

**UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS**  
**CURSO DE CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO**  
(Bacharelado)

**PROTÓTIPO DE UM SISTEMA PARA SUPERVISÃO DE  
EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO À UNIVERSIDADE  
REGIONAL DE BLUMENAU PARA A OBTENÇÃO DOS CRÉDITOS NA  
DISCIPLINA COM NOME EQUIVALENTE NO CURSO DE CIÊNCIAS DA  
COMPUTAÇÃO — BACHARELADO

**IVAN ROBERTO BALLOCK**

BLUMENAU, JULHO/2003

2003/1-32

# **PROTÓTIPO DE UM SISTEMA PARA SUPERVISÃO DE EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS**

**IVAN ROBERTO BALLOCK**

ESTE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO, FOI JULGADO ADEQUADO PARA OBTENÇÃO DOS CRÉDITOS NA DISCIPLINA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO OBRIGATÓRIA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE:

**BACHAREL EM CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO**

---

Prof. Francisco Adell Péricas — Orientador na FURB

---

Prof. José Roque Voltolini da Silva — Coordenador do TCC

## **BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Francisco Adell Péricas

---

Prof. Lucio Baretta Todorov

---

Prof. Miguel Alexandre Wisintainer

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço em primeiro lugar a Deus por todos os acontecimentos em minha vida, pelas dificuldades que tive durante o desenvolvimento deste trabalho e que me ensinaram que por mais difícil que seja uma situação, nunca deve-se desistir, devemos sempre acreditar e ir atrás de nossos objetivos.

Aos meus pais Ivo Ronaldo Ballock e Rovena Koepp Ballock pelo amor, dedicação, educação e confiança, sentimentos que fizeram com que eu lutasse com determinação por isso que conquisto agora.

Ao meu irmão Ivair Rogério Ballock e ao meu grande amigo Cleyton Pierr Strelow por todo o apoio e ajuda que obtive nos momentos de dificuldades que tive durante esse desenvolvimento.

Ao Gerente Administrativo da empresa na qual trabalho, César Muller, que apesar da dificuldades em permitir que eu me ausentasse da empresa, de mesma maneira permitiu algum tempo livre para o término desse trabalho.

A SDS Automação, que forneceu parte dos componentes utilizados no desenvolvimento do hardware, bem como gentilmente cedeu em caráter de empréstimo um CLP, visto que o outro CLP que estava sendo utilizado apresentou defeito técnico na véspera da apresentação, permitindo assim a continuação desse trabalho e a apresentação final.

Ao meu orientador Francisco Adell Péricas que ajudou de todas as maneiras possíveis, orientou, incentivou e sempre se mostrou disposto a ajudar com extremo desprendimento, qualidades que realmente sempre se esperam de um bom orientador.

A todos os professores, colegas e amigos que de alguma forma participaram de mais esta etapa que cumpro da minha vida, e que sempre compreenderam os momentos de dificuldades que passei no desenvolvimento desse trabalho.

A todos fica aqui registrado o meu muito OBRIGADO.

## **RESUMO**

A cada dia, a área de automação vem crescendo continuamente, o que é amplamente divulgado nos meios de comunicação, bem como é a realidade em qualquer indústria que visa agilizar e automatizar suas tarefas. Para se realizar a automação, pode-se utilizar Controladores Lógicos Programáveis (CLP) que são equipamentos destinados à execução de tarefas de intertravamento, temporização, contagem, operação matemáticas, controle em malha aberta ou fechada e supervisão em máquinas e processos de médio e grande porte, controlando plantas industriais completas, reduzindo o espaço necessário nas instalações e facilitando significativamente atividades de reprogramação de fábrica e manutenção.

Este trabalho implementa um software supervisor baseado em CLP para demonstrar a flexibilidade e abrangência que esta tecnologia pode oferecer.

## **ABSTRACT**

Everyday, the automation area becomes continuously growing, that is widely divulged in the media, as well as the reality in any industry that aims to speed and to automatize their tasks. To realize the automation, Programmable Logical Controller (PLC) can be used, that are equipment destined to the execution of tasks of interlock, temporization, counting, mathematical operations, control in open or closed mesh and supervision in machines and processes of medium and big port, controlling complete industrial plants, reducing the necessary space in the installations and significantly facilitating the activities of reprogramming the company and maintenance.

This work implements a supervisory software in a PLC to demonstrate the flexibility that this technology can offer.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Implementação elétrica de um controle .....	14
Figura 2 - Modelo de CLP TP02 (Weg).....	15
Figura 3 - Funcionamento de um CLP .....	16
Figura 4 - Características de um CLP .....	17
Figura 5 - Exemplo de interface de sistema supervisório.....	23
Figura 6 - Pinagem do conector para comunicação RS232.....	28
Figura 7 - Pinagem dos conectores na comunicação RS232.....	28
Figura 8 - Pinagem do cabo utilizado para comunicação com CLP.....	29
Figura 9 - Cálculo do checksum de um telegrama .....	31
Figura 10 - Diagrama de Caso de Uso.....	35
Figura 11 - Diagrama de Classes .....	36
Figura 12 - Exemplo de diagrama de contatos .....	38
Figura 13 - Tela principal do software PC12 Desing Center .....	39
Figura 14 - Código fonte programa do CLP (linhas 0001 à 0011).....	40
Figura 15 - Código fonte programa do CLP (linhas 0012 à 0023).....	41
Figura 16 - Código fonte programa do CLP (linhas 0024 à 0030).....	42
Figura 17 - Comandos utilizados na programação Ladder.....	42
Figura 18 - Código fonte do CLP em linguagem booleana.....	43
Figura 19 - - Código fonte do CLP em linguagem booleana .....	44
Figura 20 - Fluxograma da rotina manual do software do CLP .....	45
Figura 21 – Fluxograma da rotina de acendimento automático das lâmpadas 1 à 7 .....	46
Figura 22 – Fluxograma da rotina de acendimento da lâmpada 8.....	47

Figura 23 - Tela Inicial .....	48
Figura 24 - Interface do Protótipo de Supervisão em execução .....	49
Figura 25 - Tela de ajuda .....	50
Figura 26 - Exemplo de log gerado pelo software .....	50
Figura 27 - Exemplo de relatório emitido pelo software.....	51
Figura 28 - Tela com informações sobre o software .....	51
Figura 29 - Foto do hardware conectado ao PC .....	53
Figura 30 - Foto do CLP e das conexões de saída.....	53
Figura 31 - Diagrama elétrico utilizado.....	54

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Telegrama para ligar ou desligar porta do CLP .....	25
Quadro 2 - Telegrama para monitorar porta do CLP.....	25
Quadro 3 - Telegrama de resposta do CLP.....	25
Quadro 4 - Comparação de padrões seriais .....	27
Quadro 5 - Telegramas utilizados no protótipo.....	33
Quadro 6 - Descrição dos Casos de Uso.....	35
Quadro 7 - Ligando e desligando as portas do CLP .....	55
Quadro 8 - Tratando a resposta enviada pelo CLP .....	56



# SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS .....	3
RESUMO .....	4
ABSTRACT .....	5
LISTA DE FIGURAS .....	6
LISTA DE QUADROS .....	8
1 INTRODUÇÃO .....	8
1.1 OBJETIVOS DO TRABALHO .....	9
1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	9
2 CLP (CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL).....	11
3 SISTEMAS DE CONTROLE DE PROCESSOS.....	18
3.1.1 SISTEMAS DE CONTROLE EM MALHA FECHADA .....	18
3.1.2 SISTEMAS DE CONTROLE EM MALHA ABERTA .....	18
3.1.3 SISTEMAS DE CONTROLE EM MALHA FECHADA VERSUS MALHA ABERTA 19	
3.1.4 SISTEMAS DE CONTROLE ADAPTATIVOS.....	20
3.1.5 SISTEMAS DE CONTROLE DE APRENDIZADO .....	20
3.1.6 CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE CONTROLE .....	21
3.1.7 SISTEMAS DE CONTROLE LINEARES VERSUS NÃO-LINEARES.....	21
3.1.8 SISTEMAS DE CONTROLE INVARIANTES NO TEMPO VERSUS VARIANTES NO TEMPO .....	21
3.1.9 SISTEMAS DE CONTROLE DE TEMPO VERSUS TEMPO DISCRETO .....	22
3.1.10 SISTEMAS DE CONTROLE DE ENTRADA SIMPLES, SAÍDA SIMPLES VERSUS ENTRADA MÚLTIPLA, SAÍDA MÚLTIPLA.....	22
3.1.11 SISTEMAS DE CONTROLE DE PARÂMETROS CONCENTRADOS VERSUS PARÂMETROS DISTRIBUÍDOS .....	22

3.1.12	SISTEMAS DE CONTROLE DETERMINÍSTICO VERSUS ESTOCÁSTICOS	22
4	SISTEMA SUPERVISÓRIO	23
5	COMUNICAÇÃO ENTRE O PC E O CLP	25
5.1	COMUNICAÇÃO SERIAL RS422	26
5.2	CABO UTILIZADO PARA A COMUNICAÇÃO	28
5.3	TELEGRAMA PARA LIGAR PORTA DO CLP	29
5.4	TELEGRAMA PARA DESLIGAR PORTA DO CLP	32
5.5	TELEGRAMA PARA MONITORAR PORTA DO CLP	32
5.6	TELEGRAMAS UTILIZADOS NO PROTÓTIPO	33
6	DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	34
6.1	REQUISITOS DO PROTÓTIPO	34
6.2	ESPECIFICAÇÃO	34
6.2.1	DIAGRAMA DE CASO DE USO	34
6.2.2	DIAGRAMA DE CLASSES	35
6.3	IMPLEMENTAÇÃO	36
6.3.1	TÉCNICAS E FERRAMENTAS UTILIZADAS	36
6.3.1.1	VISUAL BASIC 6	36
6.3.1.2	CLP TP02 / 20MR	37
6.3.1.3	PROGRAMAÇÃO DO CLP TP02 / 20MR	37
6.3.2	O PROTÓTIPO	48
6.4	TESTES E VALIDAÇÃO	52
6.4.1	O CÓDIGO FONTE	55
7	CONCLUSÃO	57
7.1	EXTENSÕES	58
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

# 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o uso das tecnologias da informação e da comunicação vem aumentando consideravelmente em todos as áreas do conhecimento. Em especial, essas tecnologias promoveram um grande avanço na indústria e no comércio. Na área educacional, o uso dessas novas tecnologias ainda vem sofrendo resistências, devido a complexidade dos métodos para automatizar um sistema. No entanto, apesar dessa resistência, o uso de softwares de automação tem crescido sensivelmente.

