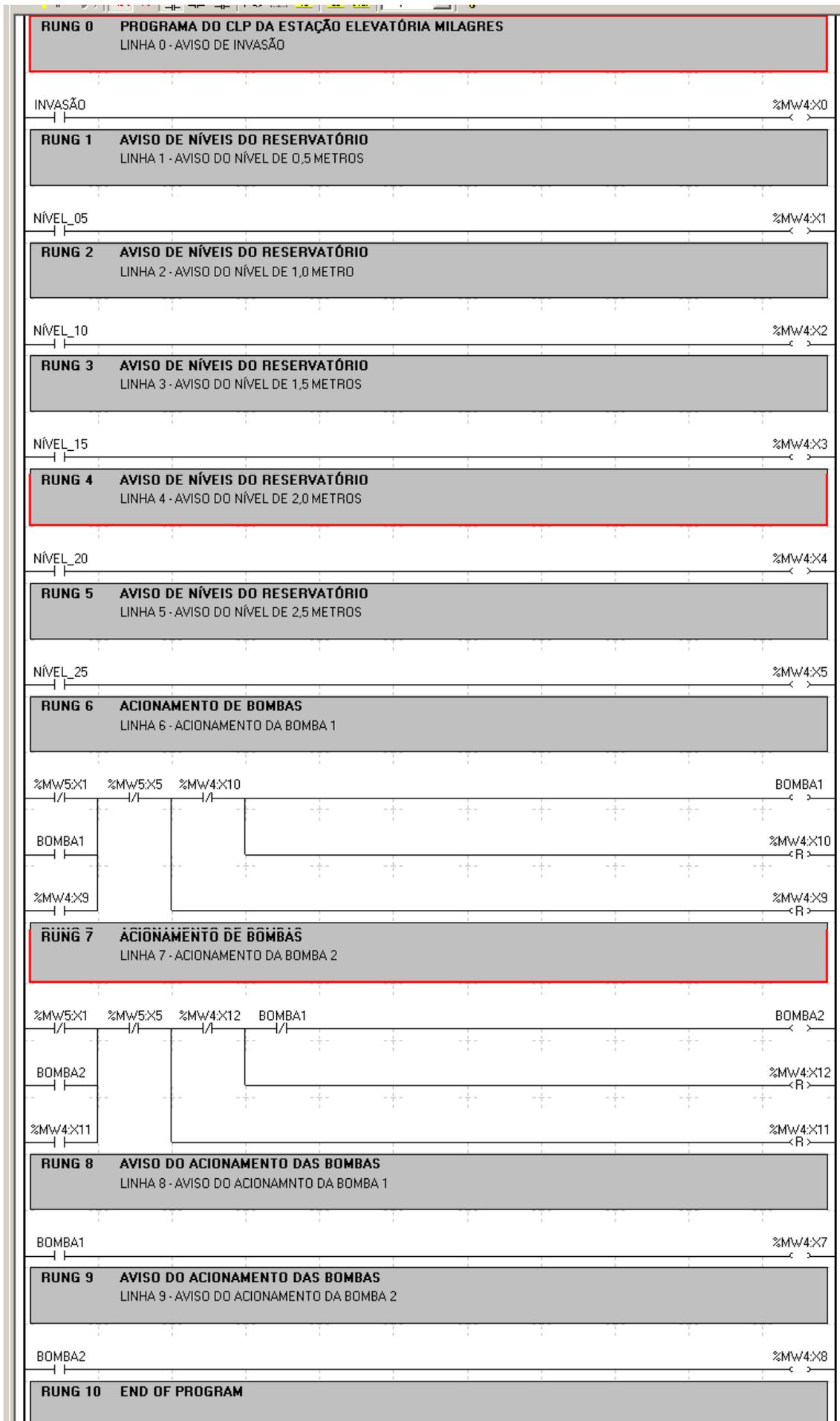
(*) Informação de presença de água

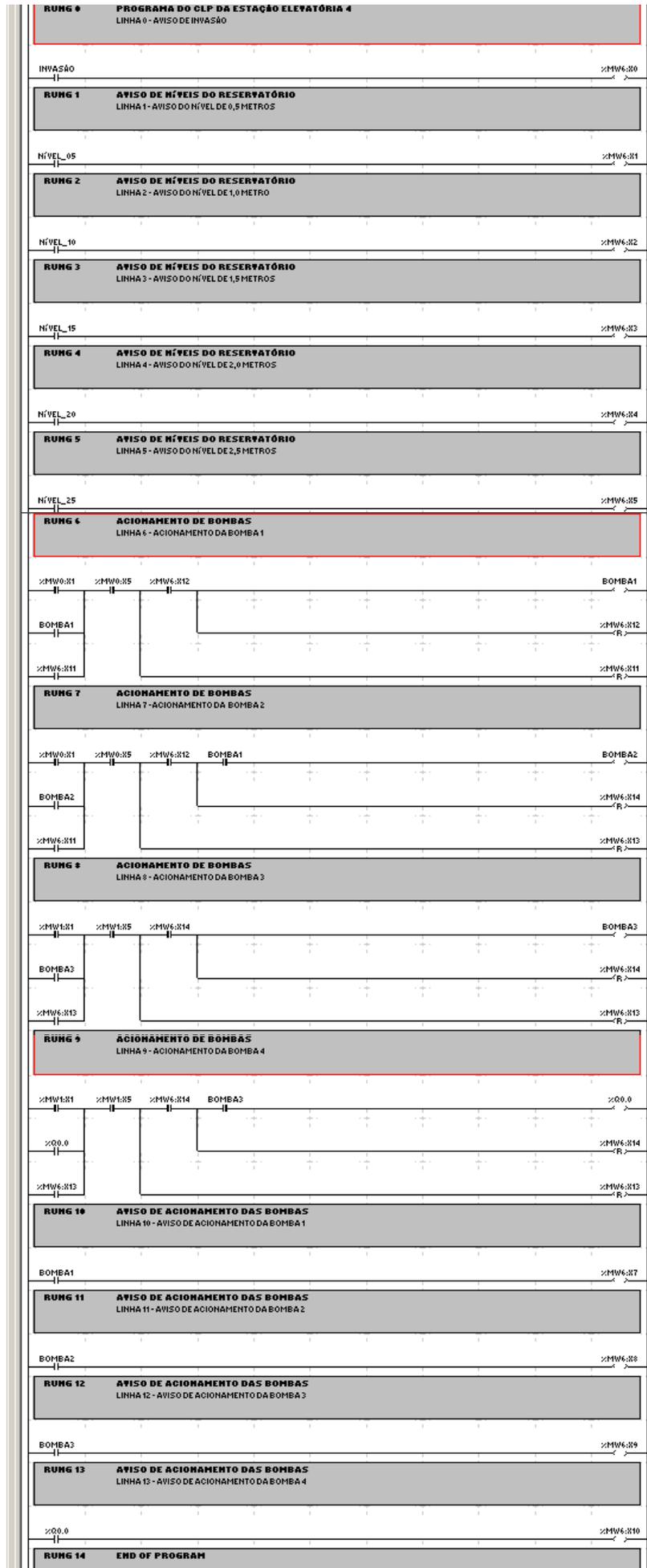
(**) Informação de status das válvulas

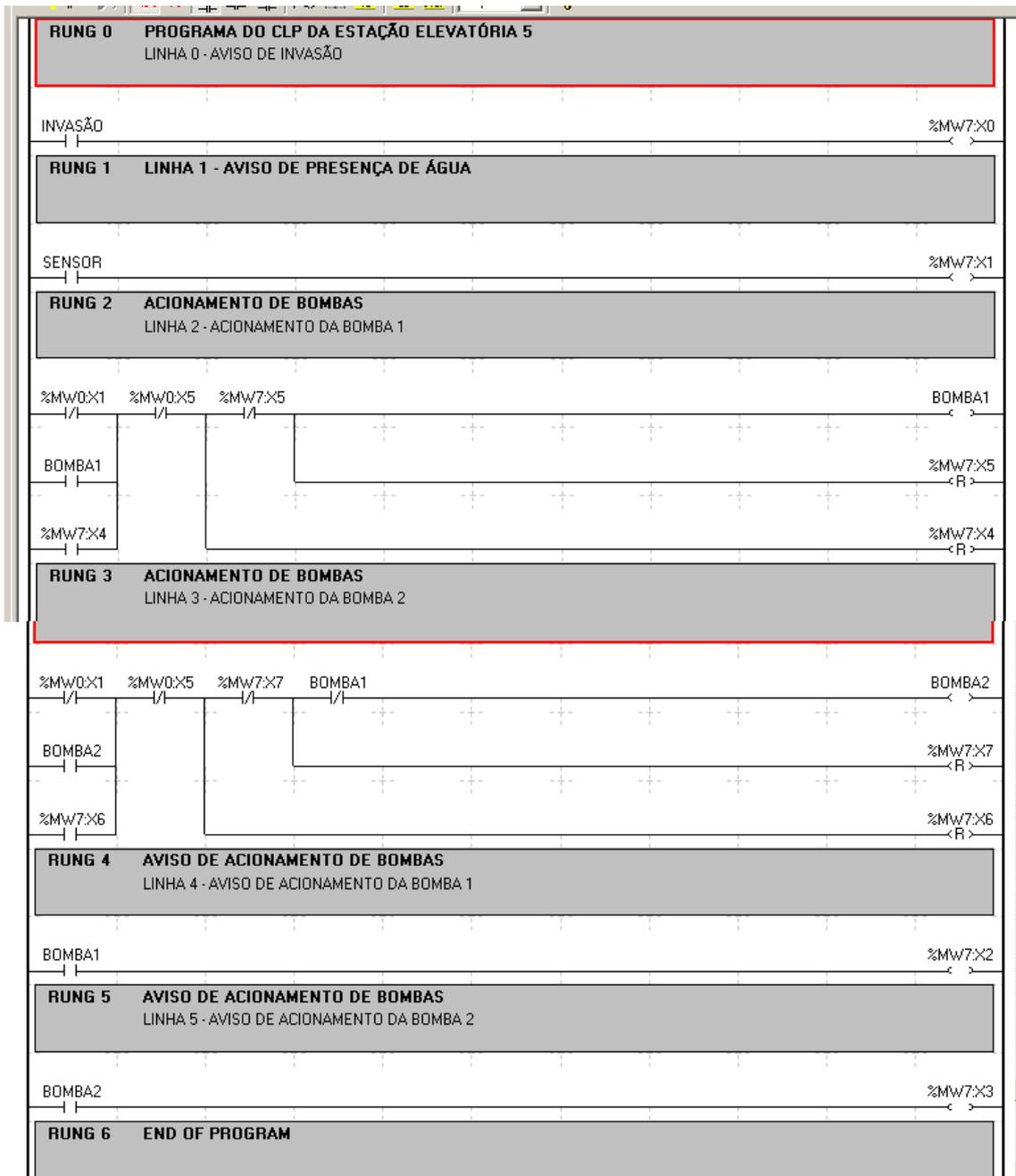
8. Programas dos CLP's

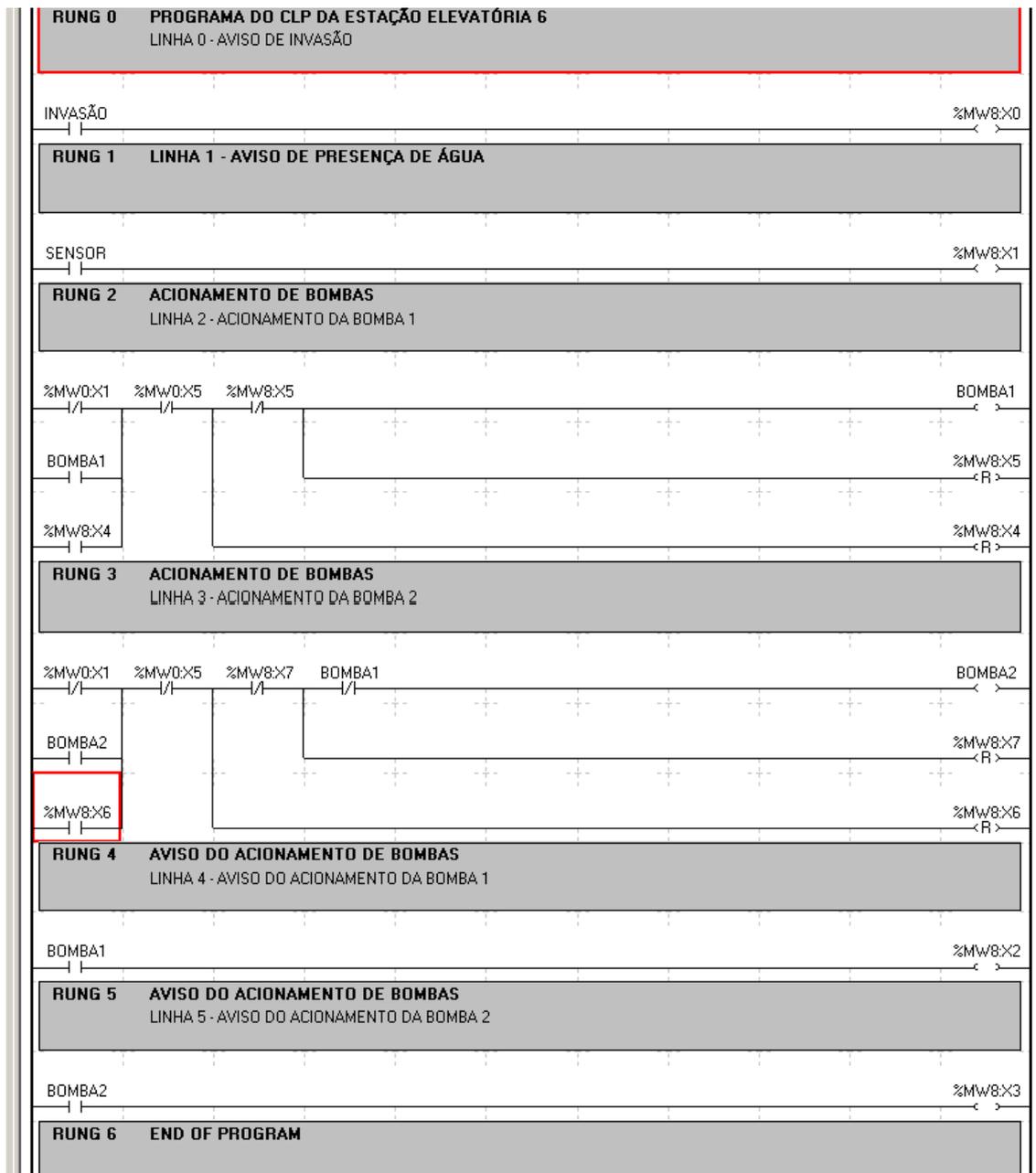


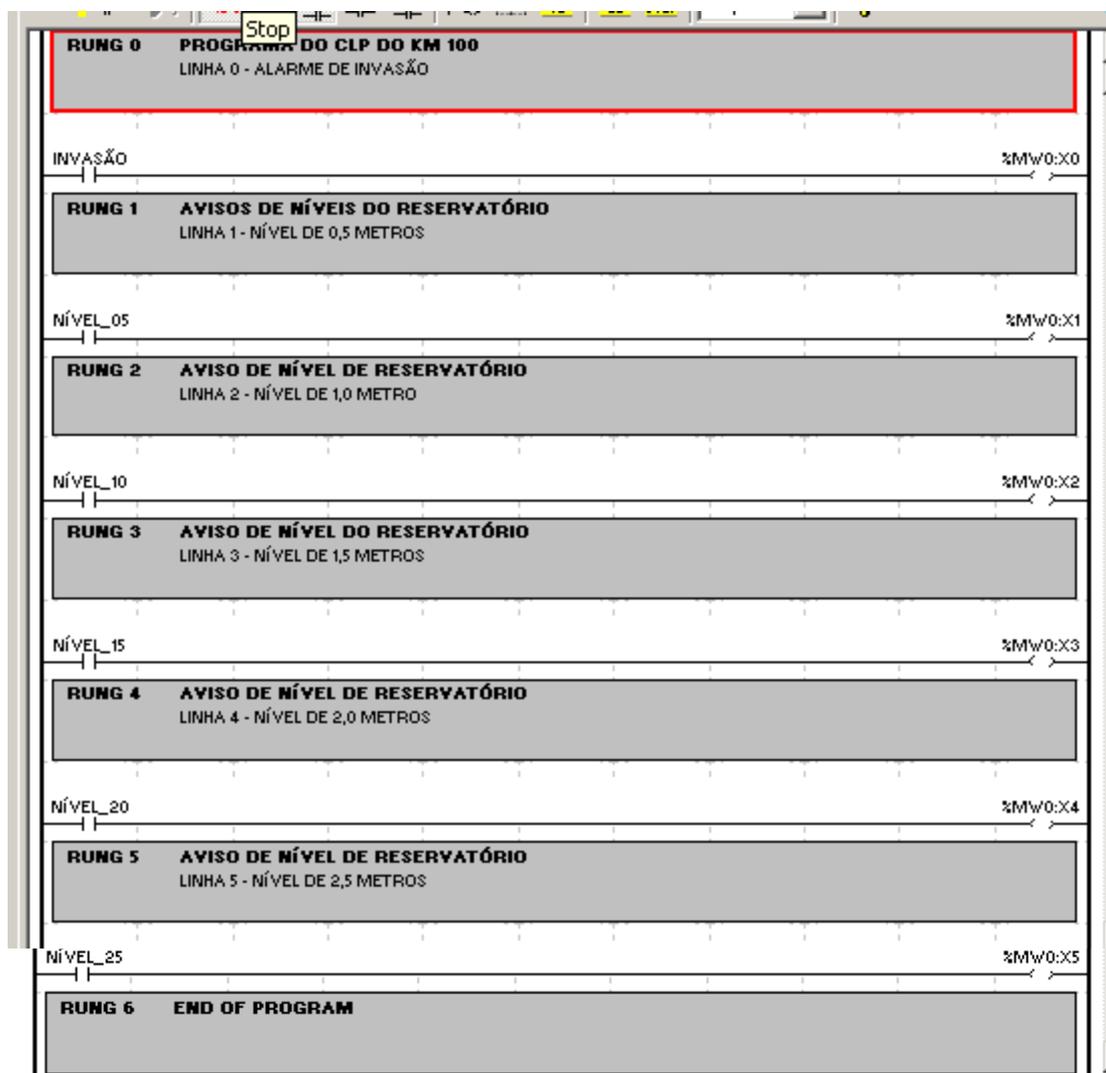


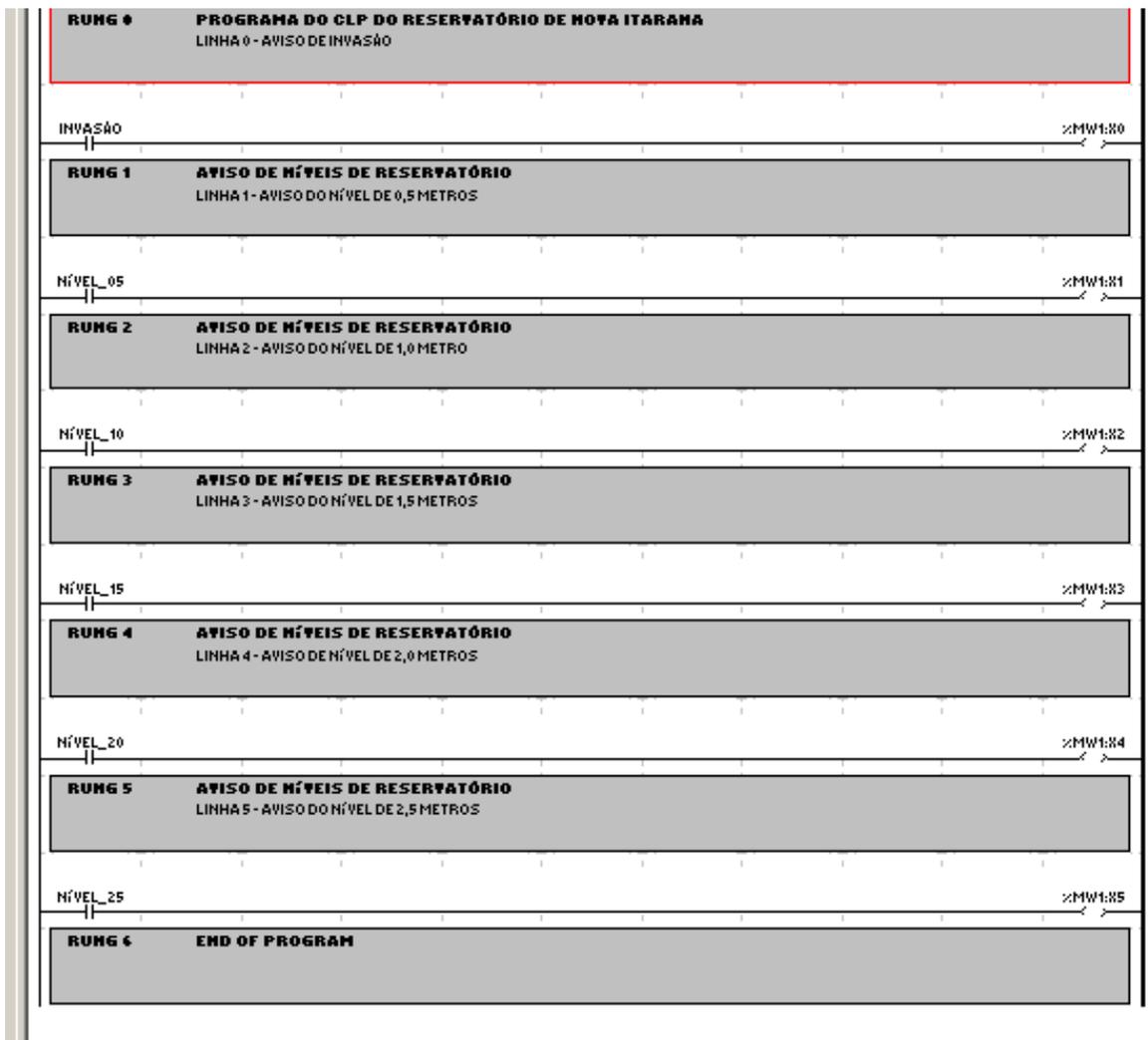


