



FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI CIMATEC
ESPECIALIZAÇÃO EM AUTOMAÇÃO, CONTROLE E ROBÓTICA

JOSÉ MARCELO DE ASSIS SANTOS

**UMA ESTRATEGIA PARA AUTOMAÇÃO PREDIAL
UTILIZANDO TECNOLOGIAS INDUSTRIAIS.**

Salvador
2011

JOSÉ MARCELO DE ASSIS SANTOS

**UMA ESTRATEGIA PARA AUTOMAÇÃO PREDIAL UTILIZANDO
TECNOLOGIAS INDUSTRIAIS**

Monografia apresentada à Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC como requisito parcial para a obtenção do Título de Especialista em Automação Controle e Robótica.

Professor Orientador: Prof. Msc. Milton Bastos de Souza.

Salvador
2011

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC

S237e

Santos, José Marcelo de Assis

Uma estratégia para automação predial utilizando tecnologia industrial./ José Marcelo de Assis Santos. 2012.

59f.; il.; color.

Orientador: Prof. Msc. Milton Bastos de Souza

Monografia (Especialização em Automação Controle e Robótica) - Faculdade de Tecnologia Senai-CIMATEC, Salvador, 2012.

1. Automação industrial. 2. Automação predial. 3. Tecnologia industrial. 4. Integração. I. Faculdade de Tecnologia Senai-CIMATEC. II. Souza, Milton Bastos de. III. Título.

CDD: 629.8

**UMA ESTRATEGIA PARA AUTOMAÇÃO PREDIAL UTILIZANDO
TECNOLOGIAS INDUSTRIAIS**

Por

JOSÉ MARCELO DE ASSIS SANTOS

Projeto final de Curso Aprovado com nota 9,0
como requisito parcial para a obtenção do
certificado de Especialista em Automação,
Controle e Robótica, tendo sido julgado pela
Banca Examinadora formada pelos
professores:

Membro : Msc. Milton Bastos de Souza - Orientador

Membro : Msc. Alexandre da Silva Ribeiro - Professor

Presidente: Msc. Frederico Ramos Cesário - Professor

Salvador, 14 de Setembro de 2012

*"Ao lado da vergonha de mim, tenho tanta pena de ti, povo brasileiro!
De tanto ver triunfar as nulidades, de tanto ver prosperar a desonra,
de tanto ver crescer a injustiça, de tanto ver agigantarem-se os
poderes nas mãos dos maus, o homem chega a desanimar da virtude, a
rir-se da honra, a ter vergonha de ser honesto"*
Rui Barbosa

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais que sempre acreditaram em mim e deram o pontapé inicial para a formação do homem que sou hoje. Um bom filho, um bom esposo, bom amigo e acima de tudo um bom pai para os meus filhos;

À minha esposa Manuella que sempre me apoiou e a minha filha Maria Luiza, a elas oportunamente peço desculpas pelas horas ausentes dedicadas a este projeto;

Ao meu orientador que me mostrou que é sempre possível basta querermos e pelo conhecimento transmitido através das várias horas de orientação e bate-papos, meu muito obrigado;

Aos professores do curso de especialização que me deram a base necessária para seguir nessa tão sonhada e almejada área;

Ao professor e amigo Alexandre Ribeiro pelas palavras de incentivos, apoio e pela oportunidade. Você é o cara a ser seguido.

Aos colegas de sala pela troca de informações durante o curso.

Aos meus amigos de equipe Marcos e Moyses. Superamos vários obstáculos e atingimos nossos objetivos.

RESUMO

Com a popularização das tecnologias industriais, áreas antes dominadas por tecnologias proprietária vão dando espaço as tecnologias abertas e flexíveis possibilitando a integração de sistemas de tecnologia diferentes.

A tecnologia da informação é o grande responsável pela integração entre os diversos níveis da pirâmide da automação industrial. A integração possibilita entre outras coisas, o acompanhamento em tempo real de tudo que acontece no chão de fábrica, dando suporte para a tomada de decisão, assim como, redução de custo e melhoria na qualidade dos serviços e produtos.

No projeto em questão apresentamos uma arquitetura para automação predial voltada para a segurança entre as redes de automação e a rede corporativa, flexível e integradora.

Palavras chave: tecnologias industriais, integração

ABSTRACT

With the popularization of industrial technologies, areas previously dominated by proprietary technologies are giving spaces to open and flexible technology allowing the integration of different technology systems.

Information technology is the main responsible for the integration between different levels on the pyramid of industrial automation. The integration enables, among other things, real-time monitoring of everything that happens on the factory floor, providing support for decision making, as well as cost reduction and improvement in quality of services and products.

The project in question presents an architecture for building system automation focused on security between automated and corporate networks, flexible and integrative.

Keywords: industrial technologies, integration

LISTA DE SIGLAS

A/D	Analógico / Digital
ANSI	American National Standards Institute
AT	Aterramento
BAS	Sistemas de Automação Predial
BCU	Bus Coupling Unit
CLP	Controlador Lógico Programável
CPU	Unidade Central de Processamento
CSMA	Carrier Sense Multiple Access
D/A	Digital /Analógico
DDC	Controladores Digitais Diretos
HVAC	Heating, Ventilation, and Air Conditioning
IHM	Interface Homem Máquina
LON	Local Operating Network
PID	Proporcional Integral Derivativo
SDCD	Sistema Digital de Controle Distribuído
TI	Tecnologia da Informação

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1..... Visão Parcial de um sistema de automação predial
- Figura 2..... Principais componentes estação BAS
- Figura 3..... Programa em Fortran PID
- Figura 4..... Controlador Digital
- Figura 5..... Esquema de transmissão de mensagem no protocolo X10
- Figura 6..... Diagrama de blocos de um sistema de automação
- Figura 7..... Elementos básicos de um PLC
- Figura 8..... Visão geral - Entrada e Saída digital
- Figura 9..... Visão geral - Entrada e Saída analógica
- Figura 10..... Ciclo de processamento do CLP
- Figura 11..... Arquitetura filósofo-tradutor-secretária
- Figura 12..... Frame Modbus
- Figura 13..... Transação ModBus sem erros
- Figura 14..... Arquitetura pilha Modbus
- Figura 15..... Pirâmide da Automação Industrial
- Figura 16..... Arquitetura do projeto - visão por andar
- Figura 17..... Arquitetura dos sistemas de utilidade
- Figura 18..... Arquitetura geral do projeto
- Figura 19..... Exemplo de bomba de recalque
- Figura 20..... Implementação do objeto programador horário
- Figura 21..... Objeto programador horário no sistema de controle ventiladores

Figura 22.....	Lista de I/O bombas de recalques
Figura 23.....	Base de dados pontos digitais - Bombas de recalques
Figura 24.....	Base de dados dos pontos date e time. Bombas de recalques
Figura 25.....	Lista de I/O e endereços Modbus. Ventiladores
Figura 26.....	Programa controle dos ventiladores - Parte 1
Figura 27.....	Programa controle dos ventiladores - Parte 2
Figura 28.....	Programa controle dos ventiladores - Parte 3
Figura 29.....	Programa controle bomba de recalque - Parte 1
Figura 30.....	Programa controle bomba de recalque - Parte 2
Figura 31.....	Programa controle bomba de recalque - Parte 3

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Comparação entre protocolos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.2 JUSTIFICATIVA	15
1.3 METODOLOGIA.....	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 AUTOMAÇÃO PREDIAL	17
2.2 SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO PREDIAL	18
2.2.1 Iluminação.....	18
2.2.2 Gerenciamento de energia	19
2.2.3 Hidráulica.....	19
2.2.4 Condicionamento de Ar e Ventilação - HVAC	19
2.2.5 Transporte Vertical	19
2.2.6 Sistema de Telecomunicações.....	20
2.2.7 Sistema de Segurança.....	20
2.3 CONTROLADORES DIGITAIS.....	20
2.4 REDES E PROTOCOLOS PARA AUTOMAÇÃO PREDIAL.....	24
2.4.1 X10	24
2.4.2 LonWorks.....	25
2.4.3 EIB	25
2.4.4 BACNet.....	26
2.4.5 HomePnP.....	26
2.5 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL	27
2.6 ELEMENTOS DA AUTOMAÇÃO	28
2.7 CLP - CONTROLADORES INDUSTRIAIS.....	29
2.8 SISTEMAS SUPERVISÓRIOS	31
2.9 REDES E PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO – AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL	32
2.9.1 Protocolo ModBus	33
3. ESTUDO DE CASO	35
3.1 LEVANTAMENTO DE REQUISITOS	35
3.1.2 Monitoramento Elétrico.....	35
3.1.3 Medição de água e gás	35
3.1.4 Pressurização de escadas	36
3.1.5 Controle de bombas.....	36
3.1.6 Controle de boilers	36

3.1.7 Controle de ventiladores e exaustores	36
3.1.8 Controle de sistema condensação da refrigeração (torre-bomba de condensação).	36
3.1.9 Revezamentos.....	36
4 ARQUITETURA DE AUTOMAÇÃO ESTUDO DE CASO	37
4.1 NÍVEL 1: CHÃO DE FÁBRICA (MAQUINAS, DISPOSITIVOS E COMPONENTES)	37
4.2 NÍVEL 2: SUPERVISÃO E CONTROLE (IHMS)	38
4.3 NÍVEL 3: CONTROLE DO PROCESSO PRODUTIVO	38
4.4 NÍVEL 4: CONTROLE E LOGÍSTICA DOS SUPRIMENTOS	38
4.5 NÍVEL 5: GERENCIAMENTO CORPORATIVO	38
5. IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE CONTROLE.....	42
5.1 TORRES DE RESFRIAMENTO	43
5.2 BOMBAS DA TORRES.....	43
5.3 BOMBAS DE CONDENSAÇÃO.....	44
5.4 BOMBAS DE RECIRCULAÇÃO	44
5.5 VENTILADORES DE PRESSURIZAÇÃO	44
5.6 BOILER.....	44
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	47
7. RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	49
REFERÊNCIAS	50
APÊNDICE A - LISTA DE I/O BOMBAS DE RECALQUES.....	52
APÊNDICE B - BASE DE DADOS DOS PONTOS DIGITAIS COM SEUS RESPECTIVOS ENDEREÇOS MODBUS. BOMBAS DE RECALQUES.....	53
APÊNDICE C - BASE DE DADOS DOS PONTOS DATE E TIME COM SEUS RESPECTIVOS ENDEREÇOS MODBUS. BOMBAS DE RECALQUES.....	54
APÊNDICE D - LISTA DE I/O DO SLOT A1 COM SEUS RESPECTIVOS ENDEREÇOS MODBUS.....	55
APÊNDICE E - PROGRAMA DE CONTROLE DOS VENTILADORES.....	56
APÊNDICE F - PROGRAMA DE CONTROLE BOMBAS DE RECALQUES	58

1 INTRODUÇÃO

Com o crescente aumento da competição global, a produtividade e a eficiência tornam-se imperativos em todos os negócios. Os países mais ricos e desenvolvidos são aqueles que conseguem produzir bens de elevado valor agregado com maior produtividade para atender suas próprias necessidades e o mercado externo.

A automação constitui papel fundamental nesse processo e observa-se que desde o surgimento dos microprocessadores a partir de 1970 e com o desenvolvimento da informática, um enorme avanço na oferta de dispositivos automatizados fez crescer a importância de sistemas computacionais nas mais variadas aplicações de automação.

A automação está relacionada à aplicação de técnicas, software e equipamentos com objetivo de aumentar a eficiência, maximizar a produção com menor consumo de energia ou matérias primas, menor emissão de resíduos de qualquer espécie, melhores condições de segurança, seja material, humana ou das informações referentes a esse processo, ou ainda, de reduzir o esforço ou a interferência humana sobre esse processo ou máquina. Segundo (MIYAGI, 1996) controle é a aplicação de uma ação pré-planejada para que, o que se considera objeto de controle, atinja seu objetivo. Uma instalação predial, em analogia com os sistemas de automação industrial, é basicamente um processo que se deseja controlar.

Pode-se dizer que atualmente existem três grandes áreas para utilização da automação: a automação industrial, a automação predial/residencial e a automação comercial. Num primeiro momento o foco de atenção de fabricantes de dispositivos e prestadores de serviço foi à área industrial. Consolidada a automação industrial voltou-se às construções (hotéis, hospitais, prédios de escritórios, prédio públicos, lojas de departamento, supermercados, entre outros), dando origem à automação predial.

Nessas áreas a automação além de provocar mudanças na metodologia de trabalho permitiu também o controle das variáveis relacionadas ao ambiente de trabalho (iluminação, aquecimento e ventilação, segurança patrimonial, controle de acesso, gerenciamento energético, etc.).

Segundo (BECKER, 1995) Prédios inteligentes podem ser definidos como empreendimentos onde a integração dos sistemas e as novas tecnologias são usadas para maximizar a produtividade permitindo gerenciamento eficiente de recursos e minimização de custos. O conceito de prédio inteligente não se restringe apenas ao uso de dispositivos

eletromecânicos, sensores, atuadores e sistemas computacionais: deve aproveitar ao máximo os recursos naturais e a tecnologias de novos materiais.

Segundo (ARAUJO, 2004), um fato importante a salientar é que na automação predial são utilizados dispositivos de controle e redes de comunicação dedicada e proprietária. Estes fatores contribuem para a diminuição da flexibilidade e utilização de recursos já consolidados na automação industrial e tecnologia da informação.

Portanto, o foco principal deste trabalho é projetar e implementar uma arquitetura de automação predial utilizando os métodos, controladores, softwares, redes e demais recursos da automação industrial para prover uma solução eficiente e flexível.

OBJETIVOS

O crescente aumento pela exigência de funcionalidades na implementação dos atuais sistemas de automação predial vem provocando um aumento da complexidade de projeto e gerenciamento desses sistemas: os desafios da comunicação e da integração, ponto chave para interoperabilidade entre os dispositivos e subsistemas, ainda permanecem sem solução.

O grande desafio que se apresenta atualmente é como a partir de dispositivos e subsistemas isolados promover sistemas totalmente integrados, os quais permitam economia no investimento e maior facilidade na operação e na manutenção dos sistemas de automação, permitindo aumento no desempenho geral da edificação (REIS, 2002).

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- a) Realizar um estudo das tecnologias aplicadas à automação predial
- b) Definir uma arquitetura de automação predial utilizando métodos e componentes da automação industrial
- c) Implementar e validar a solução proposta na arquitetura.
- d) Concluir os resultados da solução utilizando tecnologias de automação industrial nos empreendimentos prediais.

1.2 JUSTIFICATIVA

Desta forma justifica-se o estudo de aplicações de tecnologias e soluções consolidadas na automação industrial, que possuem processos tipicamente mais complexos que a automação predial, para aumentar a flexibilidade e maximizar a eficiência dos empreendimentos prediais.

Existem no mercado excelentes produtos dedicados ao controle e supervisão na área de automação predial. Porém, apresenta vantagens e desvantagens quando comparados com os sistemas de automação industrial.

A inflexibilidade é um problema quando se compara as duas tecnologias. O sistema predial tem que se adaptar ao pacote imposto pelo fornecedor, não sendo possível atender as suas necessidades. Outro problema é a interconectividade que consiste na comunicação de sistemas de fornecedores diferentes, não permitindo que os usuários implementem novos módulos de controle que não pertençam ao fornecedor. O usuário fica preso a tecnologia do fornecedor e toda e qualquer modificação depende do mesmo.