A cada dia, a área de automação vem crescendo continuamente, o que é amplamente divulgado nos meios de comunicação, bem como é a realidade em qualquer indústria que visa agilizar e automatizar suas tarefas.

Para se realizar a automação, pode-se utilizar Controladores Lógicos Programáveis (CLP's) que são equipamentos destinados à execução de tarefas de intertravamento, temporização, contagem, operações matemáticas, controle em malha aberta ou fechada e supervisão em máquinas e processos de médio e grande porte, controlando plantas industriais completas, reduzindo o espaço necessário nas instalações e facilitando significativamente atividades de reprogramação de fábrica e de manutenção. Os CLP's dispõem de contadores rápidos, relógio de tempo real, interface homem-máquina, conexão à rede Profibus (uma rede que funciona sobre o formato físico da rede RS-485, mas que tem um protocolo e normas voltadas para a automação industrial) e programação em *Ladder* (Diagrama de Contatos) ou Linguagem Lógica, programáveis por microcomputador. Além disso, dispõem de unidades remotas, ampliando significativamente sua capacidade de controle. Segundo Natale (2000), os CLP's são computadores com as mesmas características conhecidas do computador pessoal, porém, em uma aplicação dedicada na automação de processos em geral, assim como no Comando Numérico Computadorizado (CNC), que se trata de um computador na automação da manufatura.

De acordo com Natale (2000), o CLP é um dos meios para supervisionar um sistema e também para automatizá-lo. A proposta deste trabalho é utilizar um CLP modelo TP-02, fabricado pela empresa Weg S.A., o qual será programado por terceiros para controle de equipamentos. No caso dessa proposta serão controladas luzes externas e o sistema supervisorio irá mostrar o estado dessas luzes, indicando se estão ligadas ou desligadas. Após essa etapa, será desenvolvido um software de supervisão que irá controlar o *status* de

cada um desses equipamentos (lâmpadas no caso deste protótipo), informando se o mesmo está ligada, desligado ou eventualmente com falha.

## 1.1 OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo do presente trabalho é o desenvolvimento de um protótipo de software de supervisão de equipamentos industriais para o monitoramento de dados. Serão utilizadas lâmpadas para a implementação deste protótipo.

Tem como objetivos específicos:

- a) comunicar um computador com um CLP WEG TP-02, o qual será programado através da linguagem de programação *Ladder*. A programação do CLP será efetuada por terceiros, utilizando o software proprietário da Weg S.A para programação dos CLP's chamado PC12 (WEG, 2002b);
- b) monitorar variáveis para visualizar o *status* dos processos que estão sendo controlados, como por exemplo horário de acionamento das luzes externas, nível para ligar e desligar a bomba de água e assim por diante;
- c) disponibilizar estas informações na forma de relatórios e para o sistema de supervisão

## 1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos.

O capítulo inicial apresenta na introdução uma visão geral sobre o assunto que será tratado neste trabalho e sua importância para a área de automação industrial.

O segundo capítulo apresenta didaticamente a fundamentação sobre o que é CLP, sobre a utilização de CLP's e o que é envolvido para permitir o monitoramento após conectado a um micro computador. Também nesse capítulo, é apresentado de forma clara o que vem a ser um Sistema Supervisório.

O terceiro capítulo apresenta a fundamentação sobre Sistemas de Controle de Processos, inclusive mostrando os tipos de sistemas de controles de processos e fazendo comparações entre os mesmos, mostrando suas vantagens.

O quarto capítulo apresenta a fundamentação sobre Sistemas Supervisórios, explicando o que é, sua finalidade e sua importância.

O quinto capítulo apresenta a forma de comunicação utilizada com o CLP, principal objetivo deste trabalho, demonstrando inclusive como são criados os telegramas (mensagens) enviados ao equipamento.

O sexto capítulo apresenta o software desenvolvido, descrevendo o protótipo, especificação, características e seu funcionamento através das principais telas.

O sétimo e último capítulo apresenta as conclusões obtidas com o desenvolvimento deste trabalho e deixa sugestões para a sua continuidade.

## 2 CLP (CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL)

O primeiro CLP surgiu na indústria automobilística, até então um usuário em potencial dos relés eletromagnéticos utilizados para controlar operações seqüenciadas e repetitivas numa linha de montagem. A primeira geração de CLPs utilizou componentes discretos como transistores e CIs com baixa escala de integração.

Este equipamento foi batizado nos Estados Unidos como *Programmable Logic Controller* (PLC), em português Controlador Lógico Programável (CLP) e este termo é registrado pela Allen Bradley (fabricante de CLP's).

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), CLP é um equipamento eletrônico digital com hardware e software compatíveis com aplicações industriais. Já segundo a *National Electrical Manufacturers Association* (NEMA), CLP é um aparelho eletrônico digital que utiliza uma memória programável para o armazenamento interno de instruções para implementações específicas, tais como lógica, seqüenciamento, temporização, contagem e aritmética, para controlar, através de módulos de entradas e saídas, vários tipos de máquinas ou processos.

No Brasil somente na década de 80 que o CLP veio a proliferar-se na indústria, principalmente pela absorção de tecnologias utilizadas na matriz das multinacionais. Atualmente, com a crescente redução no custo do CLP, observa-se o incremento de sua utilização nas indústrias em geral, independente de seu porte ou ramo de atividade.

Devido a ampla gama de equipamentos e sistemas disponíveis para controle industrial, aliada à crescente capacidade de recursos que o CLP vem agregando, existe a possibilidade de se confundir outros equipamentos com ele. Para evitar tal equívoco, deve-se observar as duas características básicas, que servem de referência para identificar um equipamento de controle industrial como sendo um controlador lógico programável (JESUS, 2002):

- a) o equipamento deve executar uma rotina cíclica de operação enquanto em funcionamento;
- b) a forma básica de programação deve ser realizada a partir de uma linguagem oriunda dos diagramas elétricos de relés;

Com o preço dos equipamentos de informática em queda a indústria tem optado pela automação de processos via computador. Como normalmente não existe uma interface entre operador de processo e o CLP usa-se um micro computador da família PC com software específico para esta comunicação. O software conhecido como supervisor permite a operação e visualização através de telas gráficas elaboradas para qualquer processo industrial, independente do tamanho de sua planta.

Com a evolução do processador, as tecnologias de ponta, como o controlador lógico programável, foram ocupando o espaço deixado pelos quadros de comando. A facilidade de reestruturação de um sistema controlado por estes equipamentos é uma de suas principais características.

O CLP é um computador com as mesmas características conhecidas do computador pessoal, porém, em uma aplicação dedicada na automação de processos. Os controles de processos industriais e a automação da manufatura são sem dúvida uma das aplicações de maior impacto. É também onde se alcançou o maior sucesso comercial do CLP e pode ser empregado em qualquer tipo de sistema que se deseje tornar automático (inteligente). O CLP pode controlar uma grande quantidade de variáveis, substituindo o homem, tendo mais precisão, confiabilidade, custo e rapidez.

Os CLP's têm o propósito específico dedicado para o controle de processos, e foram desenvolvidos para o controle de sistemas com entradas e saídas binários (de dois estados apenas: ligado – desligado, alto – baixo); porém hoje têm adquirido muitas outras funções com alta confiabilidade, como é o caso de tratamento de sinais analógicos, controle contínuo de multi-variáveis (controlar mais de uma variável simultaneamente), controle de posição de alta pressão, etc. Os CLP's nasceram para substituir relês na implementação de intertravamentos e controle seqüencial se especializando no tratamento de variáveis digitais. Segundo Jesus (2002), algumas características mais relevantes dos CLP's são:

- a) caráter modular dos CLP's: permite adequar o controlador para qualquer aplicação, já que o projetista especifica só o número e tipos de módulos que precisa de acordo com o número de entradas, saídas e outras funções, que requer o processo a ser controlado, se adequando o controlador à aplicação;
- b) flexibilidade dada pela programação: pode ser aplicado a qualquer tipo de processo e facilmente mudadas as funções através do programa, sem mexer na instalação;

- c) comunicação: cada fabricante possui redes de comunicação proprietárias e possibilidades para comunicação com outros CLP's ou componentes como inversores de frequência (possibilita o controle do motor CA variando a frequência, mas também realiza a variação da tensão de saída para que seja respeitada a característica V/F ( Tensão / Frequência) do motor, para não produzir aquecimento excessivo quando o motor opera em baixas rotações), o que possibilita a distribuição de tarefas de controle e a centralização das informações através de computadores onde rodam aplicativos de supervisão. Diversos meios físicos são possíveis: fios trançados, fibras óticas ou ondas de rádio;
- d) redundância: quando o sistema o requer, são fornecidos módulos e Unidade Central de Processamento (UCP's) redundantes (com mais de uma UCP) que garantem uma altíssima confiabilidade de operação até nos processos mais exigentes.