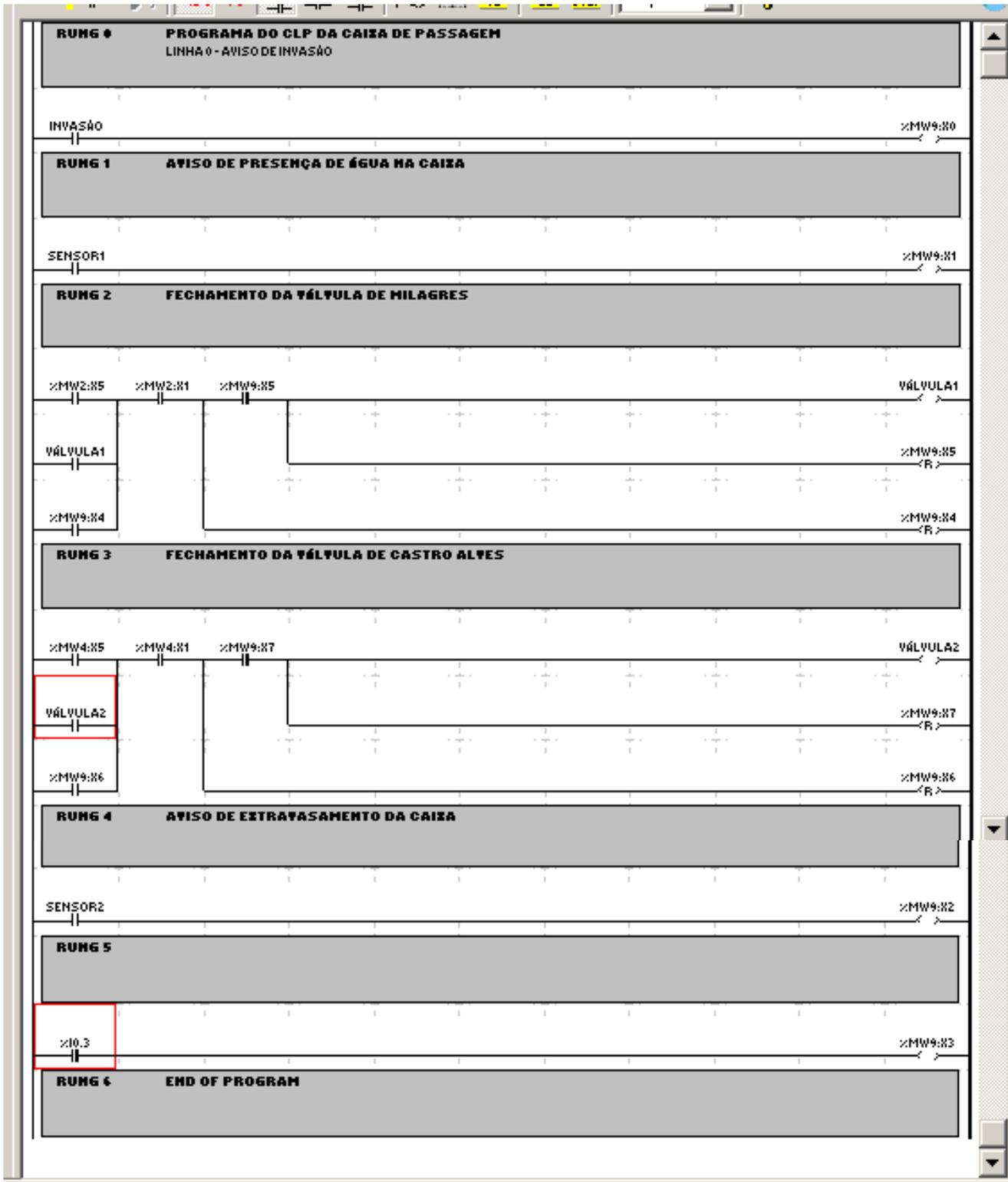












9. Glossário

CMB	Conjunto Moto-Bomba
ETA	Estação de Tratamento de Água
EEAT1	Estação Elevatória de Água Tratada 1
EEAT2	Estação Elevatória de Água Tratada 2
EEAT3	Estação Elevatória de Água Tratada 3
EEAT4	Estação Elevatória de Água Tratada 4
EEAT5	Estação Elevatória de Água Tratada 5