1.3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste trabalho será realizar levantamento bibliográfico das tecnologias aplicadas na automação predial e industrial, suas características e protocolos de comunicação.

Será descrito o cenário onde foi implantado o projeto em questão, abordando a arquitetura da solução, utilizando tecnologias ligadas à automação industrial, implementação da solução de controle e supervisão proposta na arquitetura, testes e análise dos resultados.

Capítulo 1 será apresentado introdução mencionando a importância da automação predial nos dias atuais e os benefícios proporcionados pelos empreendimentos automatizados.

Capítulo 2 será apresentado uma revisão bibliográfica abordando os principais sistemas da automação predial e suas principais tecnologias de controle, comunicação e supervisão. Será apresentada também revisão bibliográfica sobre automação industrial e seus principais elementos.

Capítulo 3 será descrito o contexto do estudo de caso, definição da arquitetura da solução, implementação da camada de controle e supervisão.

Capítulo 4 será apresentado às considerações finais levando em consideração as vantagens das tecnologias industriais face às tecnologias prediais. Neste capítulo será abordado recomendações para estudos futuros, tais como: o uso de PIMS para historiar os dados dos principais sistemas da automação predial.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 AUTOMAÇÃO PREDIAL

A automação está relacionada a equipamentos que controlam, monitoram ou supervisionam processos ou plantas. As novas edificações provocam uma grande demanda por serviços mais rápidos e otimizados, que juntamente com a proliferação dos computadores pessoais, determinaram a adoção de recursos de informática e equipamentos de alta tecnologia, como ferramentas para atingir os mais altos níveis de produtividade, conforto, economia e segurança (CASTRO NETO, 1992).

Ainda segundo Castro Neto (1992), a demanda por serviços otimizados, extrapola o âmbito dos edifícios corporativos e passam a ser determinante em outros tipos de edificações, como os edifícios comerciais, shopping *centers*, aeroportos, super mercados, hospitais e até edificações residenciais. Diante das problemáticas vividas pelos setores de energia elétrica, com a conseqüente política tarifária empregada pelos governos e concessionárias e de segurança pública com a necessidade crescente de investimentos em serviços de segurança privada, torna-se imperativo a excelência no gerenciamento do consumo e utilização da energia elétrica e dos demais recursos envolvidos com o projeto, implantação, operação e manutenção de instalações de todos os portes.

No início da automação predial o conceito de inteligência estava ligado diretamente à disponibilidade de equipamentos modernos, hoje é consenso que prédio inteligente deve oferecer mais do que soluções tecnológicas, deve-se fazer uso e aproveitar ao máximo os recursos naturais e a tecnologia de novos materiais para atingir seus objetivos (ARAÚJO, 2005).

Araújo (2005) defende que edifícios inteligentes empregam inteligência em sua concepção, projeto, implantação, operação e manutenção, de forma a explorar da maneira mais racional possível, todos os recursos naturais e financeiros envolvidos, tais como: posicionamento, fachadas, materiais, iluminação natural, clima externo e mais, de forma a aperfeiçoar o consumo de recursos de infraestrutura como energia, água e outros.

Ainda segundo Araújo (2005), a concepção de um edifício inteligente envolve todas as atividades normais de projeto de edificação, desde análises de viabilidade técnica e econômica do empreendimento na sua forma global, até os mais avançados conceitos e tecnologias adotadas pela arquitetura e engenharias para a construção e implantação de novos

sistemas. Assim, esta implementação pode ainda contemplar um moderno Sistema de Supervisão e Controle Predial, porém este é ainda, apenas parte de um processo maior e certamente, não o seu objetivo final. Os edifícios dotados exclusivamente destes sistemas de automação, ou seja, sem as preocupações inerentes ao conceito de inteligência da edificação de uma forma geral, são usualmente chamados de edifícios de elevada tecnologia.

2.2 SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO PREDIAL

De acordo com Castro Neto (2004), um sistema de automação predial pode ser subdividido em diversas partes de acordo com as funcionalidades que deseja controlar.

A figura 1 mostra uma visão parcial de um sistema de automação predial e exemplifica alguns dos principais sistemas. Tais como:

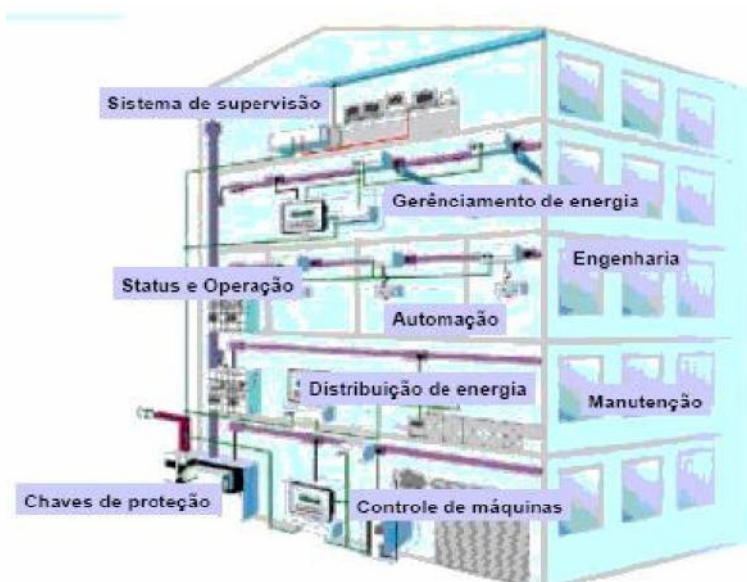


Figura 1 - Visão Parcial de um sistema de automação predial
Fonte: Araujo (2005)

2.2.1 Iluminação

A iluminação é responsável por 30% a 50% da carga elétrica total da edificação. A utilização de sensores possibilita um melhor gerenciamento do sistema. O sistema pode estar vinculado à iluminação natural a partir dos sensores que visam diminuir a iluminação artificial. O controle de iluminação de acordo com os parâmetros de horário, ocupação de ambiente, entre outros, garante níveis de iluminação adequados nos ambientes internos e externos.

2.2.2 Gerenciamento de energia

Permite o monitoramento e o gerenciamento do consumo de energia e de outros recursos, tais como: gás, água fria e quente, fornecimento e consumo de energia elétrica (controle da demanda, programação horária de cargas, supervisão de geradores de emergência e de sistema de alimentação permanentes).

2.2.3 Hidráulica

Com a automação do sistema de abastecimento de água, é possível monitorar o nível dos reservatórios, bombas em funcionamento e seus defeitos, o consumo de água diário e o controle de sua qualidade.

2.2.4 Condicionamento de Ar e Ventilação - HVAC

O condicionamento de ar é uma instalação de grande importância dentro do sistema predial. A automação do sistema de ar condicionado permite o controle de temperatura e umidade, fazendo com que o sistema opere em torno da maior temperatura da zona de conforto. Permite desligar o sistema sempre que um ambiente estiver vazio ou uma hora antes do final do expediente. Permite também, o controle de todas as centrais de refrigeração e bombas e a monitoração do sistema de exaustão do prédio.

2.2.5 Transporte Vertical

A automação do sistema de elevadores possibilita o controle de abertura e fechamento de portas, subida e descida; determina prioridade de atendimento a chamadas e a seqüência em que as chamadas serão atendidas; quando devem desabilitar as chamadas; definir qual elevador vai atender a determinada chamada e a possibilidade de só parar no andar de destino.

O controlador também monitora o sistema de segurança e sinalização, verificando se as portas da cabine estão travadas, se a rede elétrica está em condições de movimentar o elevador, se a cabine está no nível do piso e a velocidade do elevador.

2.2.6 Sistema de Telecomunicações

Os crescentes progressos da área das telecomunicações estão interligando os diversos pontos de trabalho no edifício e fora dele. O sistema de telecomunicação proporciona serviços tais como: videoconferência, transmissão de dados via satélite, transferência digital de dados de alta velocidade, sistema de telefonia e outros serviços. Para atender a todas as necessidades de telecomunicações de um edifício com instalações complexas, um ponto de grande importância é o correto dimensionamento dos espaços e percursos destinados à utilização do cabeamento estruturado.

2.2.7 Sistema de Segurança

A segurança dentro de um estabelecimento sempre é ponto de grande preocupação. O sistema de segurança pode abranger os seguintes serviços: controle de acessos, alarmes contra roubos, controle de abertura e fechamento de portas a distância, controle de rondas e itinerários, detecção de incêndios, alarmes e extintores e circuito fechado de televisão.

2.3 CONTROLADORES DIGITAIS

Os sistemas de automação predial (BAS) também conhecido como sistema de gerenciamento predial, são principalmente sistemas baseados em processadores integrados. Em princípio um controlador digital é um sistema de computador concebido para aquisição de dados, controle e comunicação (WANG, 2010).

Ainda segundo Wang (2010), além do controlador digital, existem outros quatro tipos típicos de controlador, incluindo o controlador mecânico, controlador pneumático, controlador elétrico e o controlador eletrônico. Eles ainda são usados em edifícios, porém menos popular do que o controlador digital.

O microprocessador ou unidade central de processamento (CPU) é o principal componente tanto do microcomputador convencional quanto da estação de controle BAS. A figura 2 ilustra os componentes principais da estação de controla BAS.

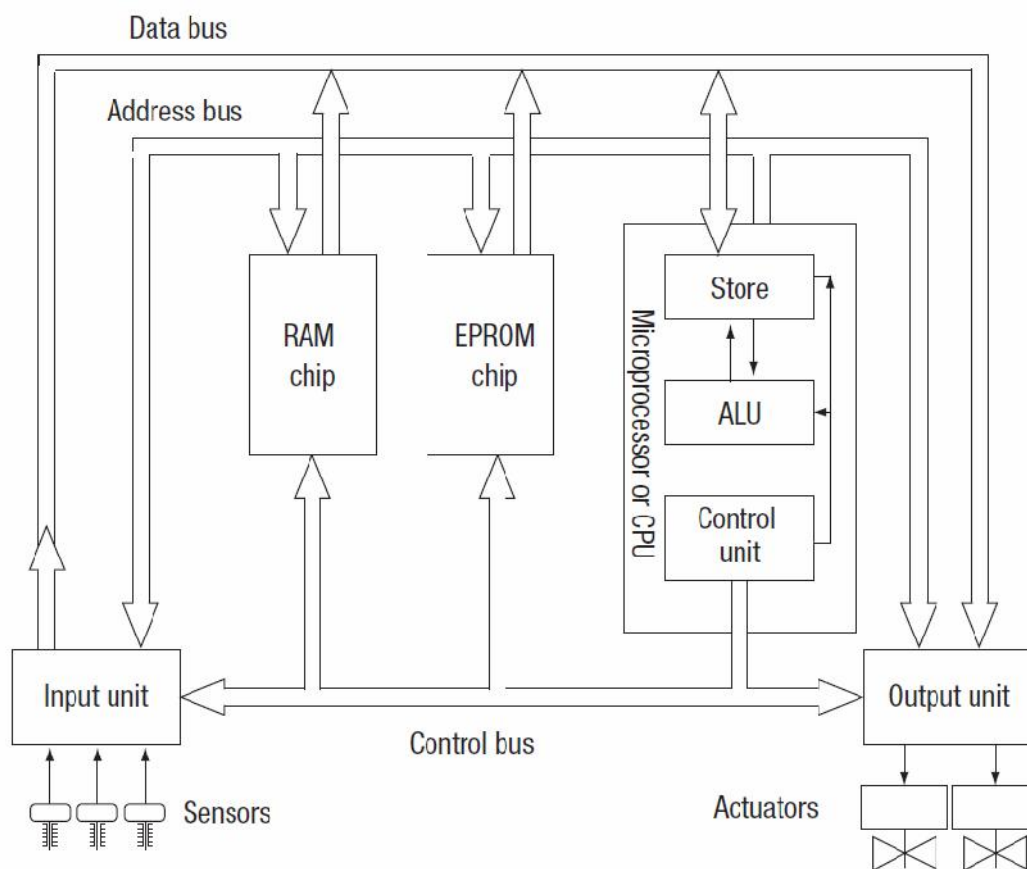


Figura 2 - Principais componentes estação BAS
 Fonte: Wang (2010)

O microprocessador manipula os dados oriundos dos dispositivos externos (sensores, atuadores e válvulas). As unidades de entradas e saída proporciona uma interface de comunicação. A unidade de entrada recebe sinais dos sensores, relés e medidores e os converte-os em sinais digitais. O conversor Analógico-Digital(A/D) é o responsável pela conversão do dados analógico para digital. Assim como na unidade de entrada a unidade de saída após o processamento do dado precisa converter um sinal digital em analógico. O conversor Digital/Analógico (D/A) é quem faz a conversão e o valor é passado para o atuador analógico.

Existem no mercado vários tipos de controladores dedicados voltados para as mais diversas aplicações da automação predial. Os fabricantes utilizam a filosofia do controle distribuído. Geralmente utilizam hardware baseados no padrão RS-485 para comunicação de dados. A Carrier possui um sistema de rede composto pelos módulos CC 6400, CC 6400 I/O, CC 1600, *Bridge*, *Repeater*, *Data Collection*, *Confort ID* entre outros (SOUZA, 2004).

Sistemas de Automação Predial (BAS) utilizam tecnologia da informação para aperfeiçoar o funcionamento dos sistemas. Incluindo a gestão de energia, climatização, segurança, incêndio, elevadores, e assim por diante. Os controladores associados aos BAS são chamados de Controladores Digitais Diretos (DDC) (DDC, 2012)

Os DDC podem ter uma lógica pré-definida, no entanto, eles são arquitetonicamente projetados por uma interface usando aplicativo baseado em PC. Controladores DDC operam em modo stand-alone como um PLC, no entanto, a programação é baseada em PC, sequencias extremamente complexa de operações podem ser facilmente construídas.

Os DDC's utilizam linguagem de alto nível como C, Fortran e Basic para controle de PID. A figura 3 mostra um exemplo de um PID em Fortran .

```

FUNCTION PID(P,Tset,GAIN,Ti,Td,Iterm0,Dterm0,ERR0,TIMEB,TIME,PtermN)
  Real Iterm,Iterm0
  Logical NOTERM,NODTERM
  C Computing error
  ERR = Tset-P
  C Sampling interval
  Tsamp = TIME-TIMEB
  C Proportional action
  Pterm = GAIN*ERR+PtermN
  Pterm = MAX(-100.0,MIN(125.0,Pterm))
  C Integral action
  NOTERM=(Ti.LE.0.0).OR.(Ti.GT.9E+4)
  IF (NOTERM) THEN
    Iterm = 0.0
  ELSEIF ((Pterm+Iterm0).GT.100.0) THEN
    Iterm = Iterm0
  ELSEIF ((Pterm+Iterm0).LT.0.0) THEN
    Iterm = Iterm0
  ELSE
    Iterm = Iterm0+(((ERR0+ERR)/2.0)*Tsamp/Ti)*GAIN
  ENDIF
  C Differential action
  NODTERM = (Td/Tsamp).LT.1.0E-3
  IF(NODTERM) THEN
    Dterm = 0.0
  ELSE
    Dterm = GAIN*Td*(ERR-ERR0)/Tsamp
    Dterm = (Dterm+Dterm0)/2.0
    Dterm = MAX(-25.0,MIN(25.0,Dterm))
  ENDIF
  C Controller output
  PID = Pterm+Iterm+Dterm
  PID = MIN(100.0,MAX(0.0,PID))
  C Update previous integral and derivative actions
  Iterm0 = Iterm
  Dterm0 = Dterm
  ERR0 = ERR
  RETURN
END

```

Figura 3 - Programa em Fortran PID
Fonte: Wang (2010)

Controladores DDC utilizam comunicação serial através de redes industriais, tais como RS-485 e protocolos de automação, como LonWorks, ModBus, e BACnet, no entanto, implementações IP são comuns (DDC , 2012).