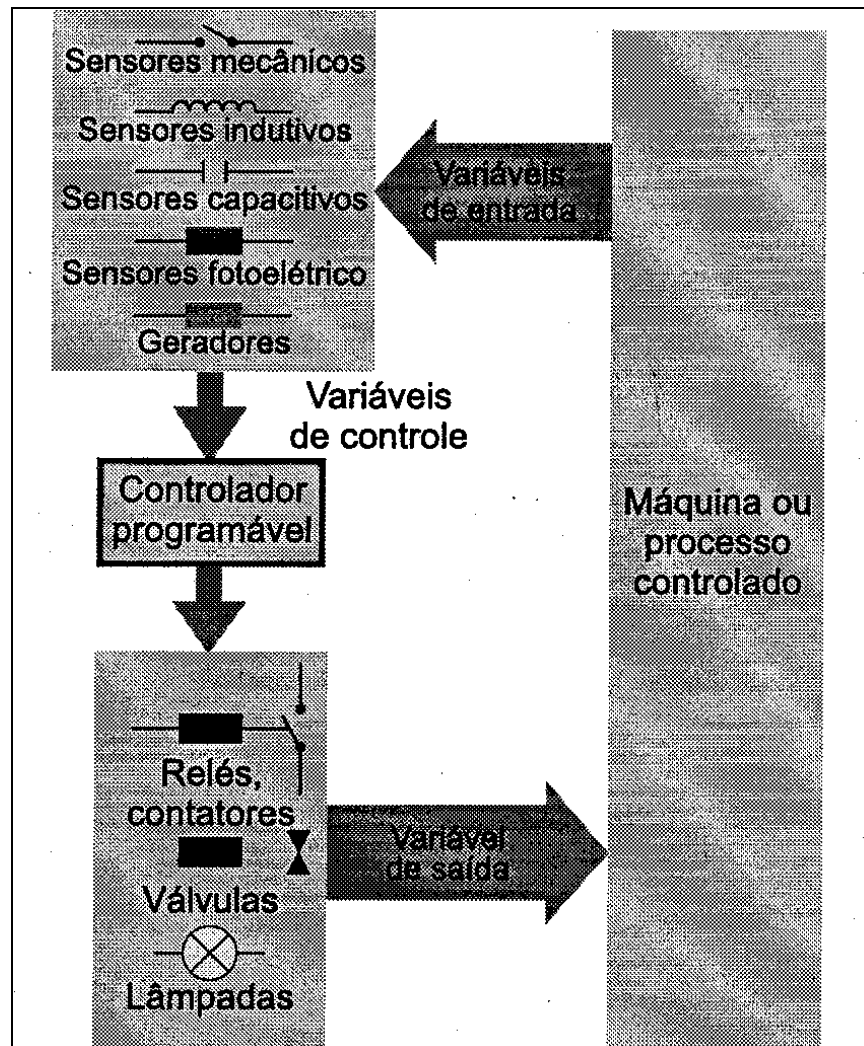
A maneira como o CLP atua no sistema está simbolizada na figura 1, quando as variáveis de entrada, coletadas por sensores, informam a cada instante as condições em que se encontram o sistema sob controle. Esses sensores, que podem ser uma haste fim de curso, um termostato, etc., dão entrada no CLP de um dado nível lógico, e em função do programa instalado em sua memória, atuam no sistema por meio de suas saídas. As variáveis de saída do sistema podem executar, a cada instante, fechamento de válvulas, acionamento de motores para executar um movimento, etc.

Com a partida, o CLP executará as seguintes tarefas (WEG, 2002):

1. transferirá os sinais existentes na interface de entrada para a memória de dados (RAM);
2. iniciará a varredura do software aplicativo armazenando na memória de programa (SCAN), utilizando os dados armazenados na memória de dados. Dentro deste ciclo, executará todas as operações que estavam programadas no software aplicativo, como intertravamentos, habilitação de temporizadores/contadores, armazenagem de dados processados na memória de dados, etc;
3. concluída a varredura do software aplicativo, o CLP transferirá os dados processados (resultados de operações lógicas) para a interface de saída. Paralelamente, novos dados provenientes da interface de entrada irão alimentar a memória de dados.



Figura 1 - Implementação elétrica de um controle



O processamento é feito em tempo real, ou seja, as informações de entrada são analisadas e comparadas com informações residentes na memória, e, em consequência, as ações são tomadas pelo CLP, os comandos ou acionamentos são executados pelas suas saídas, tudo automaticamente com o funcionamento do processo. Isso porque o CLP tem uma programação, onde determinada saída poderá ser acionada caso determinada entrada seja acionada.

Na figura 2 é possível visualizar um dos diversos modelos de CLP existentes no mercado. O modelo TP-02 (WEG, 2002a), fabricado pela empresa Weg S.A. de Jaraguá do Sul, SC, foi utilizado no desenvolvimento deste trabalho.

**Figura 2 - Modelo de CLP TP02 (Weg)**



Para melhor compreensão do que seja um CLP e do seu princípio de funcionamento, seguem a seguir alguns conceitos associados, os quais são de fundamental importância que sejam assimilados, conforme descritos em (JESUS, 2002).

**Variáveis de entrada:** são sinais recebidos pelo CLP, os quais podem ser oriundos de fontes pertencentes ao processo controlado (chaves de acionamento, sensores, etc) ou de comandos gerados pelo operador (acionamento manual de chaves).

**Variáveis de saída:** são as portas controladas por cada ponto de saída do CLP. Tais pontos poderão servir para intervenção direta no processo controlado por acionamento próprio, ou também servir para sinalização de estado em painel sinótico. Podem ser citados como exemplos de variáveis de saída contactores, válvulas, lâmpadas, displays, dentre outros.

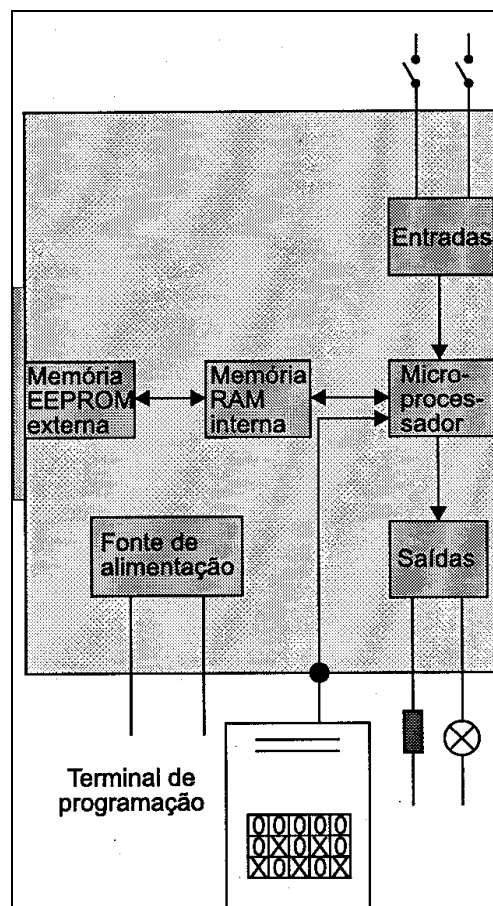
**Programa:** seqüência específica de instruções selecionadas de um conjunto de operações oferecidas pelo CLP em uso que irão efetuar as ações de controle desejadas,

ativando ou não as memórias internas e os pontos de saída do CLP a partir da monitoração do estado das mesmas memórias internas e/ou dos pontos de entrada do CLP.

O princípio fundamental de funcionamento de CLP é a execução por parte da UCP de um programa, conhecido como “executivo” e de responsabilidade do fabricante, que realiza ciclicamente as ações de leitura das entradas, execução do programa de controle do usuário e atualização das saídas.