EEAT6	Estação Elevatória de Água Tratada 6
EEATM.	Estação Elevatória de Água Tratada Milagres
SIAA	Sistema Integrado de Abastecimento de Água

10. Referências Bibliográficas

1. TSUTIYA, Milton Tomoyuki **Abastecimento de Água**, 1ª edição, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2.004.
2. MORAES, Cícero Couto e CASTRUCCI, Plínio de Lauro **Engenharia de Automação Industrial**, LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., Rio de Janeiro, 2.001.
3. TANENBAUM, Andrew S. **Redes de Computadores**, 4ª ed., Editora Campus, Rio de Janeiro, 2.003.
4. Fonseca, Tahiana Vieira, **Tecnologia Wireless em Ambientes Industriais Automatizados**, Trabalho apresentado à Universidade Salvador como requisito parcial para a conclusão do Curso de Engenharia Elétrica. Orientador: Prof. Willian Ferreira Giozza, Salvador BA, novembro 2.005.
5. Wikipédia, Enciclopédia Livre da Internet, **Modbus**. Disponível em :<pt. Wikipédia.org/wiki/modbus>. Acesso em 18 de dezembro 2.005.
6. Wikipédia, Enciclopédia Livre da Internet, **Ethernet**. Disponível em : <pt. Wikipédia.org/wiki/ethernet>. Acesso em 18 de dezembro 2.005.
7. Wikipédia, Enciclopédia Livre da Internet, **RS-232**. Disponível em: <pt. Wikipédia.org/wiki/rs-232>. Acesso em 18 de dezembro 2.005.
8. **O QUE É RÁDIO**. Disponível em: < www.aminharadio.com/radio_q.html>. Acesso em 10 de outubro de 2.005.
9. Comunicação Serial – Apostila adaptada a partir do texto: Allen Denver, Serial Communications in Win32, Microsoft Windows Developer.
10. Torres, Gabriel, **Redes de Computadores Curso Completo**, Editora Excel Books do Brasil, Rio de Janeiro, 2.001.
11. Nema (National Electrical Manufacturers Association)