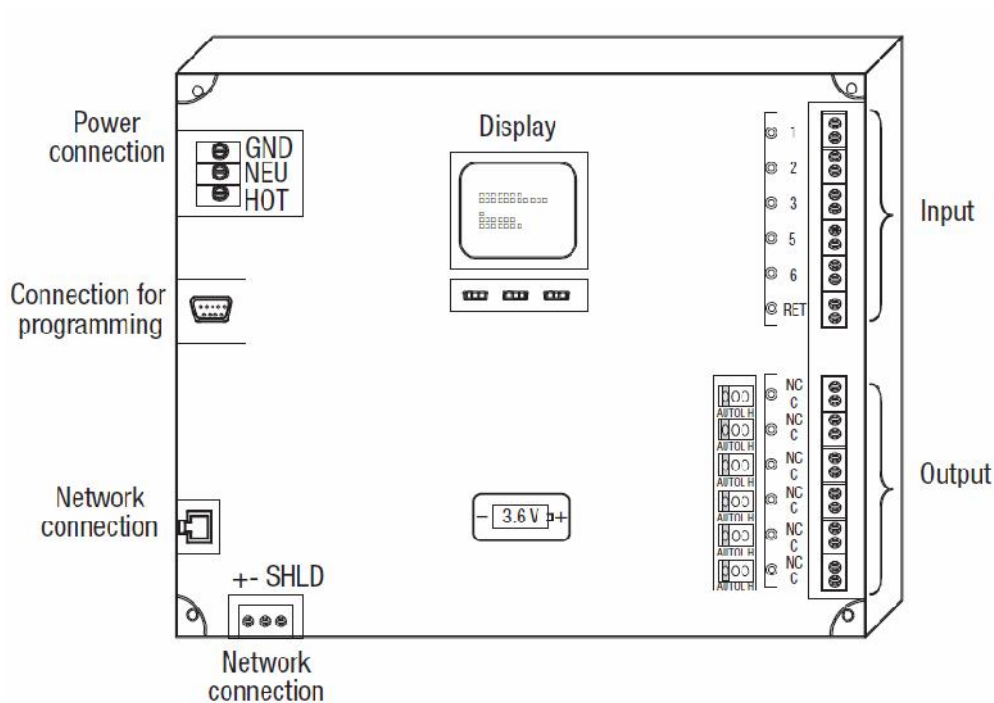


Figura 4 - Controlador Digital
Fonte: Wang (2010)

Segundo Souza (2004) os programas de controle que rodam nos controladores dedicados para automação predial, possuem rotinas pré-estabelecidas e o operador só precisa informar os endereços dos elementos controlados e os valores de *preset*. Entretanto, quando existe a necessidade de implementação de rotinas que não estejam na biblioteca do fabricante a tarefa se torna difícil, pois não permite que o operador utilize as rotinas pré-programadas, obrigando-o a executar a tarefa manualmente. O programa supervisor e o programa de configuração dos controladores possuem telas padrão e fazem parte do pacote do fornecedor.

2.4 REDES E PROTOCOLOS PARA AUTOMAÇÃO PREDIAL

Os protocolos são responsáveis por estabelecerem as regras para prover a comunicação entre os dispositivos. Para implementar o controle no sistema de automação predial pode-se utilizar soluções proprietária ou soluções abertas. A interoperabilidade entre sistemas de diferentes fornecedores é possível através de gateways que permite a conversão de protocolos. Na solução aberta os equipamentos dos diferentes fabricantes se fabricados seguindo um mesmo padrão poderão comunicar-se sem o uso dos conversores de protocolos (ARAUJO, 2005).

A seguir, descrição de alguns protocolos prediais.

2.4.1 X10

O sistema X-10 PLC (*Power Line Carrier*) foi desenvolvido na década de 70 e transmite dados modulados sobre a rede elétrica existente sendo que uma informação binária é transmitida sempre que o sinal senoidal de tensão elétrica passa pelo zero. O esquema de endereçamento permite endereçar 256 pontos diferentes, os quais podem ser ajustados através de um seletor nos dispositivos receptores.

A transmissão é em broadcast e todo o comando é repetido duas vezes, assim um comando completo ocupa 47 ciclos em 60HZ o que corresponde a um tempo de aproximadamente 0,8s. A rede elétrica pode ocasionar alguns comportamentos erráticos dos componentes, seja por problemas de ruído, falta de energia ou descargas eletromagnéticas.

O X10 pode ser utilizado em diversas aplicações, tais como acionamento remoto de lâmpadas, eletrodoméstico e portas. Sua confiabilidade é limitada e por isso não se recomenda em aplicações críticas ligadas a segurança.

A figura 2 ilustra o esquema de transmissão de mensagens usando o protocolo X10.

Código transmitido quando o número do receptor é selecionado					
<i>Start</i>	<i>House</i>	<i>Number</i>	<i>Start</i>	<i>House</i>	<i>Number</i>
<i>Code</i>	<i>Code</i>	<i>Code</i>	<i>Code</i>	<i>Code</i>	<i>Code</i>

Código transmitido quando a função é selecionada					
<i>Start</i>	<i>House</i>	<i>Function</i>	<i>Start</i>	<i>House</i>	<i>Function</i>
<i>Code</i>	<i>Code</i>	<i>Code</i>	<i>Code</i>	<i>Code</i>	<i>Code</i>

Figura 5 - Esquema de transmissão de mensagem no protocolo X10

Fonte: Araujo (2005)

2.4.2 LonWorks

O padrão LonWorks é uma tecnologia proposta pela empresa Echelon em 1990 e abrange toda a infraestrutura de hardware e software para a operação da rede local denominada LON (*Local Operating Network*). É um sistema aberto e de controle distribuído, com o funcionamento baseado no protocolo de comunicação LonTalk (padrão ANSI 709.1). O controle é distribuído nos dispositivos, sendo possível construir rede com diferentes topologias e meios físicos, com distâncias máximas e número de nodos variáveis de acordos com características do meio utilizado.

O protocolo LonTalk implementa as sete camadas do modelo OSI tendo sido projetado para aplicações que envolvem funções de sensoriamento, monitoramento, controle e identificação. É um protocolo baseado em pacotes e com comunicação *peer-to-peer* que implementa o algoritmo CSMA p-persistente preditivo com um esquema de prioridades que garante o acesso preferencial ao meio para pacotes com prioridade alta. Um programa de aplicação consiste em um ou mais objetos LonWorks.

Existem perfis funcionais padronizados para as áreas de HVAC, gerenciamento de energia, iluminação, acesso, intrusão e monitoração, controle de motores, sensores, refrigeração, detecção de incêndio, transporte de cargas, entre outros.

2.4.3 EIB

EIB (*European Installation Bus*) é um sistema aberto, cuja padronização abrange dispositivos, gerenciamento de rede, interfaces para criação de ferramentas e esquemas de certificação de produtos.

Os dispositivos podem compor uma arquitetura distribuída ou centralizada, são divididos em linhas e áreas a fim de reduzir o tráfego na rede, podendo totalizar 61455 dispositivos. Uma unidade de acesso ao barramento padronizado denominado BCU (*Bus Coupling Unit*), permite que dispositivos fornecidos por diferentes fabricantes, operem no barramento o qual pode utilizar diferentes meios tais como par trançado, fiação elétrica existente (powerline), rádio frequência, etc.

Para permitir a interoperabilidade entre dispositivos de diferentes fabricantes, estão padronizados os valores e a interpretação de dados incluídos na comunicação entre objetos, os quais serão usados pelos objetos de comunicação. Estas funções padronizadas são denominadas EIS (*EIB Interworking Standards for Group-Communication-Objects*).

2.4.4 BACNet

BACnet (*Building Automation and Control Network*) é um protocolo aberto de comunicação de dados, desenvolvido por iniciativa da ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*) e adotado pela ANSI desde 1995, após aproximadamente nove anos de estudos para definição do padrão.

O protocolo implementa algumas camadas do modelo OSI, sendo que para as camadas físicas e de enlace foram adotados alguns padrões de LAN já estabelecidos no mercado, o que permite bastante flexibilidade na escolha do meio mais adequado, conforme a melhor relação custo x benefício.

Foram definidos e padronizados 18 tipos de objetos e 123 propriedades definidas conforme o objeto que será implementado e o tipo de dispositivo no qual o objeto reside. Um serviço é meio pelo qual um dispositivo adquire informações de outro, comanda-o para realizar alguma tarefa ou anuncia para um ou mais dispositivos que algum evento ocorreu. Para garantir interoperabilidade foram definidas cinco áreas de interoperabilidade para classificar os BIBBs (*BACnet Interoperability Building Blocks*) e em cada uma há uma série de serviços que serão executados. Um servidor deve ser capaz de receber uma requisição de serviço, executar e retornar o resultado ao cliente, o qual deve ser capaz de iniciar uma requisição de serviço e processar a resposta quando ela chega.

2.4.5 HomePnP

HomePnP busca estabelecer um padrão dentro do nível de aplicação, definindo o conteúdo das mensagens de controle que são trocadas entre dispositivos e controladores, descrevendo como diferentes produtos podem cooperar entre si. O protocolo HomePnP padroniza a estrutura das mensagens e os códigos de controle usados nas mensagens. Um contexto é um grupo de objetos representando uma função comum de um dispositivo sendo que vários contextos podem representar um dispositivo que é um mecanismo que expõem e controla variáveis de estado através da rede usando o protocolo CAL. Ele é um contêiner para um conjunto de contextos que coletivamente recebe mensagens endereçadas para o mesmo endereço da camada de transporte. Um dispositivo pode ser implementado em hardware ou em software em um computador.

Podemos observar que não existe um protocolo melhor que o outro. Os protocolos mais novos tendem a preencher as lacunas das limitações dos outros protocolos.

Abaixo tabela comparativa dos principais protocolos automação predial.

Protocolo	Número de equipamentos	Meio físico
X10	256	Rede elétrica
LonWorks	32385	Par trançado, cabo coaxial, RF, Power Link, Infravermelho, fibra óptica, rede elétrica.
EIB	61455	Par trançado, rádio frequência, ISSO/IEC 802-2, rede elétrica.
BACNet	Não tem limitação	Ethernet, ARCNET, point-to-point, LonkTalk, TCP/IP(UDP), master-slave/token-passing
HomePnP	Não tem limitação	EIA-600, IEEE 1394, TCP/IP, EIB

Tabela 1 - Comparação entre protocolos

Fonte: Bolzani (2004)

2.5 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

A automação industrial está diretamente ligada ao aumento da produtividade sendo o maior gerador de riquezas que já existiu. Segundo Silveira e Santos (2010) isso porque a automação é responsável pelo aumento da qualidade de vida por meio do poder de compra adquirido pela sociedade.

Com os avanços tecnológicos ocorridos nas últimas décadas surgiram diversas tecnologias dentre elas: o controle numérico e a robótica. Ambos responsáveis pelo aumento da produtividade e redução de custos nas indústrias. A Tecnologia da Informação inserida no processo industrial fez com que a competitividade ganhasse uma nova dimensão. O computador passa a ser utilizado em grande escala e colabora em atividades cada vez mais complexas das mais diversas áreas, além de possibilitar um melhor planejamento de controle da produção através dos SDCD (Sistema Digital de Controle Distribuído) (MENDES, 2010).

A TI e a instrumentação eletrônica, possibilitaram a centralização do controle das plantas de produção resultando na integração da planta com as diversas áreas de uma empresa,

criando um novo conceito de automação, automação integrada, que por sua vez, exige das empresas altos investimentos para suportar o processamento distribuído (MENDES, 2010).

A TI pode ser definida como um conjunto de atividades e soluções providas por recursos de computação, associada à telecomunicação. A segunda revolução industrial teve início em meados do século XX, com os avanços tecnológicos da informação que possibilitou monitorar, supervisionar, apoiar na tomada de decisões em função da análise crítica dos dados obtidos no processo industrial. Atuar sobre o futuro de uma organização de maneira eficiente e segura permitindo um melhor gerenciamento do planejamento estratégico é uma das principais vantagens da TI na automação (SILVEIRA & SANTOS, 2010)

No passado, a automação industrial enfatizava a participação do computador no controle automático do processo industrial, associado ao uso de sistemas supervisórios, redes de comunicação, controladores e Interface Homem Máquina (IHM). Qualquer sistema, apoiado em computadores, que substituísse o trabalho humano que visasse soluções rápidas, automáticas e econômicas para atingir os complexos objetivos das indústrias e dos serviços, eram considerados sistemas automatizados. Hoje a automação evolui e faz da informação o principal insumo da nova indústria (SILVEIRA & SANTOS, 2010).

2.6 ELEMENTOS DA AUTOMAÇÃO

A automação industrial está diretamente associada a sistemas com realimentação e controle, ou seja, sistemas com retroação e controle que devem estar apoiado sobre três elementos básicos: sensor, controlador e atuador (SILVEIRA & SANTOS, 2010).

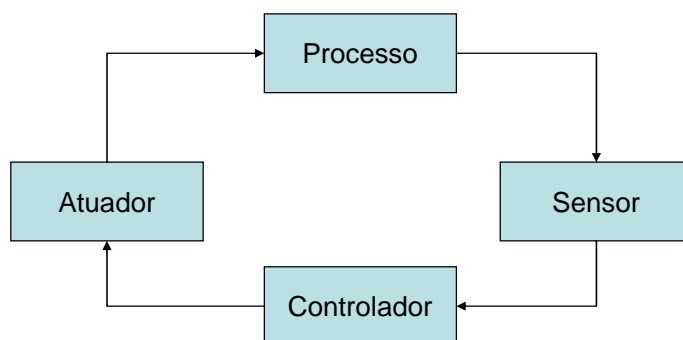


Figura 6 - Diagrama de blocos de um sistema de automação
Fonte: Silveira e Santos (2010)

Segundo Silveira e Santos (2010) os sensores são geralmente definidos como dispositivos que recebem e respondem a estímulo ou sinal, sensível a um fenômeno físico. Por

meio desta sensibilidade os sensores enviam um sinal que pode ser um simples abrir ou fechar contatos para os dispositivos de medição e controle. Os atuadores são dispositivos que quando acionados executam deslocamento ou outra ação física com base no sistema do controlador. Controlador é o responsável por receber o estímulo dos sensores e com base na lógica de programação aciona os atuadores que agem sobre o processo.