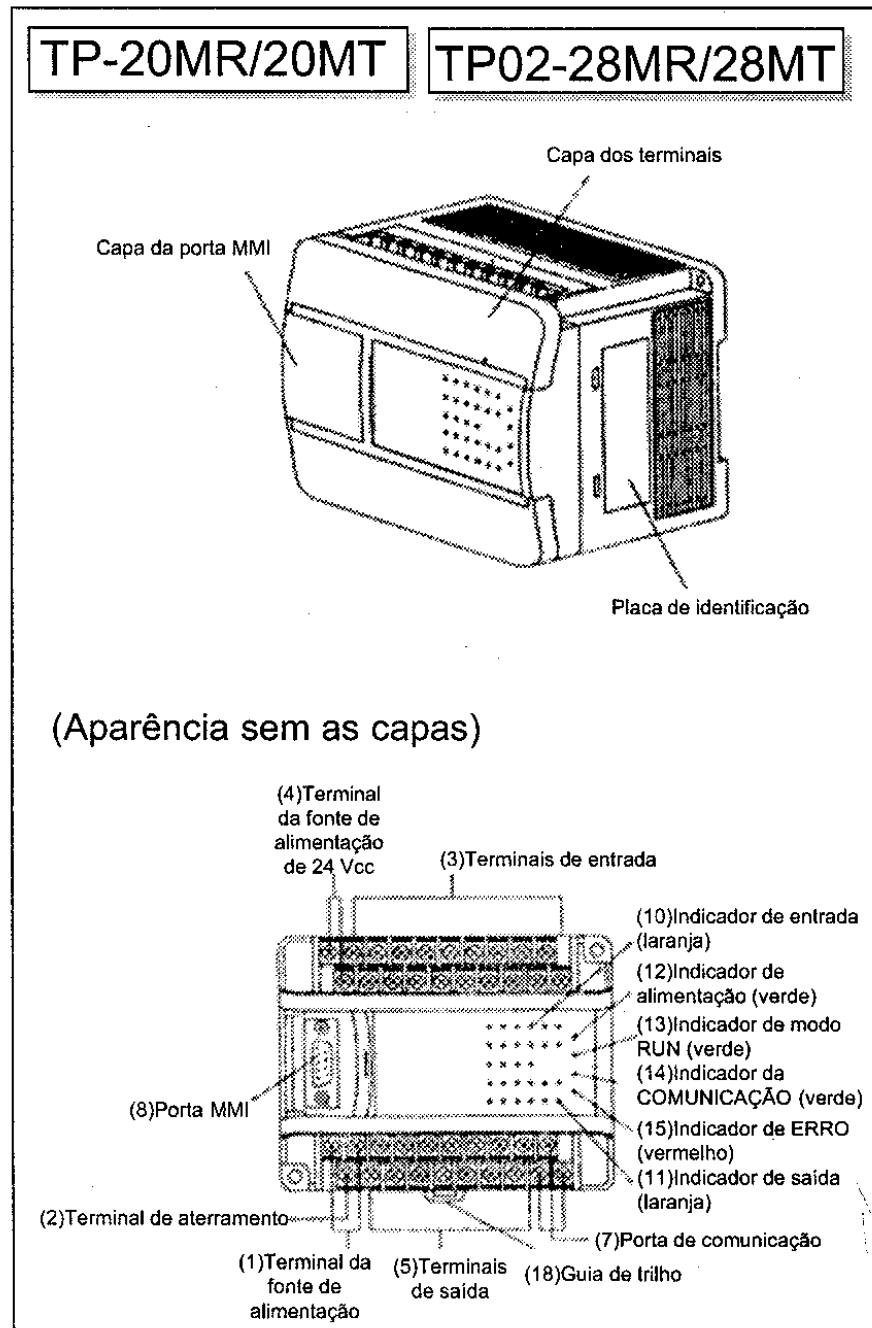
A figura 3 mostra a estrutura interna do CLP comum.

Figura 3 - Funcionamento de um CLP



Na figura 4, é possível visualizar os conectores e indicadores do CLP:

Figura 4 - Características de um CLP



## **3 SISTEMAS DE CONTROLE DE PROCESSOS**

Um sistema regulador automático, no qual a saída é uma variável, tal como temperatura, pressão, fluxo de líquido ou pH, é denominado um Sistema de Controle de Processo. Controle de processo é exhaustivamente aplicado na indústria. Controles programados, tais como o controle de temperatura de fornos de aquecimento nos quais a temperatura do forno é controlada de acordo com um programa preestabelecido, são muitas vezes usados em tais sistemas. Por exemplo, um programa preestabelecido pode ser tal que a temperatura do forno seja elevada até uma dada temperatura em um dado intervalo de tempo e então diminuída para uma outra dada temperatura em algum outro intervalo de tempo conhecido. Em um controle programado como este, o ponto de ajuste é variado de acordo com o tempo preestabelecido desejado. O controlador funciona então para manter a temperatura do forno próxima ao ponto de ajuste variável.

### **3.1.1 SISTEMAS DE CONTROLE EM MALHA FECHADA**

Os sistemas de controle realimentados são às vezes denominados Sistemas de Controle de Malha Fechada. Na prática, os termos controle realimentado e controle de malha fechada são usados intercambiavelmente. Em um sistema de controle em malha fechada o sinal de erro atuante, que é a diferença entre o sinal de entrada e o sinal realimentado (que pode ser o próprio sinal de saída ou uma função do sinal de saída e suas derivadas), é introduzido no controlador de modo a reduzir o erro e trazer a saída do sistema a um valor desejado. O termo controle de malha fechada sempre implica o uso de ação de controle realimentado a fim de reduzir o erro do sistema.

### **3.1.2 SISTEMAS DE CONTROLE EM MALHA ABERTA**

Aqueles sistemas em que a saída não tem nenhum efeito sobre a ação de controle são chamados Sistemas de Controle em Malha Aberta. Em outras palavras, em um sistema de controle em malha aberta a saída não é medida nem realimentada para comparação com a entrada. Um exemplo prático é uma máquina de lavar roupas. Nela, as operações de molhar, lavar e enxaguar são efetuadas em uma mesma base de tempo. A máquina não mede o sinal de saída, isto é, a limpeza das roupas.

Em qualquer sistema de controle em malha aberta a saída não é comparada com a entrada de referência. Assim, a cada entrada de referência corresponde uma condição de operação fixa; em conseqüência, a precisão do sistema depende de uma calibração. Na presença de perturbações, um sistema de controle em malha aberta não desempenhará a tarefa desejada. O controle de malha aberta pode ser usado, na prática, somente se a relação entre a entrada e a saída for conhecida e se não houver distúrbios internos ou externos. Evidentemente, tais sistemas não são sistemas de controle realimentados. Notar que qualquer sistema de controle que opere numa base de tempo é de malha aberta. Por exemplo, o controle de tráfego por meio de sinais operados em uma base de tempo é um outro tipo de controle em malha aberta.

### **3.1.3 SISTEMAS DE CONTROLE EM MALHA FECHADA VERSUS MALHA ABERTA**

Uma vantagem do sistema de controle em malha fechada é o fato de que o uso de realimentação torna a resposta do sistema relativamente insensível a distúrbios externos e variações internas nos parâmetros do sistema. É portanto possível usar componentes baratos e sem muita precisão para obter o controle preciso de uma dada planta (processo), enquanto que isto é impossível no caso de malha aberta.

Do ponto de vista de estabilidade, o sistema de controle em malha aberta é mais fácil de construir porque a estabilidade do sistema não constitui um problema significativo. Por outro lado, a estabilidade é sempre um problema fundamental no sistema de controle em malha fechada, o qual pode tender a corrigir erros que podem causar oscilações de amplitude constante ou variável.

Deve ser enfatizado que, para sistemas nos quais as entradas são conhecidas antecipadamente e nas quais não há distúrbios, é aconselhável usar controle em malha aberta. Os sistemas de controle em malha fechada possuem vantagens somente quando distúrbios imprevisíveis e/ou variações imprevisíveis nos componentes do sistema estão presentes. Notar que o regime de potência de saída determina parcialmente o custo, o peso e a dimensão de um sistema de controle. O número de componentes usados em um sistema de controle em malha fechada é mais do que o de um correspondente sistema de controle em malha aberta. Assim, o sistema de controle em malha fechada é geralmente de custo e potência mais altos. Para

diminuir a potência requerida de um sistema, o controle em malha aberta pode ser usado onde aplicável. Uma combinação adequada de controles em malha aberta e em malha fechada é usualmente menos dispendiosa e dará desempenho satisfatório ao sistema global.

### **3.1.4 SISTEMAS DE CONTROLE ADAPTATIVOS**

As características dinâmicas da maioria dos sistemas de controle não são constantes devido a várias razões, tais como deterioração de componentes ao longo do tempo ou as variações nos parâmetros e no ambiente. Embora os efeitos de pequenas variações sobre as características dinâmicas sejam atenuados em um sistema de controle realimentado, se as variações nos parâmetros do sistema e no ambiente forem significativas, um sistema satisfatório deve possuir a habilidade de adaptação. A adaptação implica a habilidade de se auto-ajustar ou automodificar de acordo com variações imprevisíveis nas condições de ambiente ou estrutura. O sistema de controle que possui uma habilidade franca de adaptação (isto é, o próprio sistema de controle detecta variações nos parâmetros da planta e faz ajustes necessários nos parâmetros do controlador a fim de manter um desempenho ótimo) é chamado Sistema de Controle Adaptativo.

Em um sistema de controle adaptativo, as características dinâmicas devem ser identificadas em todos os instantes, de modo que os parâmetros do controlador possam ser ajustados a fim de manter desempenho ótimo. (Portanto, um sistema de controle adaptativo é um sistema não-estacionário.) O conceito de controle adaptativo tem grande atrativo para o projetista de sistemas, uma vez que um sistema de controle adaptativo, além de acomodar variações ambientais, também acomodará erros ou incertezas de projetos de engenharia moderados e compensará a falha de componentes de sistema secundários, aumentando desse modo a confiabilidade do sistema global.

### **3.1.5 SISTEMAS DE CONTROLE DE APRENDIZADO**

Muitos sistemas de controle aparentemente de malha aberta podem ser convertidos em sistemas de controle de malha fechada se um operador humano for considerado um controlador, comparando a entrada e a saída e efetuando a ação corretiva baseada no erro ou diferença resultante.

Se tentarmos analisar tais sistemas de controle em malha fechada operados pelo homem, encontraremos o difícil problema de escrever as equações que descrevem o comportamento de um ser humano. Um dos muitos fatores de complicação nesse caso é a habilidade de aprendizado do operador humano. Conforme o operador ganhe mais experiência, ele ou ela se tornará um melhor controlador, e isto deve ser levado em consideração na análise de tal sistema. Sistemas de controle que possuem uma habilidade para aprender são chamados Sistemas de Controle de Aprendizado. Recentes avanços em aplicações de controle adaptativo e de aprendizado são encontrados em muitas literaturas.

### **3.1.6 CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE CONTROLE**

Os sistemas de controle podem ser classificados de muitas maneiras diferentes. Algumas delas são dadas a seguir.

### **3.1.7 SISTEMAS DE CONTROLE LINEARES VERSUS NÃO-LINEARES**

Estritamente falando, os sistemas físicos, em sua maioria, são não-lineares em vários pontos. No entanto, se a faixa de variações das variáveis do sistema não for ampla, então o sistema pode ser linearizado dentro de uma faixa de variação relativamente pequena das variáveis. Para os sistemas lineares, o princípio da superposição se aplica. Os sistemas a que este princípio não se aplica são sistemas não-lineares.

Observa-se que, em alguns casos, elementos não-lineares são intencionalmente introduzidos nos sistemas de controle para otimizar o desempenho. Por exemplo, sistemas de controle de tempo ótimo usam tipos de controle liga-desliga. Muitos sistemas de controle de mísseis e de naves espaciais também usam controles de liga-desliga.

### **3.1.8 SISTEMAS DE CONTROLE INVARIANTES NO TEMPO VERSUS VARIANTES NO TEMPO**

Um sistema de controle invariante no tempo (sistema de controle de coeficientes constantes) é aquele cujos parâmetros não variam com o tempo. A resposta de um tal sistema é independente do tempo em que uma entrada é aplicada. Um sistema de controle variável no tempo é um sistema em que um ou mais parâmetros variam com o tempo. A resposta depende



do tempo em que uma entrada é aplicada. Um exemplo de sistema de controle variável no tempo é um sistema de controle de veículo espacial, onde a massa diminui com o tempo conforme o combustível seja consumido durante o voo.

### **3.1.9 SISTEMAS DE CONTROLE DE TEMPO VERSUS TEMPO DISCRETO**

Em um sistema de controle de tempo contínuo, todas as variáveis do sistema são funções de um tempo  $t$  contínuo. Um sistema de controle de tempo discreto envolve uma ou mais variáveis que são conhecidas somente em instantes de tempo discreto.

### **3.1.10 SISTEMAS DE CONTROLE DE ENTRADA SIMPLES, SAÍDA SIMPLES VERSUS ENTRADA MÚLTIPLA, SAÍDA MÚLTIPLA**

Um sistema pode ter uma entrada e uma saída. Um exemplo é um controle de posição, onde há uma entrada de comando (posição desejada) e uma saída controlada (posição de saída). Um tal sistema é denominado sistema de controle de entrada simples, saída simples. Alguns sistemas podem ter entradas múltiplas e saídas múltiplas. Um exemplo de tais sistemas de entrada múltipla, saída múltipla é um sistema de controle de processo que tem duas entradas (entrada de pressão e entrada de temperatura) e duas saídas (saída de pressão e saída de temperatura).

### **3.1.11 SISTEMAS DE CONTROLE DE PARÂMETROS CONCENTRADOS VERSUS PARÂMETROS DISTRIBUÍDOS**

Sistemas de controle que podem ser descritos por equações diferenciais ordinárias são sistemas de controle de parâmetros concentrados, enquanto que sistemas de controle de parâmetros distribuídos são aqueles que podem ser descritos por equações diferenciais parciais.

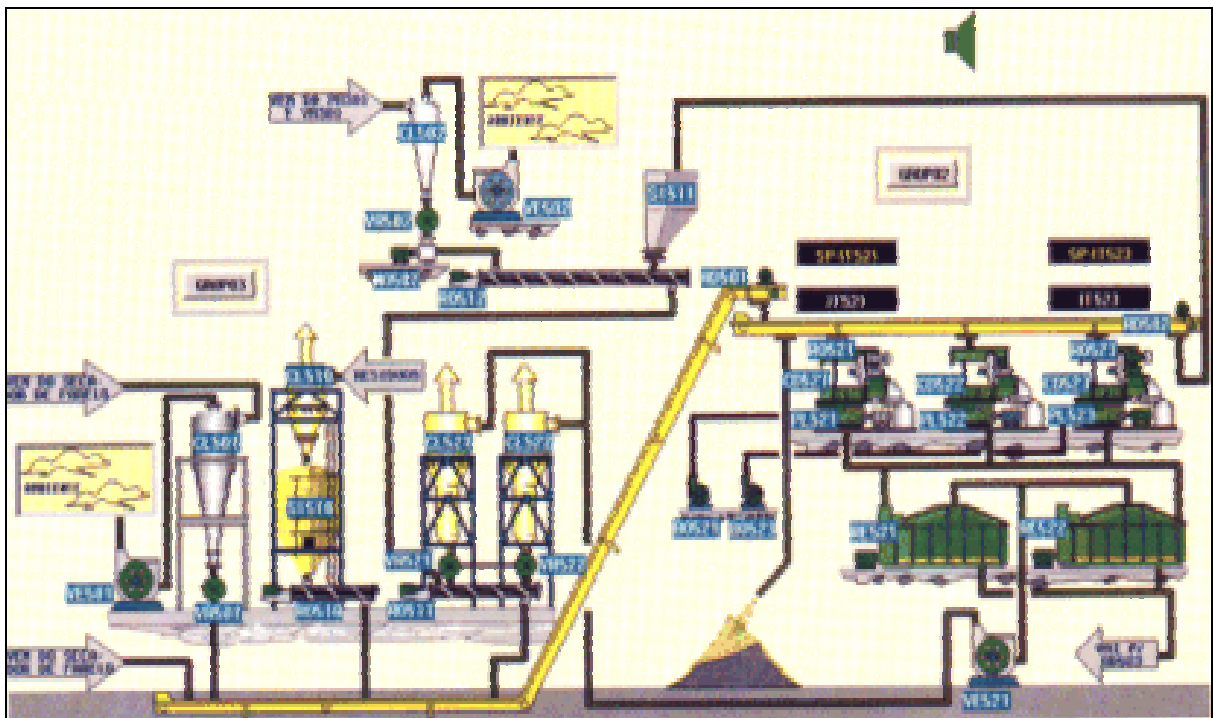
### **3.1.12 SISTEMAS DE CONTROLE DETERMINÍSTICO VERSUS ESTOCÁSTICOS**

Um sistema de controle é determinístico se a resposta à entrada é prognosticável e é repetível. Se não, o sistema de controle é um sistema de controle estocástico.

## 4 SISTEMA SUPERVISÓRIO

Um sistema supervisório, é um programa que tem por objetivo ilustrar o comportamento de um processo através de figuras e gráficos, tornando-se assim, uma interface objetiva entre um operador e o processo, desviando dos algoritmos de controle (JESUS, 2002). A figura 5 ilustra um exemplo de software supervisório:

Figura 5 - Exemplo de interface de sistema supervisório



Ao invés de um simples piscar de lâmpadas (como ocorriam nos painéis de comandos e quadros sinóticos), o operador tem uma melhor interface quando efetivamente visualiza o abrir de uma válvula, o ligamento de um motor, ou outra informação do processo de maneira visual.

Nesse tipo de visualização, faz-se uso extensivo de informações por cores e textos, podendo-se também dispor de elementos animados graficamente, conforme demonstrado na figura 5. De mesmo modo, para a demonstração do sistema supervisório, também são utilizados gráficos, sinalizando quando uma lâmpada está ligada ou desligada.

O software de supervisão, localizado no nível de controle do processo das redes de comunicação, é o responsável pela aquisição de dados diretamente dos CLP's para o computador, pela sua organização e gerenciamento dos dados. Poderá ser configurado para taxas de varredura diferentes entre CLP's e inclusive entre pontos de um mesmo CLP.

O software deve permitir que estratégias de controle possam ser desenvolvidas utilizando-se de funções avançadas, através de módulos dedicados para implementação de funções matemáticas e lógicas, por exemplo. Através destes módulos, poderão ser feitos no software aplicativo de supervisão, o controle das funções do processo.

Os dados adquiridos podem ser manipulados de modo a gerar valores para parâmetros de controle como "*set-points*". Os dados são armazenados em arquivos de dados padronizados, ou apenas utilizados para realização de uma tarefa. Esses dados que foram armazenados em arquivos, poderão ser acessados por programas de usuários para realização de cálculos, alteração de parâmetros e de seus próprios valores.

Segundo Ogata (1993), o software supervisor é visto como o conjunto de programas gerados e configurado no software básico de supervisão, implementando as estratégias de controle e supervisão com telas gráficas de interfaceamento homem-máquina que facilitam a visualização do contexto atual, a aquisição e tratamento de dados do processo e a gerência de relatório e alarmes. Este software deve ter entrada de dados manual, através de teclado. Os dados serão requisitados através de telas com campos pré-formatados que o operador deverá preencher. Estes dados deverão ser auto-explicativos e possuírem limites para as faixas válidas. A entrada dos dados deve ser realizada por telas individuais, seqüencialmente, com seleção automática da próxima entrada. Após todos os dados de um grupo serem inseridos, esses poderão ser alterados ou adicionados pelo operador, que será o responsável pela validação das alterações.

Um software utilizado para análise de funcionamento de um sistema supervisor, é o Eclipse Windows (ELIPSE, 2003), que é um software para criação de aplicativos de supervisão e controle de processos nas mais diversas áreas.