2.7 CLP - CONTROLADORES INDUSTRIAIS

Os Controladores Lógicos Programáveis é o nome dado a um tipo de computador usado para controle industrial. Diferem dos computadores de escritório nos tipos de tarefas que executam e do hardware e software que necessitam para executar essas tarefas. Os elementos básicos de um CLP (Controlador Lógico Programável) incluem: módulos de entradas, CPU (Unidade Central de Processamento), programas armazenados e módulos de saída.

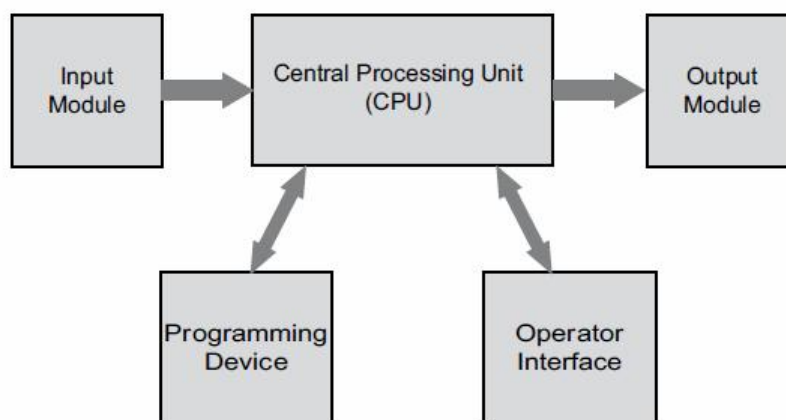


Figura 7 - Elementos básicos de um PLC

Fonte: SIEMENS(2012)

Os PLCs são classificados pelo seu porte em função do número de pontos de entrada e saída. Os Controladores Lógicos Programáveis de pequeno porte possuem até 128 pontos de entrada e saída. Os CLPs de médio porte possuem entre 128 e 512 pontos de entrada e saída, e os CLPs de grande porte possuem mais de 512 pontos de entrada e saída (BRUNE 2005).

Ponto de entrada é considerado o ponto onde um sinal é recebido a partir de um dispositivo de campo, ou componente externo (SILVEIRA & SANTOS, 2010). Podendo ser digital ou analógico.

O ponto de entrada digital possui dois estados: ligado ou desligado, enquanto que o ponto de entrada analógica pode interpretar mais de um sinal dependendo do número de bits usados pelo conversor A/D. Por exemplo, um conversor A/D de 10 bits possui 1024 estados. Um ponto de saída é um sinal controlado pelo CLP, o que significa que o CLP abre ou fecha os contatos de um relé (ou similar), permitindo acionar dispositivos ou componentes do sistema de controle (atuadores) (SILVEIRA & SANTOS, 2010). Um ponto de saída pode ser analógico ou digital. As saídas digitais possuem apenas dois estados, enquanto as saídas analógicas possuem mais de dois estados. O número de estados depende do número de bits usado pelo conversor D/A. Por exemplo, um conversor D/A de 8 bits permite 256 estados (níveis de tensão) na saída. Os pontos de saída digitais podem ser implementados por relés, transistores, ou ainda por SCR e TRIAC.

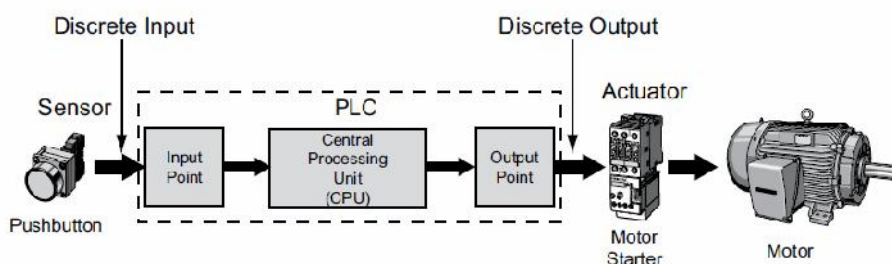


Figura 8 - Visão geral - Entrada e Saída digital
Fonte: SIEMENS(2012)

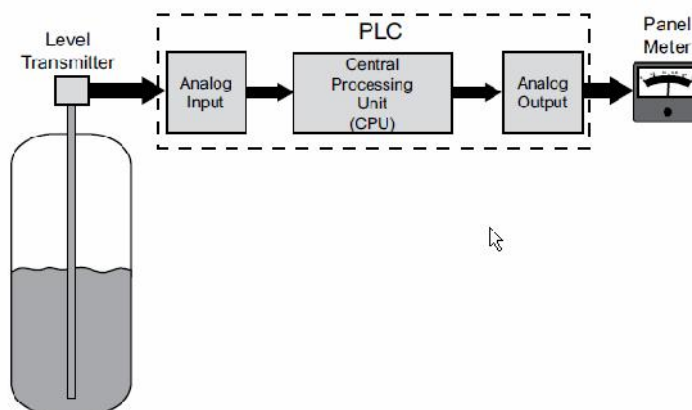


Figura 9 - Visão geral - Entrada e Saída analógica
Fonte: SIEMENS(2012)

Esses dispositivos são usados para acionar lâmpadas, motores, solenóides, válvulas, etc. Os programas de um CLP são na maioria das vezes executados de forma cíclica

(*loop*), reiniciando-se automaticamente a execução a partir da primeira linha de programa. A execução completa das linhas que compõem um programa é chamada de ciclo de varredura (NATALE, 2003).

O programa do CLP constitui a lógica que avalia a condição dos pontos de entrada e dos estados anteriores do CLP, executando as funções lógicas desejadas e acionando as saídas. O CLP lê ciclicamente os sinais dos elementos que são ligados às suas entradas, transferindo-os para uma unidade de memória denominada memória de imagem. Estes valores usados pelo programa e os resultados são transferidos à memória imagem de saída e então aplicados aos terminais de saída.



Figura 10 - Ciclo de processamento do CLP
Fonte: SILVA FILHO (2008).

2.8 SISTEMAS SUPERVISÓRIOS

Os sistemas de automação industrial utilizam tecnologias 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 de modo mais fácil para a interpretação do operador, com recursos gráficos elaborados através do sistema de supervisão. (MORAES & CASTRUCCI, 2001).

No caso dos sistemas supervisórios, eles possuem portabilidade oferecendo uma ampla gama de comunicação com os mais diferentes controladores de mercado de diversos fabricantes distintos. A escolha de um sistema de supervisão depende basicamente de uma

análise de custo versus benefício e sobre os requisitos levantados na elaboração do modelo de processo (SILVEIRA & SANTOS, 2010).

2.9 REDES E PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO – AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

Segundo Tanenbaum (2003) a fusão dos computadores com as comunicações teve grande influência na organização dos sistemas computacionais. O modelo onde um computador central atendia a todas as necessidades computacionais da empresa deu lugar às redes de computadores nas quais os computadores são interligados e as atividades são realizadas por diversos computadores separados mais interconectados.

O compartilhamento de recurso é o alicerce da rede de computadores. O objetivo é tornar os programas, equipamentos e os dados disponíveis para todos os usuários da rede independente da localização física do recurso e do usuário. A maioria das redes de computadores é organizada como pilha de camadas ou níveis. O objetivo de cada camada é fornecer serviço para as camadas superiores.

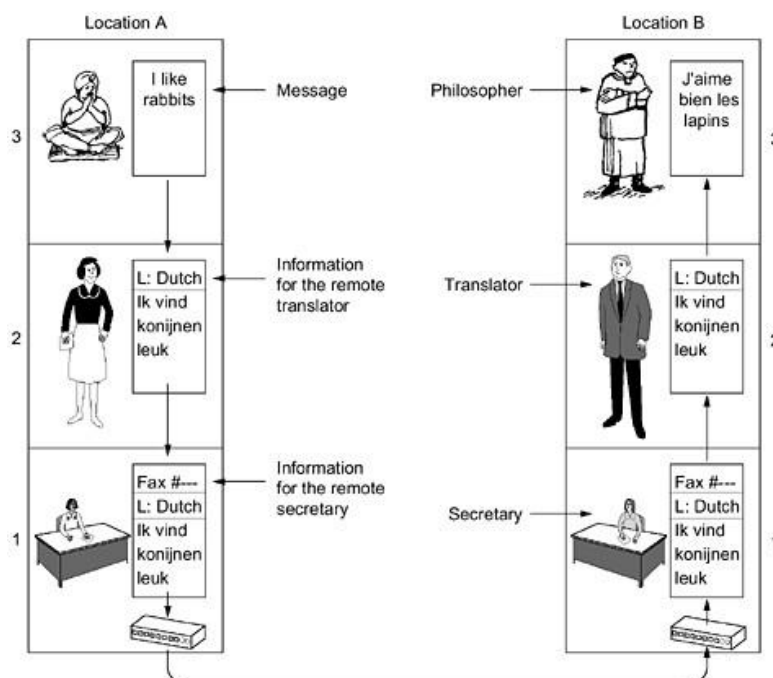


Figura 11 - Arquitetura filósofo-tradutor-secretária
Fonte: Tanenbaum (2003)

Assim como nas redes corporativas, a troca e compartilhamento de informações é a principal peça para a integração dos diversos sistemas na automação predial e industrial. A

troca de informações entre os diversos dispositivos na automação tem como base o protocolo. Na automação industrial assim como na predial, existem diversos protocolos de diferentes fabricantes todos voltados para o mesmo objetivo, possibilitar a comunicação. Ou entre equipamentos do mesmo fabricante ou de diferentes fabricantes. Este protocolo é utilizado tanto na automação predial como na automação industrial.

2.9.1 Protocolo ModBus

Segundo Wang (2010) o protocolo ModBus é um dos protocolos mais populares usado na industria. Suporta tradicionalmente interfaces seriais: RS232/422/485 e Ethernet. O protocolo Modbus surgiu em meados de 1970 em PLCs da Modicon. Simples e aberto, é um protocolo baseado em mensagem. Suporta comunicação assíncrona ponto-a-ponto e multiponto. Possui três modos de transmissão: ASCII, RTU e TCP.

O modo de transmissão RTU é a implementação mais comum, usa código binário e verificação de erros CRC. Já o modo ASCII utiliza caracteres ASCII, são menos eficientes e utiliza o algoritmo LRC para verificação de erros. O Modbus TCP é o mais recente. Criado para permitir usar Modbus ASCII/RTU sobre redes TCP/IP. Dispositivos Modbus usam a técnica mestre-escravo para se comunicarem. Só o mestre pode iniciar a comunicação. O escravo só responde ao mestre. Um escravo pode ser qualquer dispositivo periférico de I/O, válvula, unidades de medição e transmissão e etc.

O mestre pode comunicar-se individualmente com um escravo ou mandar uma mensagem em difusão para todos. Os escravos respondem as perguntas individualmente, porém, as mensagens em difusão não são respondidas. Quando o mestre quer se comunicar com um determinado escravo o mesmo envia uma solicitação contendo o endereço do escravo, a ação solicitada, outros dados necessários e um campo de verificação. O escravo responde, com a ação tomada, os dados solicitados e um campo de verificação de erros.

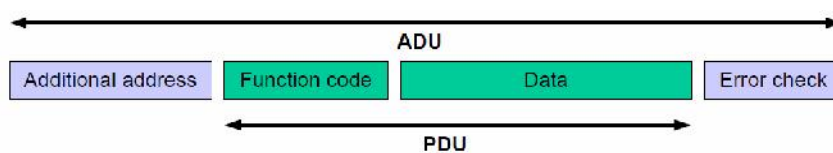


Figura 12 - Frame Modbus
Fonte: Modbus.org (2012)

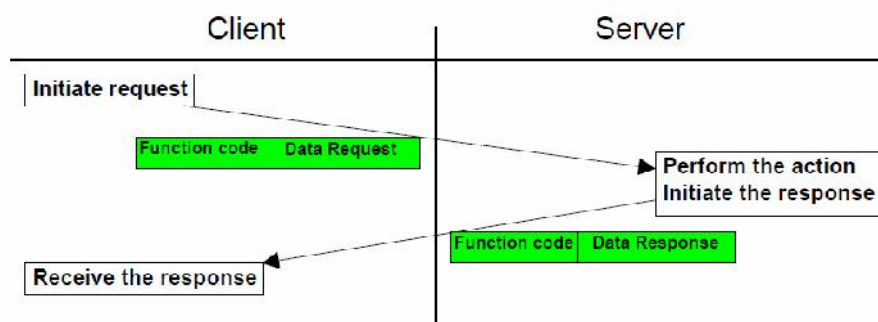


Figura 13 - Transação ModBus sem erros
Fonte: Modbus.org (2012)

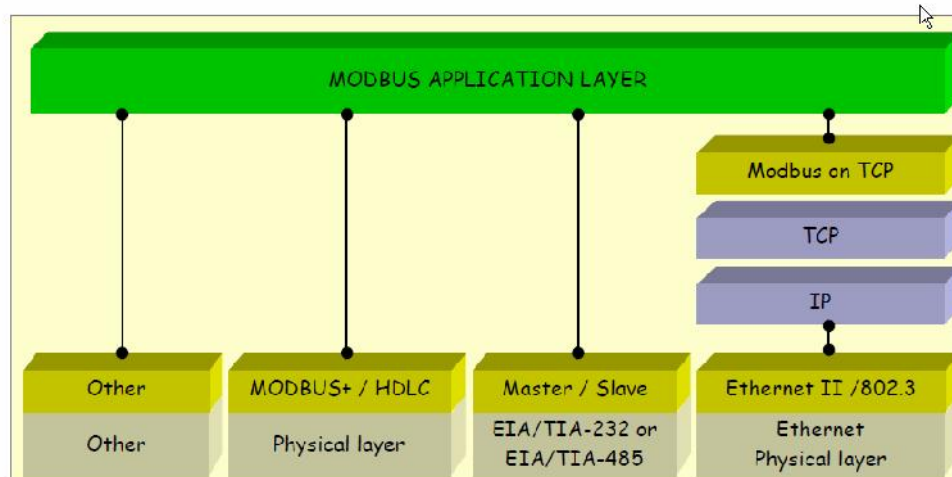


Figura 14 - Arquitetura pilha Modbus
Fonte: Modbus.org (2012)

3. ESTUDO DE CASO

Este trabalho tem por finalidade, apresentar uma arquitetura de automação com base em tecnologia industrial para uso na automação predial e implementação de lógicas de controles para os sistemas: Monitoramento elétrico, medição de água e gás, pressurização de escadas, controle de bombas, controle de *boilers*, controle dos ventiladores e exaustores e sistema de refrigeração.

Neste capítulo, serão descritas, a arquitetura de automação, assim como, as principais lógicas de controle implementadas para os principais sistemas que compõem a automação no empreendimento escopo deste projeto. O empreendimento citado neste projeto está localizado nesta cidade e por motivos de confidencialidade as informações sobre o nome e a localização do empreendimento serão omitidas.

O empreendimento é composto por quatro torres, sendo, uma torre comercial e três torres residenciais. Cada torre é composta por 28 andares.

3.1 LEVANTAMENTO DE REQUISITOS

Os requisitos de automação para o projeto foram levantados a partir de documentos de especificações técnicas do projeto e através de reuniões periódicas com o cliente, que foram elaborados durante a etapa conceitual. O levantamento de requisitos possibilita além da base para o desenvolvimento, uma análise de consistência dos documentos do projeto.

3.1.2 Monitoramento Elétrico

- Indicação dos status dos elementos

- Apresentação de alarme para desligamentos de unidades e/ou trip de relés

- Indicação dos parâmetros dos multimedidores

- Integração via rede em Modbus com unidade paralelizadoras (interface com medidores de serviço da concessionária em AT)

- Integração via rede em Modbus com geradores

- Integração via rede em Modbus com relés de proteção em AT

3.1.3 Medição de água e gás

- Referência do apartamento

Referência do medidor
Número de matrícula
Totalização do consumo

3.1.4 Pressurização de escadas

Auto-teste semanal de cada ventilador
Ligar ventilador se houver sinal de incêndio
Revezamento por defeito
Apresentação de falha do equipamento

3.1.5 Controle de bombas

Controle por nível e programação horária
Revezamento por tempo e defeito
Apresentação de falha do equipamento

3.1.6 Controle de boilers

Controle por temperatura e programação horária
Apresentação de falha do equipamento

3.1.7 Controle de ventiladores e exaustores

Controle por programação horária
Apresentação de falha do equipamento

3.1.8 Controle de sistema condensação da refrigeração (torre-bomba de condensação)

Controle dos ventiladores das torres por temperatura (apenas máquina com inversor de frequência) e programação horária
Controle das bombas por programação horária
Revezamento por tempo e defeito
Bloqueio de bombas por falta de água
Apresentação de falha do equipamento

3.1.9 Revezamentos

Deverá ser feito por tempo (configurável) ou defeito (o defeito será identificado quando a automação mandar ligar a máquina e mesma não responder com seu respectivo status).

4 ARQUITETURA DE AUTOMAÇÃO ESTUDO DE CASO

Uma arquitetura de automação deve ter como base a Pirâmide de Automação onde os níveis hierárquicos de um processo de automação industrial são representados. A pirâmide é composta por níveis e a cada nível está associado um formato de comunicação de dados que pode ser diferente daquele adotado para a comunicação entre níveis. Na base da pirâmide aparece o Controlador Lógico Programável, responsável por acionar as máquinas, motores e outros processos produtivos. No topo da pirâmide, destaca-se a informatização ligada ao setor corporativo da empresa.



Figura 15 - Pirâmide da Automação Industrial

Fonte: SILVA FILHO (2008).

4.1 NÍVEL 1: CHÃO DE FÁBRICA (MAQUINAS, DISPOSITIVOS E COMPONENTES)

Na base da pirâmide tem-se o nível responsável pelas ligações físicas da rede ou o nível de E/S. Neste nível encontram-se os sensores discretos, as bombas, as válvulas, as contadores, os CLPs e os blocos de E/S. O principal objetivo é o de transferir dados entre o processo e o sistema de controle. Estes dados podem ser binários ou analógicos e a comunicação pode ser feita horizontalmente (entre os dispositivos de campo) e verticalmente,

em direção ao nível superior. É neste nível, comumente referenciado como chão de fábrica onde as redes industriais têm grande atuação.

4.2 NÍVEL 2: SUPERVISÃO E CONTROLE (IHMS)

É o nível dos controladores digitais, dinâmicos e lógicos e de algum tipo de supervisão associada ao processo. Concentra as informações sobre o nível 1.

4.3 NÍVEL 3: CONTROLE DO PROCESSO PRODUTIVO

Permite o controle da planta, sendo constituído por bancos de dados com informações dos índices de qualidade da produção, relatórios e estatísticas de processo e índices de produtividade.

4.4 NÍVEL 4: CONTROLE E LOGÍSTICA DOS SUPRIMENTOS

É o nível responsável pela programação e pelo planejamento da produção.

4.5 NÍVEL 5: GERENCIAMENTO CORPORATIVO

É o nível responsável pela administração dos recursos da empresa. Do ponto de vista da comunicação das informações, no topo da pirâmide encontra-se o nível de informação da rede (gerenciamento). Em alguns casos, este nível é gerenciado por um computador central que processa o escalonamento da produção da planta e permite operações de monitoramento estatístico da planta sendo implementado, na sua maioria, por softwares gerenciais/corporativos.

Uma das dificuldades dos primeiros processos de automação industrial baseava-se na falta de integração das informações dentro do seu respectivo nível da pirâmide. Poucas informações fluíam do nível de supervisão e controle para o nível de controle discreto e praticamente nenhuma informação fluía para o topo da pirâmide, onde se encontram os softwares de gerenciamento da empresa. Nos projetos de automação modernos as informações fluem entre todas as camadas possibilitando uma maior integração.

A arquitetura de automação definida para este projeto tem como base a pirâmide da automação. O nível 1 da pirâmide representa os equipamentos de campo. Os equipamentos do nível 1 são: medidores de energia, medidores de gás, medidores de água, boilers, bombas, ventiladores, exaustores, geradores e relés de proteção. O nível 2 é representado pelos controladores e sistema de supervisão e controle.

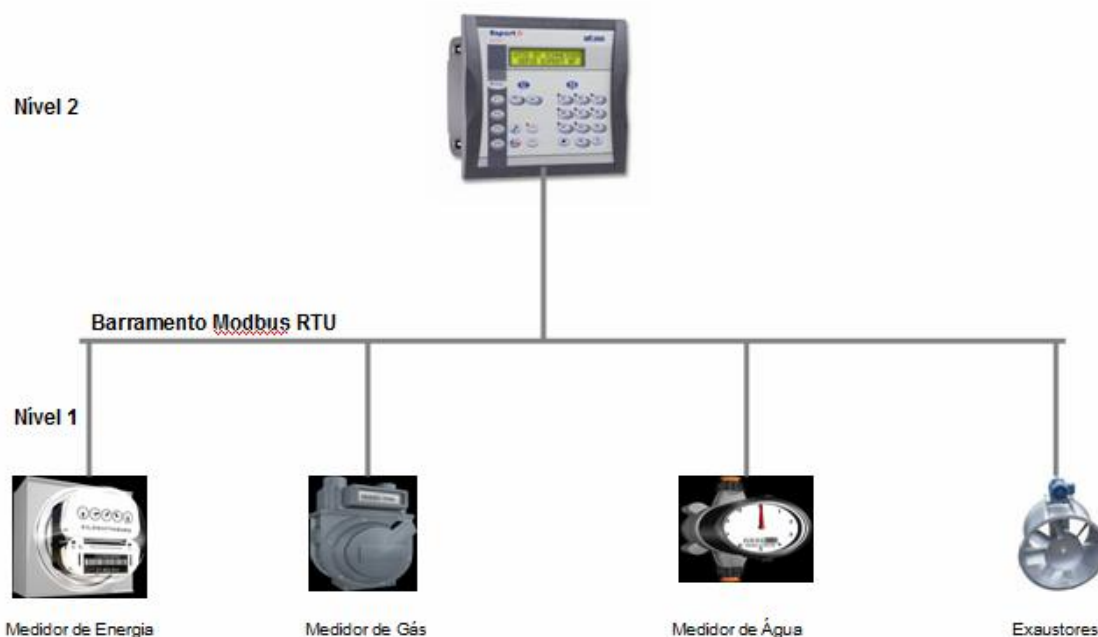


Figura 16 - Arquitetura do projeto - visão por andar

A figura 16 ilustra a arquitetura por andar. O empreendimento é composto por 4 torres. Cada torre tem 28 andares. Sendo que cada andar tem no mínimo um controlador BF EXPERT da *Schneider Electric* para aquisição dos dados de medição dos medidores de energia, gás e água e exaustores.

Os equipamentos de campo são responsáveis pelo fornecimento das informações para os controladores. O protocolo usado na comunicação entre os equipamentos com os controladores é o Modbus RTU. Sendo que os equipamentos de campo são os escravos e o controlador o mestre. Os equipamentos escravos não se comunicam entre si.

A figura 17 ilustra a arquitetura dos sistemas de utilidade. O sistema de utilidade é composto pelos sistemas de bombas, boiler e torre de resfriamento. Cada torre tem um controlador que é responsável por cada sistema. Na torre 1 por exemplo tem 1 controlador para o sistema de bombas, outro para o sistema de boiler e outro para o sistema da torre de resfriamento. As demais torres seguem a mesma configuração. Todos os controladores do sistema de utilidade são do mesmo tipo dos controladores por andar.

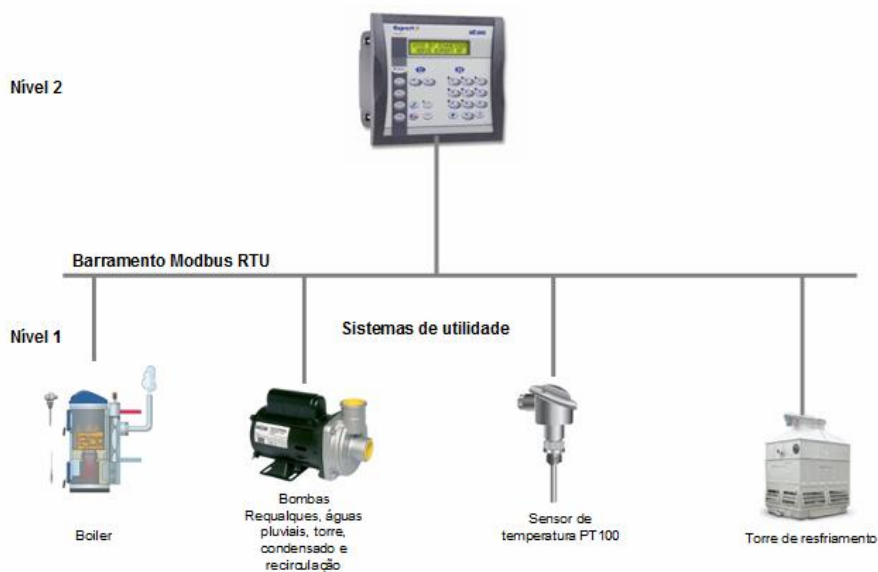


Figura 17 - Arquitetura dos sistema de utilidade

A arquitetura geral do projeto é representada na figura 18. Cada torre tem um controlador TWIDO também da *Schneider Electric* que é responsável pelas ações de controle e aquisição dos dados vindos dos controladores dos andares. O controlador TWIDO é o mestre na rede de controladores, sendo encarregado de fazer a interface com o sistema de supervisão e controle. Os controladores dos andares são mestres para os equipamentos de campos e escravos em relação aos controladores TWIDO. Os controladores TWIDO de cada torre estão em rede e se comunicam pelo protocolo TCP/IP. O barramento Ethernet é redundante dando maior segurança e disponibilidade para troca de dados entre os sistemas.

O sistema de supervisão é composto por duas máquinas que estão ligadas ao barramento Ethernet por duas placas de rede. Formando assim a rede de automação do empreendimento.

Ainda na figura 18, é possível notar a segregação entre as redes de automação e a rede corporativa do empreendimento. O *firewall* é o responsável por esta separação, evitando que os dados da rede de automação sejam indevidamente acessados por qualquer usuário na rede corporativa.

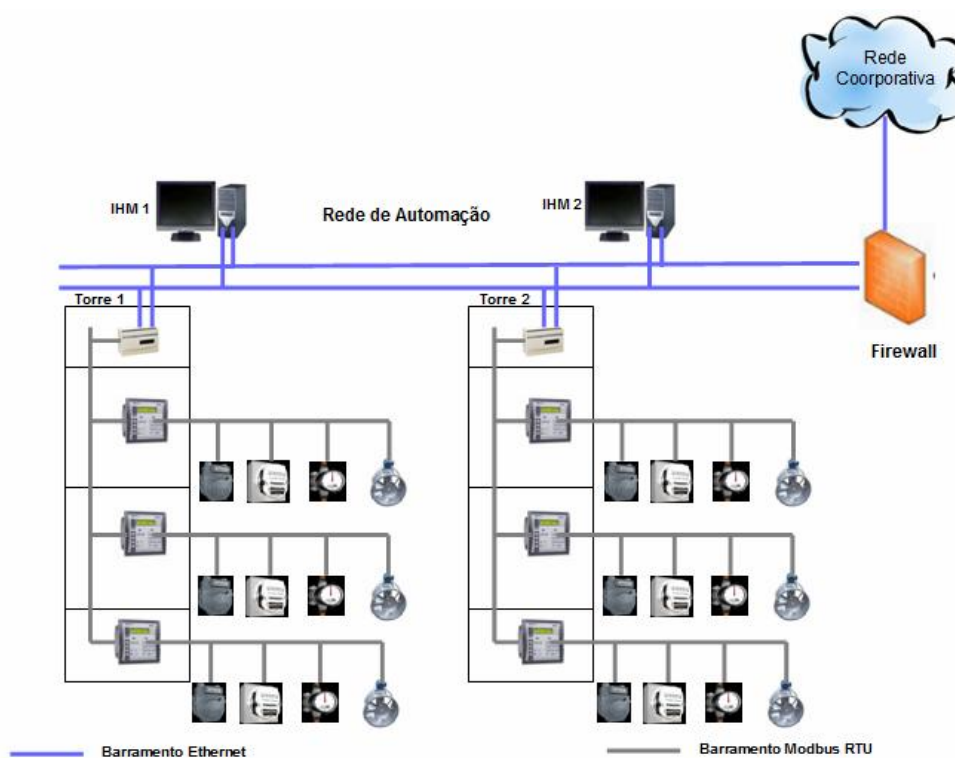


Figura 18 - Arquitetura geral do projeto

5. IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE CONTROLE

Neste capítulo descreveremos as lógicas de controle e os principais requisitos dos sistemas. As bombas são usadas para transporte dos líquidos ou mantê-lo em escoamento quando necessário. Neste projeto são usadas várias bombas para diversas aplicações, como:

Bombas de recalques usadas para levar água do reservatório de abastecimento da concessionária de água até os tanques localizados no alto das torres.

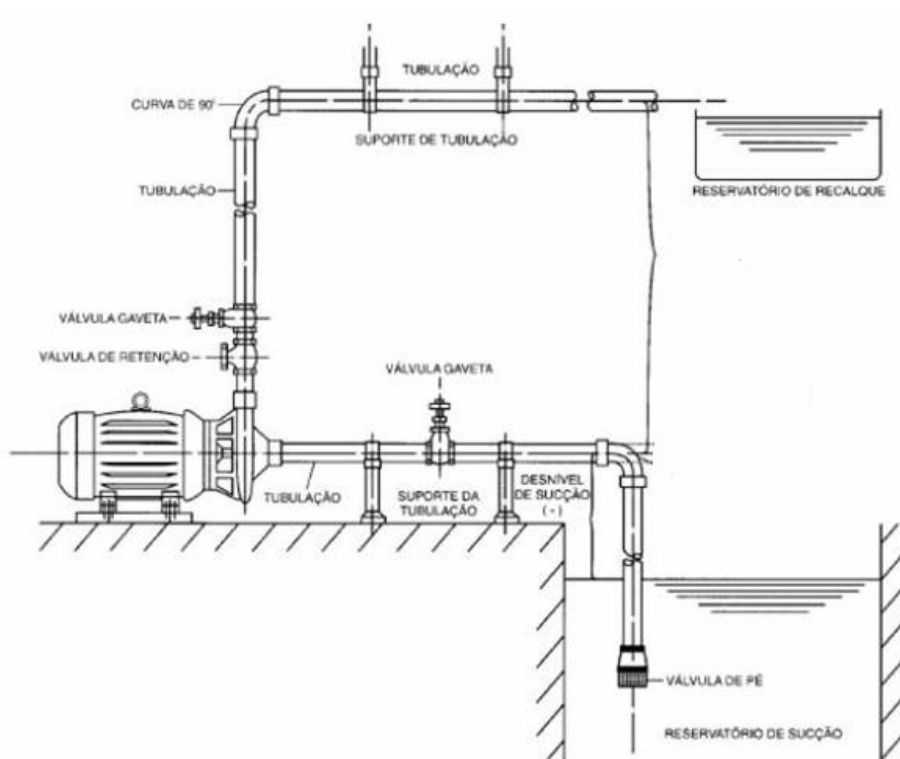


Figura 19 - Exemplo de bomba de recalque

Bombas de condensados usadas para remover a água condensada do sistema de ar condicionado em locais que não possuem um dreno próximo.