## 5 COMUNICAÇÃO ENTRE O PC E O CLP

Para efetuar a comunicação do software supervisor com o CLP, foi utilizado um componente que se encontra nas bibliotecas do ambiente Visual Basic, que é o componente MsComm, ferramenta do Visual Basic, para poder abrir a porta de comunicação e receber ou enviar dados. No caso do CLP, essas mensagens enviadas são comumente denominadas telegramas. O telegrama tem a seguinte estrutura:

**Quadro 1 - Telegrama para ligar ou desligar porta do CLP**

Para enviar comando para o CLP, comando para ligar / desligar																	
:	:	0	1	?	5	S	C	S	Y	0	0	0	1	1	F	7	CR
Informa	endereço	ind	temp	comando escrita	variável que desejo escrever,	bit	checksum	com.									
início	do clp	de	resp	"Set coil state"	alterar o estado	state											
telegram	a		com	x10	(seta bobina)	1/0		fim									

**Quadro 2 - Telegrama para monitorar porta do CLP**

Para enviar comando solicitando valor de variável, monitoramento																
:	:	0	1	?	temp	M	C	R	Y	0	0	0	1	2	F	CR
Informa	endereço	ind	resp	comando monit.	variável que desejo monitorar	checksum	com.									
início	do clp	de	x10	para verificar	o estado											
telegram	a		com	estado de 1 var.		fim										

**Quadro 3 - Telegrama de resposta do CLP**

Telegrama de resposta, o checksum não iremos verificar																
:	:	0	1	#	5	M	C	R	1	3	4					
Informa	endereço	ind.	temp	comando monit	bit	checksum										
início	do clp	de	resp	estado bobina	state											
telegram	a		resp	x10	1/0											

Para o telegrama de resposta, o *checksum* varia apenas entre:

- a) 34 para o estado 1 - ligado
- b) 35 para o estado 0 – desligado

## 5.1 COMUNICAÇÃO SERIAL RS422

O RS422 é uma interface serial balanceada (utilizando um cabeamento diferenciado) para a transmissão de dados digitais. A vantagem de um sinal equilibrado é a imunidade quanto a ruído.

Ao comunicar-se em taxas de dados elevadas, ou em distâncias longas nos ambientes do mundo real, os métodos “*single-ended*” são frequentemente inadequados. A transmissão de dados de diferencial (sinal diferencial balanceado) oferece um desempenho superior na maioria das aplicações. Os sinais diferenciais podem ajudar a anular os efeitos da troca do terra e dos sinais de ruído induzidos que podem aparecer como tensões em uma rede.

O RS422 (diferencial) foi projetado para distâncias maiores e taxas de transferência mais elevadas do que a RS232 (SYSTRONICS). Em sua forma mais simples, um par dos conversores de RS232 a RS422 (e vice-versa) podem ser usados para formar "um cabo de extensão RS232." As taxas de dados até 100K bits/segundo e distâncias até 1220 metros podem ser acomodadas com RS422. RS422 é especificado também para as aplicações *multi-drop* (um driver é conectado e pode transmitir para até 10 receptores).

O dado é codificado como uma tensão diferencial entre os fios. Os fios são nomeados A (negativo) e B (positivo). Quando  $B > A$  então a saída será uma marca (1 ou desligado) e quando  $A > B$  então é contado como um espaço (0 ou ligado). No geral uma marca é +1 VDC para a linha A e +4 VDC para a linha B. Um espaço é +1 VDC para a linha B e o +4VDC para a linha A. Na extremidade do transmissor a diferença da tensão não deve ser menos de 1.5 VDC e não exceder 5 VDC. Na extremidade do receptor a diferença da tensão não deve ser menos de 0.2 VDC. O nível de tensão mínimo é -7 VDC e máximo +12 VDC.

A seguir uma tabela mostrando as características do RS422 (SYSTRONICS, 2003):

Maxima Distância @ Taxa	1200 metros @ máx. 100 kbps
Maxima taxa @ Distância	10 Mbps @ 12 metros
Resistência Driver de Saída	100 ohm
Resistência receptor entrada	4 kohm min.
Máxima saída atual	150 mA

O quadro 4 mostra as características entre os padrões mais conhecidas em comunicação serial, onde podemos analisar as vantagens e desvantagens de cada uma:

**Quadro 4 - Comparação de padrões seriais**

ESPECIFICAÇÕES		RS232	RS422
Modo de operação		SINGLE -ENDED	DIFFERENTIAL
Nº total Drivers e Receptores em Uma Linha (Um driver ativo por vez para redes RS485)		1 DRIVER 1 RECVR	1 DRIVER 10 RECVR
Máximo comprimento do cabo		50 FT.	4000 FT.
Taxa Máx de transf.de dados (40ft. - 4000ft. for RS422/RS485)		20kb/s	10Mb/s-100Kb/s
Voltagem Max saída do Driver		+/-25V	-0.25V to +6V
Nível de saída do sinal do Driver (Carregado Min.)	Carregado	+/-5V to +/-15V	+/-2.0V
Nível de saída do sinal do Driver Descarreg. Max)	Descarreg.	+/-25V	+/-6V
Carga Impend. Driver (Ohms)		3k to 7k	100
Driver Max.atual em Estado Z Alto	Ligado	N/A	N/A
Driver Max.atual em Estado Z Alto	Desligado	+/-6mA @ +/-2v	+/-100uA
Taxa (Max.)		30V/uS	N/A
Faixa de voltagem de entrada do receiver		+/-15V	-10V to +10V
Sensibilidade entrada receiver		+/-3V	+/-200mV
Resistência entrada receiver (Ohms), (1 padrão carregado para RS485)		3k to 7k	4k min.

## 5.2 CABO UTILIZADO PARA A COMUNICAÇÃO

Na figura 6 é possível verificar a pinagem e o significados de cada pino, em uma comunicação RS232.

Figura 6 - Pinagem do conector para comunicação RS232

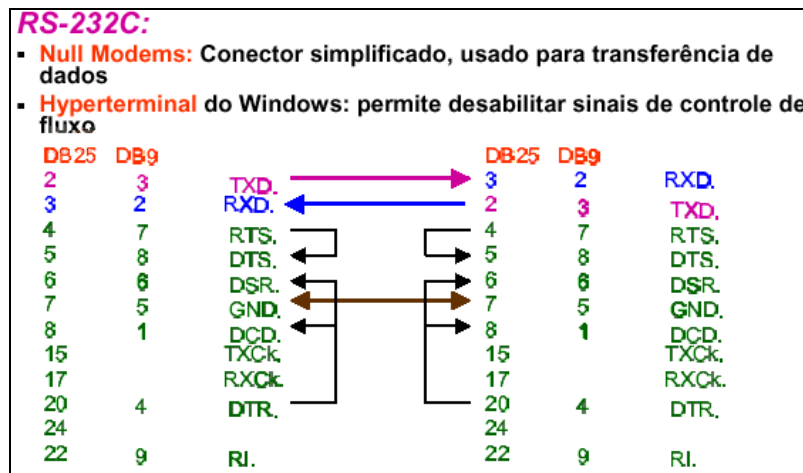
**RS-232C:**

- Padrão *físico e elétrico*.
  - Conector **DB25** (no caso dos computadores PC, usa-se normalmente um **DB9**, com os principais sinais).

DB25	DB9	descrição do sinal.
2	3	Transmit Data - TXD.
3	2	Receive Data - RXD.
4	7	Request to Send - RTS.
5	8	Clear to Send - DTS.
6	6	Data Set Ready - DSR.
7	5	Signal Ground - GND.
8	1	Data Carrier Detect - DCD.
15		Transmit Clock - TXCk.
17		Receive Clock - RXCk.
20	4	Data Terminal Ready - DTR.
24		Auxiliary Clock.
22	9	Ring Indicator - RI.

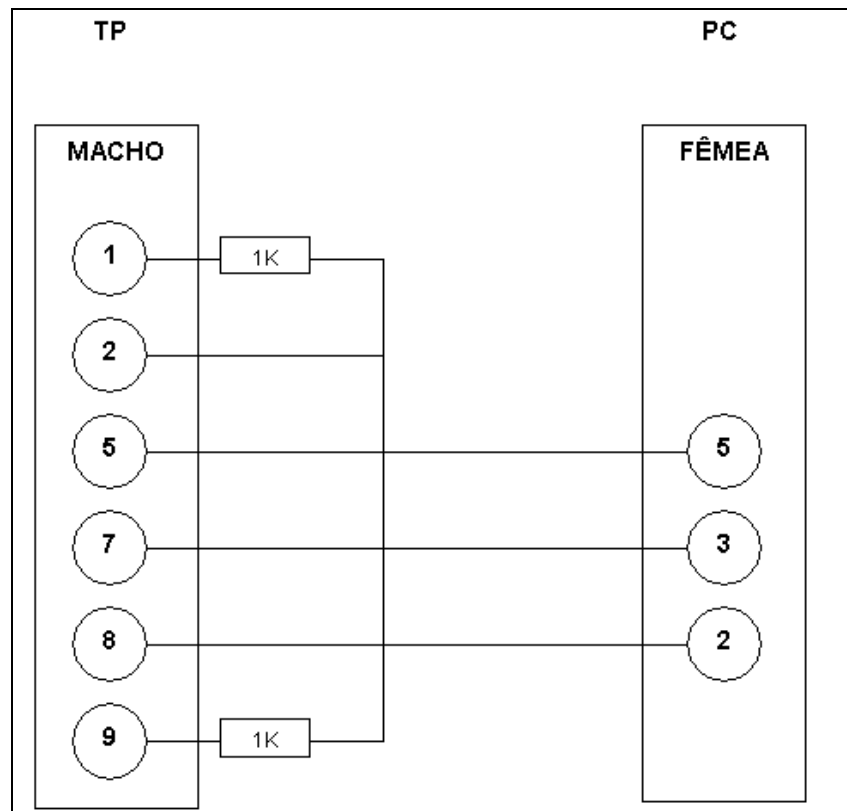
Na figura 7 é possível verificar a pinagem ponto a ponto na comunicação RS232, lembrando que esse é um formato universal.

Figura 7 - Pinagem dos conectores na comunicação RS232



Na figura 8 é possível verificar a pinagem utilizada nos conectores do cabo que foi confeccionado para a comunicação com o CLP. Lembrando que o CLP opera no protocolo RS422 e o PC no protocolo RS232. A pinagem apresentada permite a comunicação entre o CLP e o PC.