Bombas de recirculação usadas para fazer circular a água para as torres de resfriamento.

Boiler é usado para aquecer água para as torres residências.

Ventiladores de pressurização são usados para pressurizar as escadas contra fumaça em caso de incêndios.

5.1 TORRES DE RESFRIAMENTO

As torres são acionadas por uma programação horária. A programação horária permite parametrizar o horário de acionamento das bombas, assim como, o revezamento entre elas. Os parâmetros referentes à programação horária são informados pelo operador através do sistema de supervisão e controle.

Um PID controla a temperatura do conjunto de torres, sendo um sensor de temperatura na saída de água para o sistema de resfriamento. Abaixo segue os parâmetros de configuração do PID.

Parâmetros e requisitos do PID:

- Range de saída do PID: 0 a 100%
- Quando o PID zerar, desligar todas as torres
- Quando o PID for maior que 0% e menor ou igual a 50%, ligar uma torre (líder)
- Quando o PID estiver maior que 50%, ligar a segunda torre (escrava)
- Revezamento por tempo e defeito da torre líder e torre reserva
- Quando apenas uma bomba em operação ($PID \leq 50\%$), controlar velocidade conforme valor do PID, sendo que a variação de 0 a 50% do PID deverá corresponder a uma variação de 0 a 100% da velocidade do motor;
- Quando a segunda bomba em operação ($PID > 50\%$), controlar sua velocidade conforme valor do PID, lembrando que a variação de 50 a 100% do PID deverá corresponder a uma variação de 0 a 100% da velocidade do motor;
- A programação deve prevê um tempo mínimo de torre ligada e outro tempo mínimo de torre desligada para evitar ciclagem excessiva dos motores numa caso de instabilidade da malha.

Os parâmetros do PID são informados pelo operador através do sistema de supervisão. O inversor de frequência opera na frequência mínima de 30Hz.

5.2 BOMBAS DA TORRES

Cada bomba segue sua respectiva torre, ou seja, se a torre 1 está ligada a bomba 1 estará ligada. Só é liberado o funcionamento das bombas se os sensores de níveis estiverem informando que o nível de água nas torres estão abaixo do esperado. Na partida das bombas acionam-se primeiro as bombas de condensação e depois de 10 segundos as bombas das torres.

5.3 BOMBAS DE CONDENSAÇÃO

Deverão seguir programação horária, prever revezamento 2 bombas em funcionamento e 1 reserva, com revezamento por tempo ou defeito.

5.4 BOMBAS DE RECIRCULAÇÃO

As bombas de recirculação são acionadas também por programação horária e recebe habilitação para funcionamento a partir do equipamento PT100 instalado no quadro de recirculação. A Chave automático-manual terá como default o valor automático. Deverá ser considerado defeito quando o equipamento acionado pelo CLP não retornar o respectivo status durante um tempo de persistência de 10 segundos. Esse tempo é configurado pelo sistema de supervisão.

5.5 VENTILADORES DE PRESSURIZAÇÃO

Cada painel possui 4 ventiladores, sendo 1 conjunto de 2 para cada escada. Cada conjunto (de dois ventiladores) será acionado por um sinal oriundo do sistema de incêndio, sendo que uma vez recebido este sinal, operará um ventilador apenas, e outro ficará como reserva, operando em caso de falha do primeiro.

Semanalmente será realizado auto-teste de operação de cada motor (um por vez), para verificação de falhas. Deverá ser considerado defeito quando o equipamento for acionado pelo CLP e não retornar o respectivo status durante um tempo de persistência de 10 segundos. Esse tempo é configurado pelo sistema de supervisão.

5.6 BOILER

Os boilers são ligados primeiro do que as bombas de condensação e depois as bombas das torres.

Um dos principais requisitos do sistema é a programação horária para acionamento e desligamento das bombas e ventiladores a partir dos parâmetros de horas informados pelo operador do sistema. O operador através do sistema de supervisão informa os parâmetros referentes a hora de acionamento, que é a hora que o sistema de controle das bombas deve

ligar as bombas e a hora de desligamento que é a hora que o referido sistema de controle deve desligar a bomba.

Para a implementação dessa lógica de controle usamos o paradigma de orientação a objeto para criar um objeto único que pudesse ser utilizado pelos vários sistemas de controle do projeto. Os principais benefícios da orientação a objeto ao projeto, destacamos o encapsulamento que consiste em ocultar os aspectos interno de implementação do componente do mundo externo, o conceito de objeto que é uma abstração de um objeto real e atributos que são as características do objeto. Como consequência da utilização de alguns aspectos da orientação a objetos notamos que a manutenção no programa de controle ficou mais simples e rápida e com reaproveitamento de código ganhamos no tempo de implementação. A figura 20 ilustra os aspectos interno de implementação do objeto programador horário usado depois em vários programas de controle. A figura 21 ilustra o uso do objeto no programa de controle dos ventiladores.

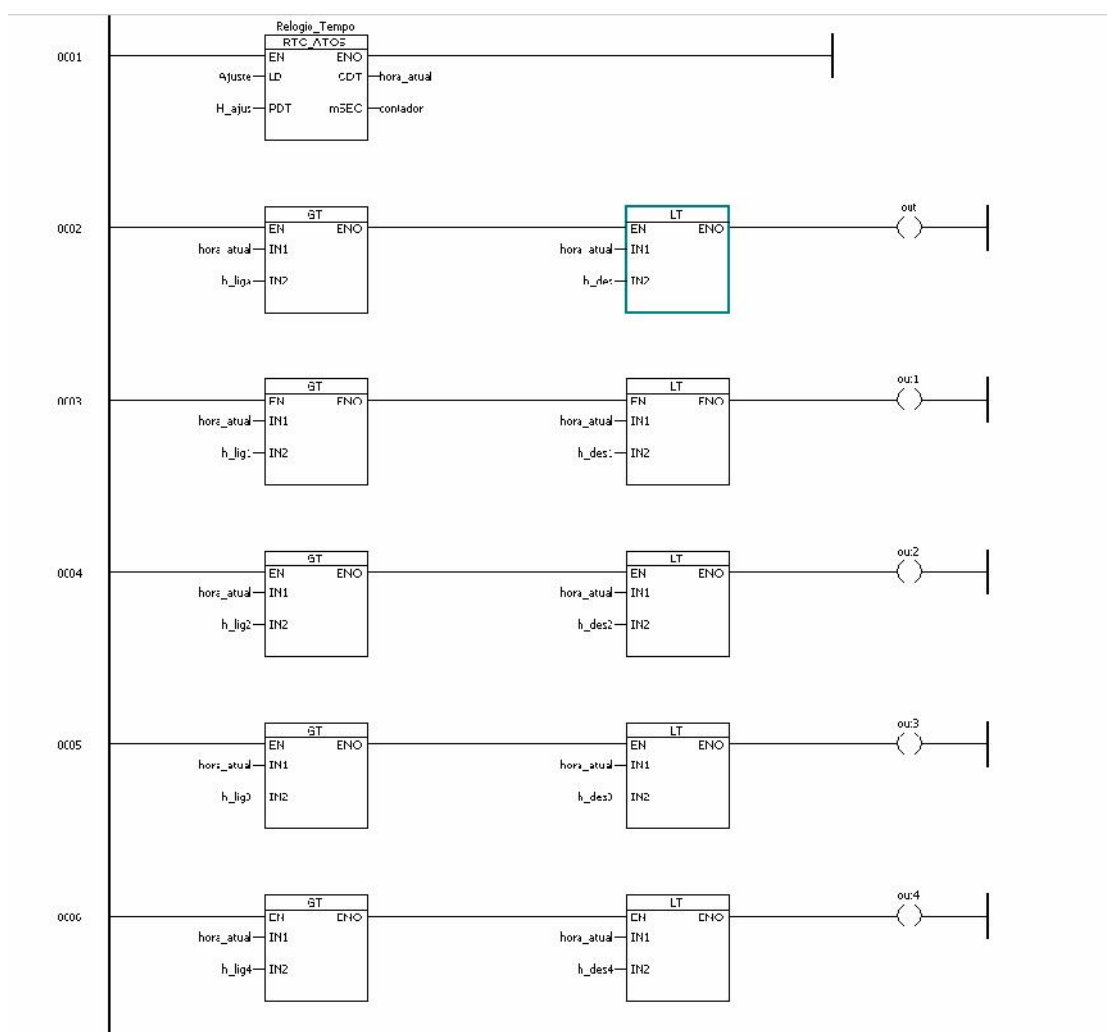


Figura 20 - Implementação do objeto programador horário

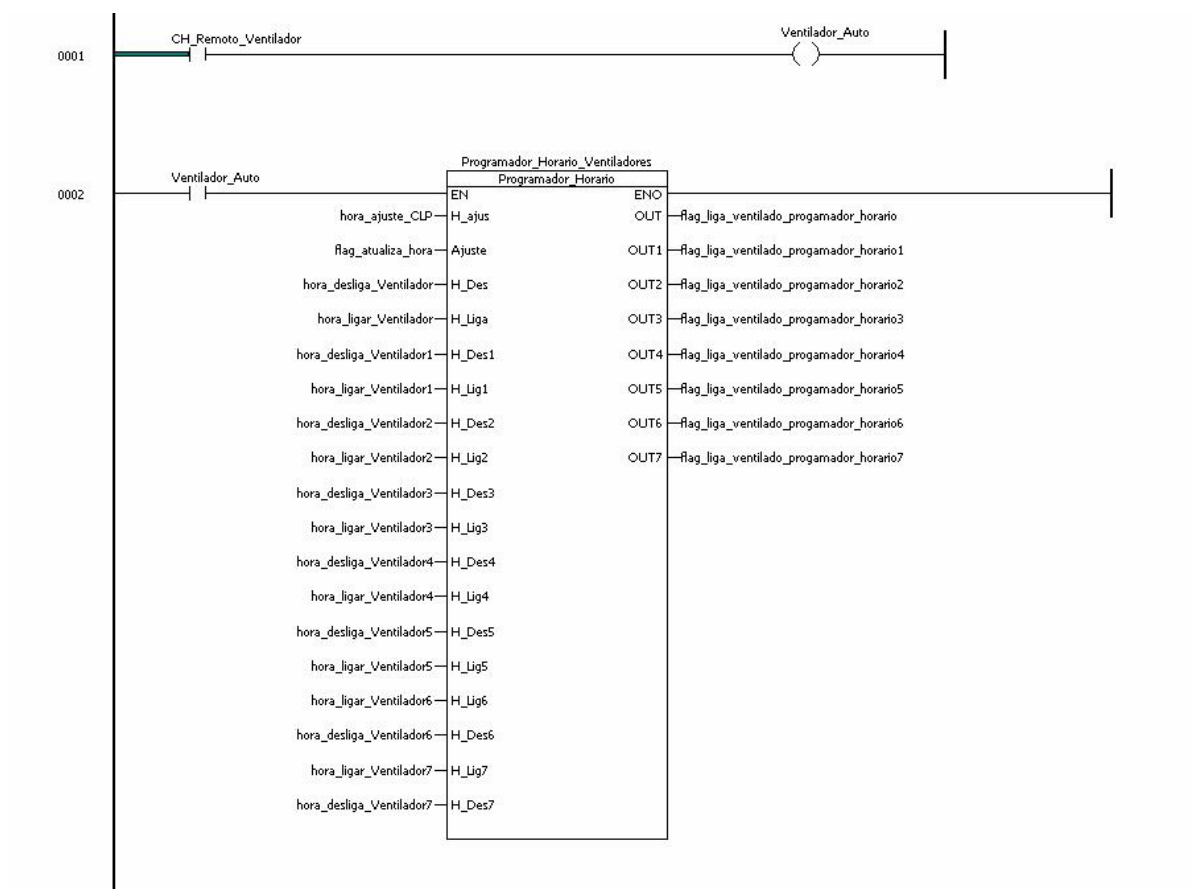


Figura 21 - Objeto programador horário no sistema de controle ventiladores

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

A automação surgiu da necessidade de otimização do controle de processos industriais e máquinas tecnológicas, visando implementar produtividade, redução de custo operacional e qualidade nos procedimentos anteriormente executados somente pelo trabalho humano.

O objetivo de trazer para o ambiente comercial benefício que automação de processos pode proporcionar resultou em estudos e elaboração de soluções para a automação e controle de energia. A automação predial tem levado aos ambientes de trabalho e residências, dentre outras coisas, melhores índices de conforto, segurança e o consumo de energia apropriado.

Hoje graças aos grandes avanços da tecnologia, a automação predial concentra esforços para integração dos sistemas, buscando a intercomunicação de controles isolados, unificando e centralizando informações necessárias ao gerenciamento de todo complexo. A automação predial deixa de ser um diferencial e passa a ser uma necessidade.

A ênfase da automação predial é na integração de vários sistemas que são agregados aos prédios como: Sistema de segurança, sistema de controle de acesso, sistema de monitoramento de energia, etc. Tradicionalmente esses sistemas eram operados de forma individual e tinham seus próprios controladores e protocolos de comunicação, que em prédios modernos, tornavam-se muito caros e complexos.

Os sistemas de automação predial disponíveis no mercado foram desenvolvidos em grande escala, para soluções industriais e comerciais. Existe uma forte tendência que os sistemas de automação predial sejam aplicados cada vez mais em edifícios e casas residenciais que estarão equipadas com pequenos sistemas de automação predial para conforto humano, conveniência com a finalidade de economia de energia.

O critério de uma escolha correta de um sistema de automação predial deve levar em conta: o conceito de sistemas abertos que permitam que o usuário possa alterar as variáveis e linhas de código de acordo com as necessidades do sistema e interoperáveis com os demais componentes, bem como a utilização de protocolos abertos, interfaces de usuários abertas, opções de rede, acesso às informações e interoperabilidade com outros sistemas de automação predial.

As tecnologias da automação industrial servem de base para o desenvolvimento da automação predial. Tecnologias hoje consolidadas na indústria são tidas como inovadoras

na automação predial. A tecnologia OPC é um exemplo. Historiador de dados de tempo real é um exemplo de tecnologia industrial tida como inovadora na automação predial. A tecnologia da informação é a grande responsável pela integração na automação.

7. RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

A arquitetura apresentada limita-se aos níveis 1 e 2 da pirâmide da automação. A total integração com os outros níveis é uma oportunidade a ser implementada em trabalhos futuros, bem como a melhoria na disponibilidade e segurança das informações. A rede de controladores é outro ponto que merece atenção especial. A redundância da camada de controle é comumente utilizada na indústria para mais prover segurança e disponibilidade do processo. A redundância da camada de controle deve principalmente abranger os controladores das torres que são os mais importantes no processo.

A utilização da tecnologia OPC como tecnologia de referência para integração entre sistemas de fornecedores diferentes é uma realidade na indústria e seu uso cresce a cada dia. Fazendo uso da tecnologia OPC é possível historiar dados da planta, analisá-los, monitorá-los e visualizá-los em tempo real. Além de fornecer uma ampla variedade de opções para manipulação, análise visualização e publicação desses dados.

O acompanhamento em tempo real referente ao consumo de energia elétrica, gás e água é outra opção para ser implementada. A partir dos dados armazenados no historiador de dados é possível disponibilizar esses dados para o consumidor residencial.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, Jair Jonko. **Framework Orientado a Objeto para o Desenvolvimento de Aplicações de Automação Predial e Residencial**. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- BRUNE Osmar. **CLPs de pequeno porte**. Mecatrônica atual - Ano 4 - n° 21– abril/maio – 2005
- BOLZANI, Caio Augustus Moraes. **Residências Inteligentes**. São Paulo, 2004, Editora Física, 1º Edição.
- CASTRO NETO, J. S.; **Edifícios Inteligentes**, São Paulo, 1992.
- DDC, Controle Digital Direto; Disponível em: <http://www.ddc-online.org/> Acesso em 24/03/2012 às 20h 55min
- MARTE, C. L.; **Automação predial: a inteligência distribuída nas edificações** São Paulo, 1995.
- MENDES, André da Silva. **Historiamento e Publicação de Dados em Tempo Real, Utilizando Arquitetura PIMS**. Monografia (Especialização em Automação, Controle e Robótica) Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, Salvador, 2010.
- MORAES, Cícero Couto de; CASTRUCCHI, Plínio de Lauro. **Engenharia de Automação Industrial**. 1.ed. Rio de Janeiro: LCT, 2001.
- MODBUS.ORG, **Modbus Application Protocol Specification V1.1b**. Disponível em http://www.modbus.org/docs/Modbus_Application_Protocol_V1_1b.pdf. Acesso em 11/06/2012 às 20h23min.
- NATALE, Ferdinando. **Automação Industrial**. São Paulo, SP, Editora Érica. 2003.
- RIBEIRO, Marco Antônio. **Automação Industrial**. 5ª edição. Salvador: 2005.
- SIEMENS, PLCs. Disponível em: <http://www3.sea.siemens.com/step/pdfs/plcs.pdf>. Acesso em 07/03/2012 às 15h55min
- SILVEIRA, Paulo R.; SANTOS, Winderson E. **Automação e Controle Discreto**. 9ª edição. São Paulo, 2010.
- SILVA FILHO, Bernardo Severo da. **Curso de Controladores Lógicos Programáveis**. Disponível em: www.lee.eng.uerj.br/downloads/cursos/clp/clp_1.pdf. Acesso em 07/03/2012 às 16h07min
- SOUZA, Marco Antônio Baptista de; **Estudo Comparativo entre a Aplicação de Sistemas Dedicados e a Utilização de Controladores Lógicos-Programáveis na Automação de Sistemas Prediais**. Dissertação (Meste em Engenharia) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004
- TANENBAUM, Andrew S. **Redes de computadores**. São Paulo, 2003, Editora Campus.

VIANA, Gustavo. **Automação Predial: Integrando Sistemas do Edifício**, 2000.

WANG, Shengwei, **Intelligent Buildings and Building Automation**, Londres, Spon Press. 2010.

ÂNDICE A - LISTA DE I/O BOMBAS DE RECALQUES

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Endereço	Nome	Descrição	Endereço	Posição Modbus	Hexa	Posição Modbus (Hexa(1))				
%I1.1.1	status_bomba1	Status que informa bomba de recalque 1 ligada	0000	%1	1	00				
%I1.1.2	status_bomba2	Status que informa bomba de recalque 2 ligada	0001	%2	2	01				
%I1.1.3	CH_remoto_bomba1	Status que determina bomba de recalque 1 em remoto	0002	%3	3	02				
%I1.1.4	CH_remoto_bomba2	Status que determina bomba de recalque 2 em remoto	0003	%4	4	03				
%I1.1.5	nivel_reservatorio_recalque_minimo	Sensar do nível mínimo do reservatório de recalque(valor 0 com nível abaixo do mínimo)	0004	%5	5	04				
%I1.1.6			0005	%6	6	05				
%I1.1.7			0006	%7	7	06				
%I1.1.8		ENTRADA DIGITAL 8	0007	%8	8	07				
%I1.1.9		ENTRADA DIGITAL 9	0008	%9	9	08				
%I1.1.10		ENTRADA DIGITAL 10	0009	%0	A	09				
%I1.1.11		ENTRADA DIGITAL 11	000A	%1	B	0A				
%I1.1.12		ENTRADA DIGITAL 12	000B	%2	C	0B				
%I1.1.13		ENTRADA DIGITAL 13	000C	%3	D	0C				
%I1.1.14		ENTRADA DIGITAL 14	000D	%4	E	0D				
%Q1.1.1	liga_bomba1	Liga a bomba de recalque 1	0400	%001	BB0	3000	BB0			
%Q1.1.2	liga_bomba2	Liga a bomba de recalque 2	0401	%002	BB1	3001	BB1			
%Q1.1.3		SAÍDA DIGITAL 3	0402	%003	BB3	3003	BB3			
%Q1.1.4		SAÍDA DIGITAL 4	0403	%004	BB4	3004	BB4			
%Q1.1.5		SAÍDA DIGITAL 5	0404	%005	BB5	3005	BB5			
%Q1.1.6		SAÍDA DIGITAL 6	0405	%006	BB6	3006	BB6			
%Q1.1.7		SAÍDA DIGITAL 7	0406	%007	BB7	3007	BB7			
%Q1.1.8		SAÍDA DIGITAL 8	0407	%008	BB8	3008	BB8			
%Q1.1.9		SAÍDA DIGITAL 9	0408	%009	BB9	3009	BB9			
%Q1.1.10		SAÍDA DIGITAL 10	0409	%010	BB0	300A	BB0			
%ID1.1.1		CURRENT VALUE 1	0010	%0	B	00				
%ID1.1.2		CURRENT VALUE 2	0014	%1	B	04				
%ID1.1.3		CURRENT VALUE 3	0018	%3	D	08				
%ID1.1.4		CURRENT VALUE 4	001C	%4	E	0C				

Figura 22 - Lista de I/O bombas de recalques

APÊNDICE B - BASE DE DADOS DOS PONTOS DIGITAIS COM SEUS RESPECTIVOS ENDEREÇOS MODBUS. BOMBAS DE RECALQUES

A	B	F	G	H	I	J	K
Endereço	Nome	Descrição	Endereço	Posição Modbus	Hexa	Posição Modbus(-1)	Hexa(-1)
%MX1	bomba1_remoto	indica que bomba de recalque 1 está em remoto	%300	7001	1969	7000	1E68
%MX2	status_revesamento_bomba1	status que determina bomba 1 está pelo revesamento	%301	7002	196A	7001	1E69
%MX3	liga_bomba_1_revesamento	status bomba 1 ligada pelo revesamento	%302	7003	196B	7002	1E6A
%MX4	permissao_liga_bomba1_revesamento	Permissão de liga bomba 1 por revesamento	%303	7004	196C	7003	1E6D
%MX5	fim temporizacao_bomba1	determina o fim da temporização do bomba 1	%304	7005	196D	7004	1E6C
%MX6	bomba2_remoto	indica que bomba de recalque 2 está em remoto	%305	7006	196E	7005	1E6D
%MX7	status_revesamento_bomba2	status que determina bomba 2 está pelo revesamento	%306	7007	196F	7006	1E6E
%MX8	permissao_liga_bomba2_revesamento	Permissão de liga bomba 2 por revesamento	%307	7008	1960	7007	1E6F
%MX9	liga_bomba_2_revesamento	status bomba 2 ligada pelo revesamento	%308	7009	1961	7008	1E60
%MX10	fim temporizacao_bomba2	determina o fim da temporização de bomba 2	%309	7010	1962	7009	1E61
%MX11	nivel_alto_MODBUS	Bit na redebida pela rede MODBUS que determina nível alto do tanque de água	%30A	7011	1963	7010	1E62
%MX12	reset_bomba1	Maneja para resetar o alarme na bomba 1	%30B	7012	1964	7011	1E63
%MX13	flag_liga_alarme_bomba1	Flag que indica falha na bomba 1	%30C	7013	1966	7012	1E64
%MX14	status_falha_bomba1	R1 indica falha na bomba 1	%30D	7014	1966	7013	1E65
%MX15	inicio_tempo_falha_bomba1	Inicia a contagem de tempo para falha da bomba 1	%30E	7015	1967	7014	1E66
%MX16	inicio_tempo_falha_bomba2	Inicia a contagem de tempo para falha da bomba 2	%30F	7016	1968	7015	1E67
%MX17	flag_liga_alarme_bomba2	Flag que indica falha na bomba 2	%310	7017	1969	7016	1E68
%MX18	status_falha_bomba2	R1 indica falha na bomba 2	%311	7018	196A	7017	1E69
%MX19	atualiza_hora	Bit que habilita a atualização das horas do CLP	%312	7019	196J	7018	1E6A
%MX20	flag_liga_bomba_programador_horario1	Flag que liga a bomba pelo programador horario 1	%313	7020	196C	7019	1E6B
%MX21	flag_liga_bomba_programador_horario1	Flag que liga a bomba pelo programador horario 2	%314	7021	196D	7020	1E6C
%MX22	flag_liga_bomba_programador_horario2	Flag que liga a bomba pelo programador horario 3	%315	7022	196E	7021	1E6D
%MX23	flag_liga_bomba_programador_horario3	Flag que liga a bomba pelo programador horario 4	%316	7023	196E	7022	1E6E
%MX24	flag_liga_bomba_programador_horario4	Flag que liga a bomba pelo programador horario 5	%317	7024	1970	7023	1E6F
%MX25	flag_liga_bomba_programador_horario5	Flag que liga a bomba pelo programador horario 6	%318	7025	1971	7024	1E70
%MX26	flag_liga_bomba_programador_horario6	Flag que liga a bomba pelo programador horario 7	%319	7026	1972	7025	1E71
%MX27	flag_liga_bomba_programador_horario7	Flag que liga a bomba pelo programador horario 8	%31A	7027	1973	7026	1E72
%MX28	liga_bomba1_condicoes_normais	Liga a bomba 1 por nível baixo ou programador horario	%31B	7028	1974	7027	1E73
%MX29	liga_bomba1_falha_bomba2	Liga a bomba 1 por falha da bomba 2	%31C	7029	1975	7028	1E74
%MX30	liga_bomba2_condicoes_normais	Liga a bomba 2 por nível baixo ou programador horario	%31D	7030	1976	7029	1E75
%MX31	liga_bomba2_falha_bomba1	Liga a bomba 2 por falha da bomba 1	%31E	7031	1977	7030	1E76
%MX32			%31E	7032	1978	7031	1E77

Figura 23 - Base de dados pontos digitais - Bombas de recalques

APÊNDICE C - BASE DE DADOS DOS PONTOS DATE E TIME COM SEUS RESPECTIVOS ENDEREÇOS MODBUS. BOMBAS DE RECALQUES

A	B	F	G	H	I	J	K
Endereço	Nome	Descrição	Endereço	Posição Modbus	Hexa	Posição Modbus(-1)	Hexa(-1)
%MT1	tempo_bomba_1	Tempo de bomba 1 ativa	3C00	%0001	7531	300C0	7530
%MT2	miles_time1	contador de milesegundos temporizador 1	3C04	%0003	7533	300C2	7532
%MT3	miles_time2	contador de milesegundos temporizador 1	3C08	%0005	7535	300C4	7534
%MT4	ajuste_hora_c.p	variavel que faz a atualização da hora no C.P	3C0C	%0007	7537	300C6	7536
%MT5	hora_ligar_bomba	Hora inicial de ligar bomba programador horario 1	3C10	%0009	7539	300C8	7538
%MT6	hora_cesliga_bomba	Hora de desligar bomba programador horario 1	3C14	%0011	753B	30010	753A
%MT7	hora_ligar_bomba1	Hora inicial de ligar bomba programador horario 2	3C18	%0013	753D	30012	753C
%MT8	hora_cesliga_bomba1	Hora de desligar bomba programador horario 2	3C1C	%0015	753F	30014	753F
%MT9	hora_ligar_bomba2	Hora inicial de ligar bomba programador horario 3	3C20	%0017	7541	30016	7540
%MT10	hora_cesliga_bomba2	Hora de desligar bomba programador horario 3	3C24	%0019	7543	30018	7542
%MT11	hora_ligar_bomba3	Hora inicial de ligar bomba programador horario 4	3C28	%0021	7545	30020	7544
%MT12	hora_cesliga_bomba3	Hora de desligar bomba programador horario 4	3C2C	%0023	7547	30022	7546
%MT13	hora_ligar_bomba4	Hora inicial de ligar bomba programador horario 5	3C30	%0025	7549	30024	7548
%MT14	hora_cesliga_bomba4	Hora de desligar bomba programador horario 5	3C34	%0027	754B	30026	754A
%MT15	hora_ligar_bomba5	Hora inicial de ligar bomba programador horario 6	3C38	%0029	754D	30028	754C
%MT16	hora_cesliga_bomba5	Hora de desligar bomba programador horario 6	3C3C	%0031	754F	30030	754F
%MT17	hora_ligar_bomba6	Hora inicial de ligar bomba programador horario 7	3C40	%0033	7551	30032	7550
%MT18	hora_cesliga_bomba6	Hora de desligar bomba programador horario 7	3C44	%0035	7553	30034	7552
%MT19	hora_ligar_bomba7	Hora inicial de ligar bomba programador horario 8	3C48	%0037	7555	30036	7554
%MT20	hora_cesliga_bomba7	Hora de desligar bomba programador horario 8	3C4C	%0039	7557	30038	7556
%MT21			3C50	%0041	7559	30040	7558
%MT22			3C54	%0043	755B	30042	755A
%MT23			3C58	%0045	755D	30044	755C
%MT24			3C5C	%0047	755F	30046	755F
%MT25			3C60	%0049	7561	30048	7560
%MT26			3C64	%0051	7563	30050	7562
%MT27			3C68	%0053	7565	30052	7564
%MT28			3C6C	%0055	7567	30054	7566
%MT29			3C70	%0057	7569	30056	7568
%MT30			3C74	%0059	756B	30058	756A
%MT31			3C78	%0061	756D	30060	756C
%MT32			3C7C	%0063	756E	30062	756E