**Figura 8 - Pinagem do cabo utilizado para comunicação com CLP**



### 5.3 TELEGRAMA PARA LIGAR PORTA DO CLP

A seguir, é apresentada a estrutura do telegrama para alterar o estado de uma das portas do CLP, em toda a sua estrutura, para facilitar o entendimento desses comandos. Todas estas instruções foram estudadas e desenvolvidas com base nas informações encontradas nos manuais do CLP fornecido pela fabricante, disponível em WEG (2002a):

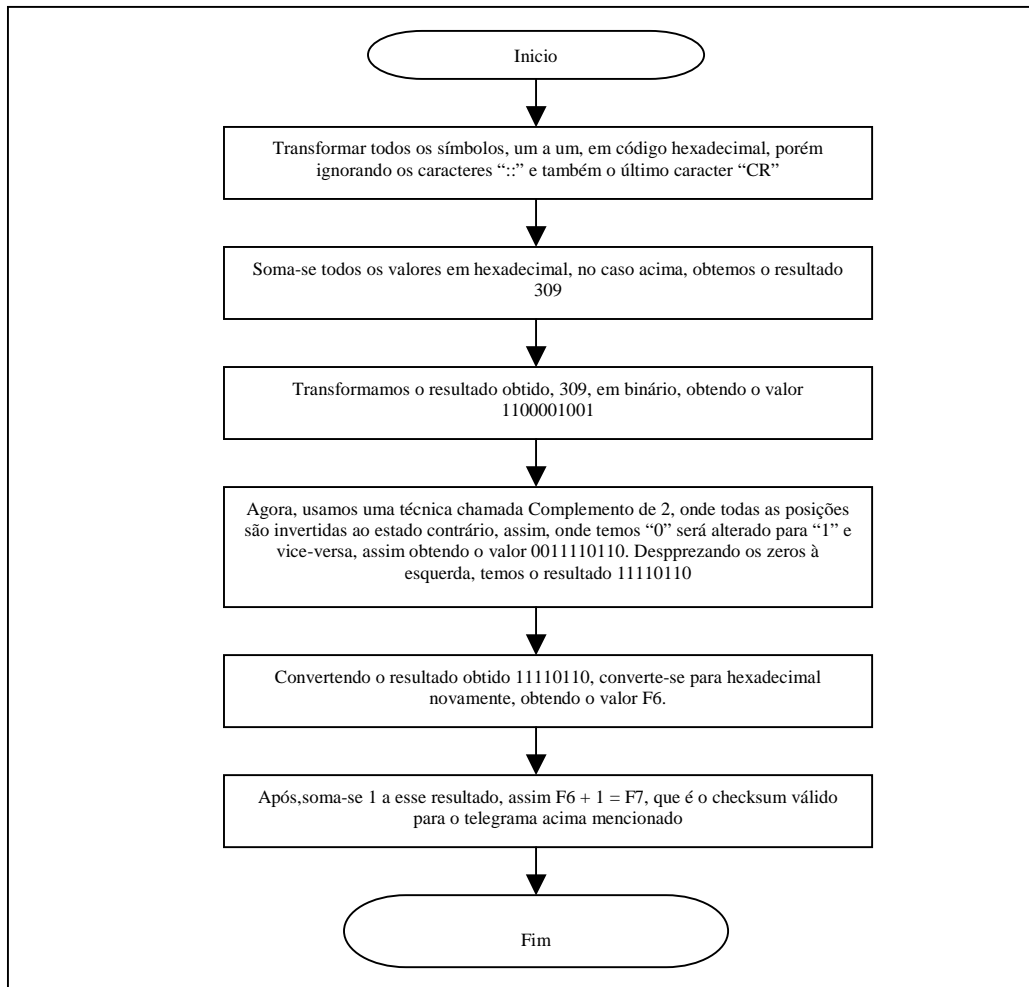
:	:	0	1	?	5	S	C	S	Y	0	0	0	1	1	F	7	CR
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----



- a)  $:: \rightarrow$  indica o início do telegrama. Todas as demais informações que forem enviadas que não contiverem esses dois símbolos, serão descartados pelo CLP;
- b)  $01 \rightarrow$  indica o endereço do CLP, no caso esse endereço foi previamente programado no CLP. Permite configurar mais endereços, uma vez que podem ser ligados até 99 CLP's simultaneamente com um computador, isso no caso do modelo de CLP TP-02 20R e na forma de comunicação utilizada;
- c)  $? \rightarrow$  indica que é um comando de escrita. Essa escrita pode ser o programa alterando o valor de uma das portas (variáveis), ou apenas um comando de monitoramento. Em ambas as situações, será enviada pelo CLP uma resposta ao programa. Na resposta, no lugar de '?' irá o símbolo '#';
- d)  $5 \rightarrow$  é o tempo que é para esperar por uma resposta do CLP. No caso, pega-se esse valor que então é multiplicado por 10 ms, nesse exemplo,  $5 \times 10\text{ms} = 50\text{ms}$ ;
- e)  $SCS \rightarrow$  É o comando que indica que será alterado o estado da variável.  $SCS = \text{Set Coil State}$ , que significa setar o estado da bobina;
- f)  $Y0001 \rightarrow$  é a variável que representa a porta de número 1, que irá assumir o valor '0' ou '1' (próxima informação do telegrama);
- g)  $1 \rightarrow$  é o estado da porta. Como o CLP é sempre NA (normalmente aberto), uma vez que o estado da porta é '1', significa que a mesma está fechada (ligada, acionada). Quando está '0', indica que a mesma está aberta (desligada);
- h)  $F7 \rightarrow$  É o *checksum*, calculado para garantir a integridade do telegrama. O Cálculo do mesmo, é feito da seguinte maneira que segue abaixo.

Para calcular o *checksum* de um telegrama, são necessários os procedimentos descritos na figura 9.

:	:	0	1	?	5	S	C	S	Y	0	0	0	1	1	F	7	CR
		30	31	3F	35	53	43	53	59	30	30	30	31	31	46	37	

**Figura 9 - Cálculo do checksum de um telegrama**

## 5.4 TELEGRAMA PARA DESLIGAR PORTA DO CLP

Para desligarmos uma das portas do CLP, utilizamos o mesmo telegrama acima (::01?5SCSY00011F7CR), apenas alterando o campo destacado para '0'. Nesse caso, é feito um novo cálculo de *checksum*, onde obtemos o valor F8. Assim, o telegrama para desligar a porta 1 do CLP é ::01?5SCSY00010F8CR.

## 5.5 TELEGRAMA PARA MONITORAR PORTA DO CLP

: : 0 1 # 5 M C R 1 3 4 CR

- a) : : → indica o início do telegrama. Todas as demais informações que forem enviadas que não contiverem esses dois símbolos, serão descartados pelo CLP;
- b) 0 1 → indica o endereço do CLP, no caso esse endereço foi previamente programado no CLP. Permite configurar mais endereços, uma vez que podem ser ligados até 99 CLP's simultaneamente com um computador, isso no caso desse modelo de CLP e na forma de comunicação utilizada neste trabalho;
- c) # → indica que é um comando de resposta. Essa resposta é enviada sempre que o CLP recebe algum telegrama válido;
- d) 5 → é o tempo que multiplicado por 10 ms, nesse exemplo, 5 X 10ms = 50ms. É o tempo que foi informado no telegrama de origem;
- e) M C R → é o comando que indica que sendo solicitado apenas o estado da variável (próximo campo do telegrama);
- f) Y 0 0 0 1 → é a variável que desejamos saber o estado;
- g) 1 → é o estado da porta. Como o CLP é sempre NA (normalmente aberto), uma vez que o estado da porta é '1', significa que a mesma está fechada (ligada, acionada). Quando está '0', indica que a mesma está aberta (desligada);
- h) 3 4 → é o *checksum* do telegrama enviado. Nesse caso, como as mensagens são padrões, e a resposta apenas envia uma estrutura igual em todas as respostas, apenas alterando os valores "0" ou "1", temos sempre o *checksum* 35 para o estado desligado (::01#5MCR035) e *checksum* 34 para o estado ligado (::01#5MCR134).

## 5.6 TELEGRAMAS UTILIZADOS NO PROTÓTIPO

Para automatizar as funções de ligar portas, desligar e monitorar, foram criados todos os telegramas referentes a essas operações, e para cada um deles, calculados os referidos checksum's. Assim, foram utilizados os telegramas demonstrados no quadro 5.