Figura 24 - Base de dados dos pontos date e time. Bombas de recalques

APÊNDICE D - LISTA DE I/O DO SLOT A1 COM SEUS RESPECTIVOS ENDEREÇOS MODBUS

A	B	C	D	E	F	G	H
Endereço	Nome	Tipo de Dado	Atributo	Valor Inicial	Descrição	Endereço	Posição Modbus
%I1.1.1	CH_Remoto_Ventilador	BOOL	NON RETAIN		Chave Indica Sistema Ventilador em Remoto	0000	1
%I1.1.2	CH_Remoto_Exaustor	BOOL	NON RETAIN		Chave Indica Sistema Exaustor em Remoto	0001	2
%I1.1.3	Status_Ventilador	BOOL	NON RETAIN		Sinal Indica Ventilador Ligado	0002	3
%I1.1.4	Status_Exaustct	BOOL	NON RETAIN		Sinal Indica Exaustor Ligado	0003	4
%I1.1.5		BOOL	NON RETAIN		ENTRADA DIGITAL 5	0004	5
%I1.1.6		BOOL	NON RETAIN		ENTRADA DIGITAL 6	0005	6
%I1.1.7		BOOL	NON RETAIN		ENTRADA DIGITAL 7	0006	7
%I1.1.8		BOOL	NON RETAIN		ENTRADA DIGITAL 8	0007	8
%I1.1.9		BOOL	NON RETAIN		ENTRADA DIGITAL 9	0008	9
%I1.1.10		BOOL	NON RETAIN		ENTRADA DIGITAL 10	0009	10
%I1.1.11		BOOL	NON RETAIN		ENTRADA DIGITAL 11	000A	11
%I1.1.12		BOOL	NON RETAIN		ENTRADA DIGITAL 12	000B	12
%I1.1.13		BOOL	NON RETAIN		ENTRADA DIGITAL 13	000C	13
%I1.1.14		BOOL	NON RETAIN		ENTRADA DIGITAL 14	000D	14
%Q1.1.1	Liga_Ventilador	BOOL	NON RETAIN	FALSE	Sinal Ligar Ventilador	0400	3001
%Q1.1.2	Liga_Exaustor	BOOL	NON RETAIN	FALSE	Sinal Ligar Exaustor	0401	3002
%Q1.1.3		BOOL	NON RETAIN	FALSE	SAIDA DIGITAL 3	0402	3003
%Q1.1.4		BOOL	NON RETAIN	FALSE	SAIDA DIGITAL 4	0403	3004
%Q1.1.5		BOOL	NON RETAIN	FALSE	SAIDA DIGITAL 5	0404	3005
%Q1.1.6		BOOL	NON RETAIN	FALSE	SAIDA DIGITAL 6	0405	3006
%Q1.1.7		BOOL	NON RETAIN	FALSE	SAIDA DIGITAL 7	0406	3007
%Q1.1.8		BOOL	NON RETAIN	FALSE	SAIDA DIGITAL 8	0407	3008
%Q1.1.9		BOOL	NON RETAIN	FALSE	SAIDA DIGITAL 9	0408	3009
%Q1.1.10		BOOL	NON RETAIN	FALSE	SAIDA DIGITAL 10	0409	3010
%ID1.1.1		DINT	RETAIN		CURRENT VALUE 1	0010	9
%ID1.1.2		DINT	RETAIN		CURRENT VALUE 2	0014	11
%ID1.1.3		DINT	RETAIN		CURRENT VALUE 3	0018	13
%ID1.1.4		DINT	RETAIN		CURRENT VALUE 4	001C	15

Figura 15 - Lista de I/O e endereços Modbus. Ventiladores

APÊNDICE E - PROGRAMA DE CONTROLE DOS VENTILADORES

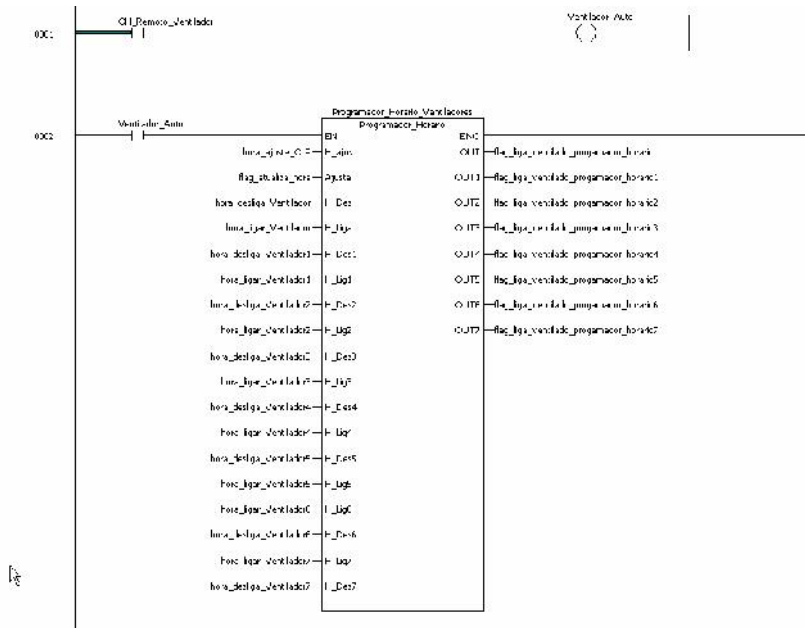


Figura 26 - Programa controle dos ventiladores - Parte 1

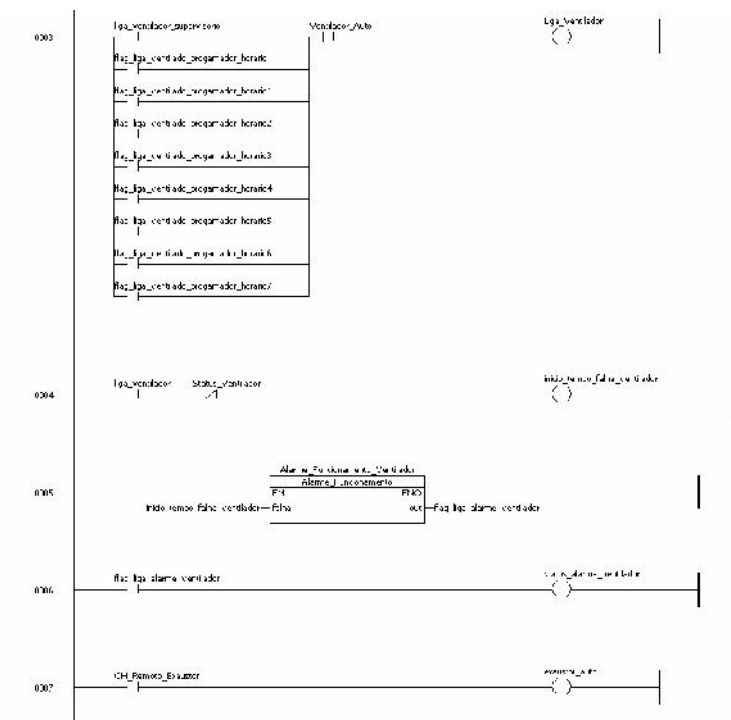


Figura 27 - Programa controle dos ventiladores - Parte 2

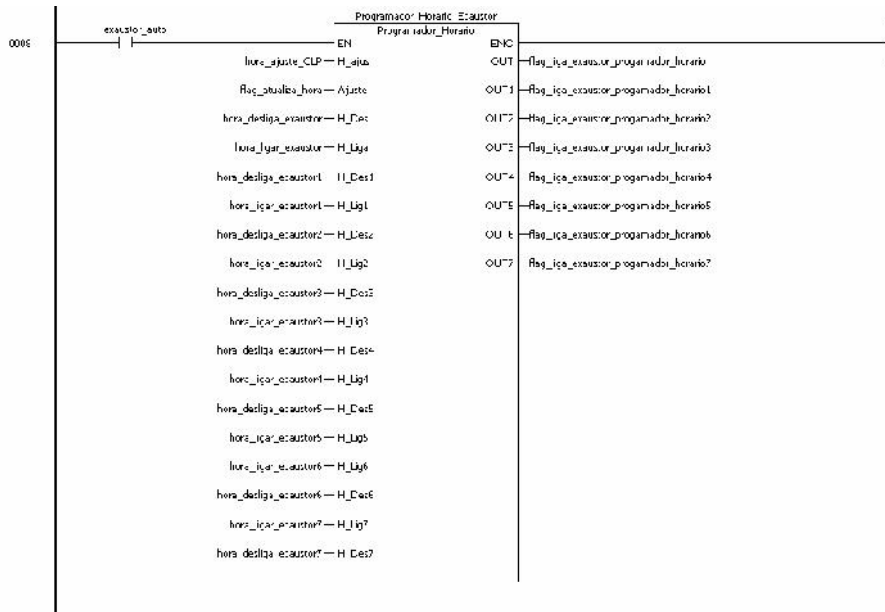


Figura 28 - Programa controle dos ventiladores - Parte 3

APÊNDICE F - PROGRAMA DE CONTROLE BOMBAS DE RECALQUES

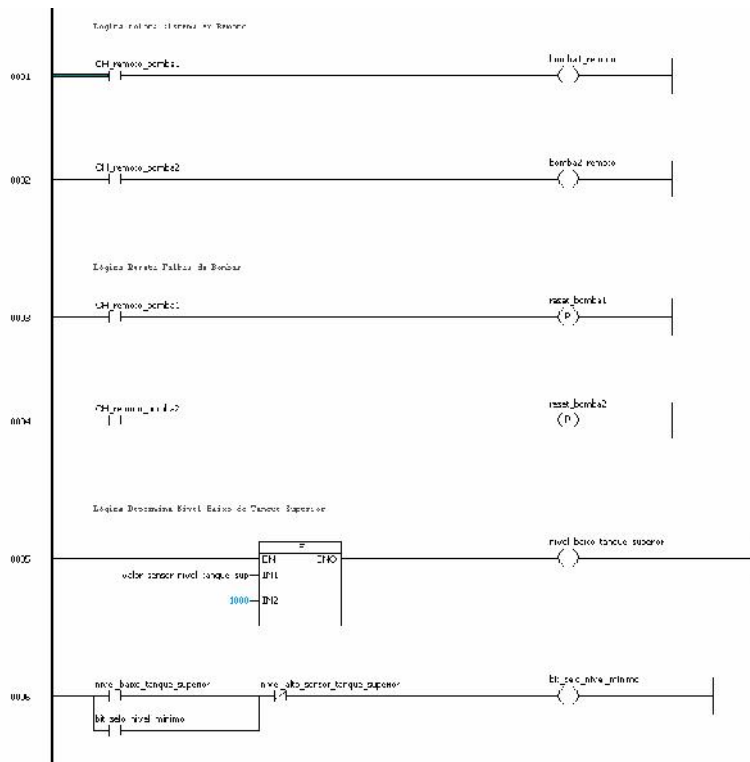


Figura 29 - Programa controle bomba de recalque - Parte 1

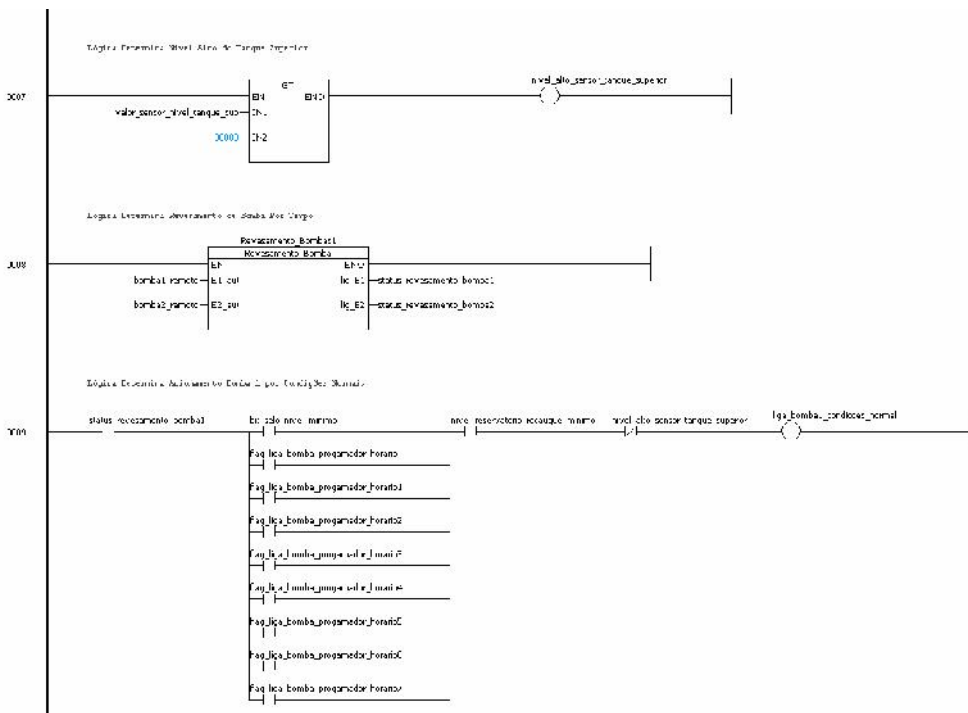


Figura 30 - Programa controle bomba de recalque - Parte 2

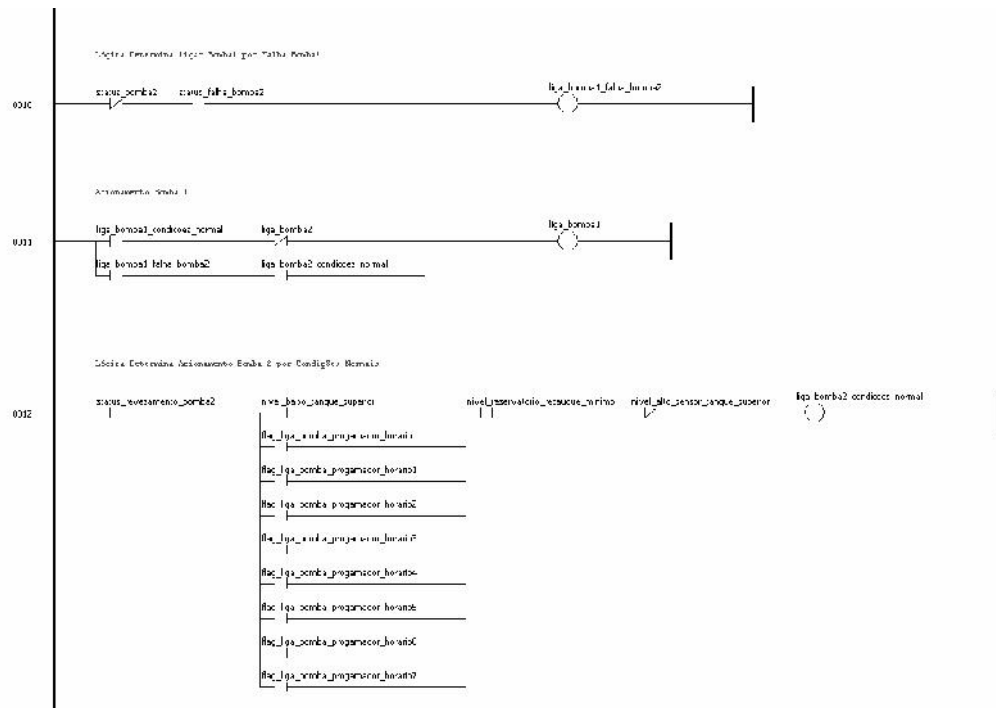


Figura 31 - Programa controle bomba de recalque - Parte 3