**Quadro 5 - Telegramas utilizados no protótipo**

Função do Telegrama	Telegrama																	
Ligar porta 1	:	:	0	1	?	5	S	C	S	Y	0	0	0	1	1	F	7	CR
Ligar porta 2	:	:	0	1	?	5	S	C	S	Y	0	0	0	2	1	F	6	CR
Ligar porta 3	:	:	0	1	?	5	S	C	S	Y	0	0	0	3	1	F	5	CR
Ligar porta 4	:	:	0	1	?	5	S	C	S	Y	0	0	0	4	1	F	4	CR
Ligar porta 5	:	:	0	1	?	5	S	C	S	Y	0	0	0	5	1	F	3	CR
Ligar porta 6	:	:	0	1	?	5	S	C	S	Y	0	0	0	6	1	F	2	CR
Ligar porta 7	:	:	0	1	?	5	S	C	S	Y	0	0	0	7	1	F	1	CR
Desligar porta 1	:	:	0	1	?	5	S	C	S	Y	0	0	0	1	0	F	8	CR
Desligar porta 2	:	:	0	1	?	5	S	C	S	Y	0	0	0	2	0	F	7	CR
Desligar porta 3	:	:	0	1	?	5	S	C	S	Y	0	0	0	3	0	F	6	CR
Desligar porta 4	:	:	0	1	?	5	S	C	S	Y	0	0	0	4	0	F	5	CR
Desligar porta 5	:	:	0	1	?	5	S	C	S	Y	0	0	0	5	0	F	4	CR
Desligar porta 6	:	:	0	1	?	5	S	C	S	Y	0	0	0	6	0	F	3	CR
Desligar porta 7	:	:	0	1	?	5	S	C	S	Y	0	0	0	7	0	F	2	CR
Monitorar porta 1	:	:	0	1	?	5	M	C	R	Y	0	0	0	1	2	F	CR	
Monitorar porta 2	:	:	0	1	?	5	M	C	R	Y	0	0	0	2	2	E	CR	
Monitorar porta 3	:	:	0	1	?	5	M	C	R	Y	0	0	0	3	2	D	CR	
Monitorar porta 4	:	:	0	1	?	5	M	C	R	Y	0	0	0	4	2	C	CR	
Monitorar porta 5	:	:	0	1	?	5	M	C	R	Y	0	0	0	5	2	B	CR	
Monitorar porta 6	:	:	0	1	?	5	M	C	R	Y	0	0	0	6	2	A	CR	
Monitorar porta 7	:	:	0	1	?	5	M	C	R	Y	0	0	0	7	2	9	CR	
Monitorar porta 8	:	:	0	1	?	5	M	C	R	Y	0	0	0	8	2	8	CR	

## **6 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO**

### **6.1 REQUISITOS DO PROTÓTIPO**

Para que seja possível a comunicação entre o software supervisor e o CLP, o presente trabalho tem como funcionalidades principais: o estabelecimento de uma comunicação serial, enviando e recebendo mensagens (telegramas), controlar os estados das portas de um CLP bem como alterar as mesmas.

A característica principal do trabalho é o embasamento deste, ou seja, a forma como acontece a troca de mensagens baseada em uma comunicação serial.

Em resumo, este protótipo de software de supervisão de equipamentos industriais deve estabelecer e prover a comunicação do software com o CLP, através de comunicação serial.

### **6.2 ESPECIFICAÇÃO**

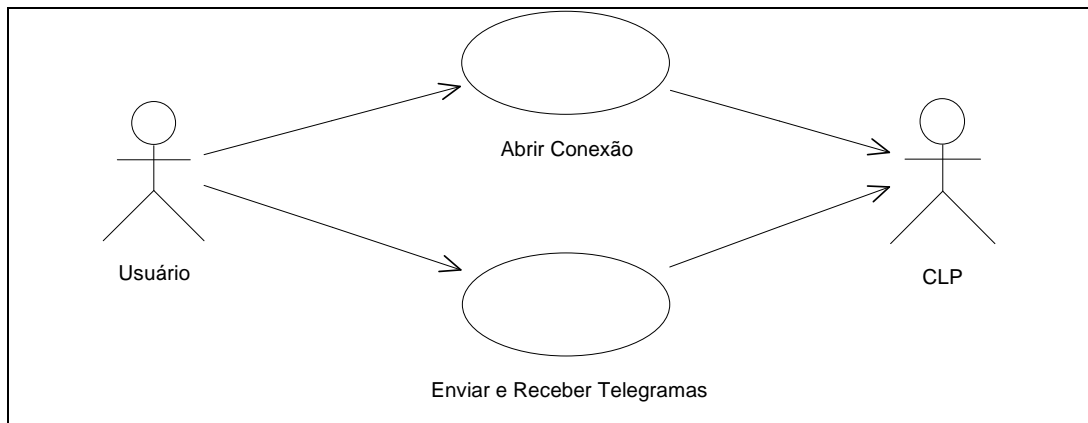
Após feita a análise, que é a parte do processo de desenvolvimento de software com a finalidade de formular um modelo de domínio do problema, utilizando-se orientação a objetos e a linguagem UML, o presente trabalho foi especificado através da ferramenta Rational Rose e foi demonstrado através de diagrama de caso de uso e diagrama de classes.

Ambos os diagramas são utilizados para representar a classe utilizada na implementação e o entendimento das operações que ela executa.

#### **6.2.1 DIAGRAMA DE CASO DE USO**

Segundo Furlan (1998), o diagrama de caso de uso é usado para demonstrar o comportamento de uma classe sem revelar sua estrutura interna. A figura 10 demonstra o diagrama de caso de uso do protótipo.

**Figura 10 - Diagrama de Caso de Uso**



O quadro 6 descreve os casos de uso do protótipo, indicando o nome do caso de uso, o respectivo ator e a descrição de cada um deles.

**Quadro 6 - Descrição dos Casos de Uso**

Caso de Uso	Ator	Descrição
Abrir Conexão	Usuário	O usuário abre o programa de supervisão. Nesse primeiro momento, o software é aberto e não está conectado ao CLP, então o usuário configura os parâmetros de conexão e clica em 'Abrir Conexão' e a comunicação é iniciada.
Enviar e Receber telegrama	Usuário	São enviados telegramas ciclicamente para o CLP, solicitando o estado de cada uma das portas do mesmo. Para cada comando, é recebida uma resposta informando o estado da porta solicitada. Também pode-se enviar telegramas de escrita, fazendo com que se possa alterar o estado das portas, ligando ou desligando a mesma.

## 6.2.2 DIAGRAMA DE CLASSES

Segundo Furlan (1998), o diagrama de classes é usado para mostrar a estrutura lógica apresentando elementos tais como: classes, tipos, atributos e métodos. A Figura 1111 demonstra o diagrama de classes do protótipo.

Figura 11 - Diagrama de Classes



## 6.3 IMPLEMENTAÇÃO

Nos itens seguintes serão abordadas as técnicas e ferramentas utilizadas para a elaboração e desenvolvimento deste trabalho e detalhadamente o funcionamento do Protótipo de Sistema Supervisório para Equipamentos Industriais.

### 6.3.1 TÉCNICAS E FERRAMENTAS UTILIZADAS

Para a implementação do protótipo foi utilizada a linguagem visual de programação Visual Basic 6 baseando-se na biblioteca *MsComm* para a realização da comunicação serial.

#### 6.3.1.1 VISUAL BASIC 6

Segundo Brown (1999), Visual Basic não é apenas uma linguagem. É um ambiente de desenvolvimento integrado no qual você pode desenvolver, executar e depurar seus aplicativos. Inclui recursos avançados como ferramentas para desenvolver controles ActiveX e para a Internet. A versão *Enterprise Edition* também inclui o *Visual SourceSafe* (um sistema de controle de versão) (PETROUTSOS, 1999).

### 6.3.1.2 CLP TP02 / 20MR

O CLP que foi utilizado para esse trabalho, é o TP02 / 20 MR, que possui 12 entradas digitais e 8 saídas (relé de 2 A). Sua dimensão é de 90 x 110 x 76 mm e o peso de 570g. A interface de comunicação é RS-422 e tem como características de comunicação:

- 1) conexão com computador de programação PC via interface RS232;
- 2) conexão com computador para Sistema Supervisório;
- 3) conexão com Equipamentos em Código ASCII, ou seja, podemos jogar as mensagens para o CLP em ASCII, não sendo necessária nenhuma conversão.

### 6.3.1.3 PROGRAMAÇÃO DO CLP TP02 / 20MR

A programação traduz as funções a serem executadas; para tanto ela deve ser a mais simples possível. Utilizando-se de linguagem específica, baseando-se na memotécnica, a linguagem de programação usa abreviações, figuras e números de tal forma a tornar-se acessível a todos os níveis tecnológicos.

Os tipos de funções são associações lógicas ( “E”, “OU”, etc), funções de memória (SET, RESET, etc), funções de contagem, temporização, aritmética e outras mais específicas. A forma visual que a instrução se apresenta depende unicamente do tipo de sistema utilizado pelo programador. Seja por exemplo, a associação lógica “OU” entre duas informações que chamaremos de entradas por traduzirem informações do processo. O resultado desta associação será armazenado em uma memória para depois ser utilizado, na dependência da ordem de operação. Podemos representar essa associação na forma de diagrama de contatos (Ladder).

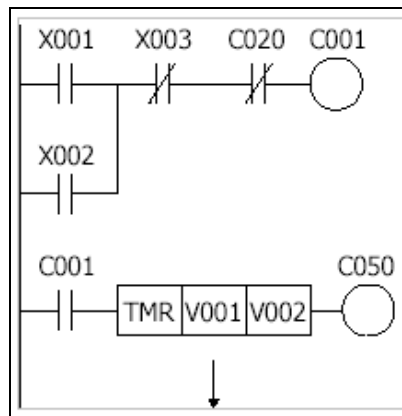
É possível ainda representar a associação através de um esquema de funcionamento ou diagrama lógico. As vantagens e desvantagens de cada uma das formas de linguagem de programação são dependentes dos conhecimentos do programador.

A linguagem mais difundida até agora tem sido o diagrama de contatos (LADDER), devido a semelhança com os esquemas elétricos usados para o comando convencional e a facilidade de visualização nas telas de vídeo dos programadores (CRT). Alguns Softwares de programação permitem migrar de uma linguagem para outra. Como por exemplo, de Ladder para lista de instrução, de Ladder para diagrama lógico e vice versa.



Na figura 12 é apresentado um exemplo de instruções escritas na forma de diagrama de contatos ou Ladder (TP02 – WEG).

**Figura 12 - Exemplo de diagrama de contatos**

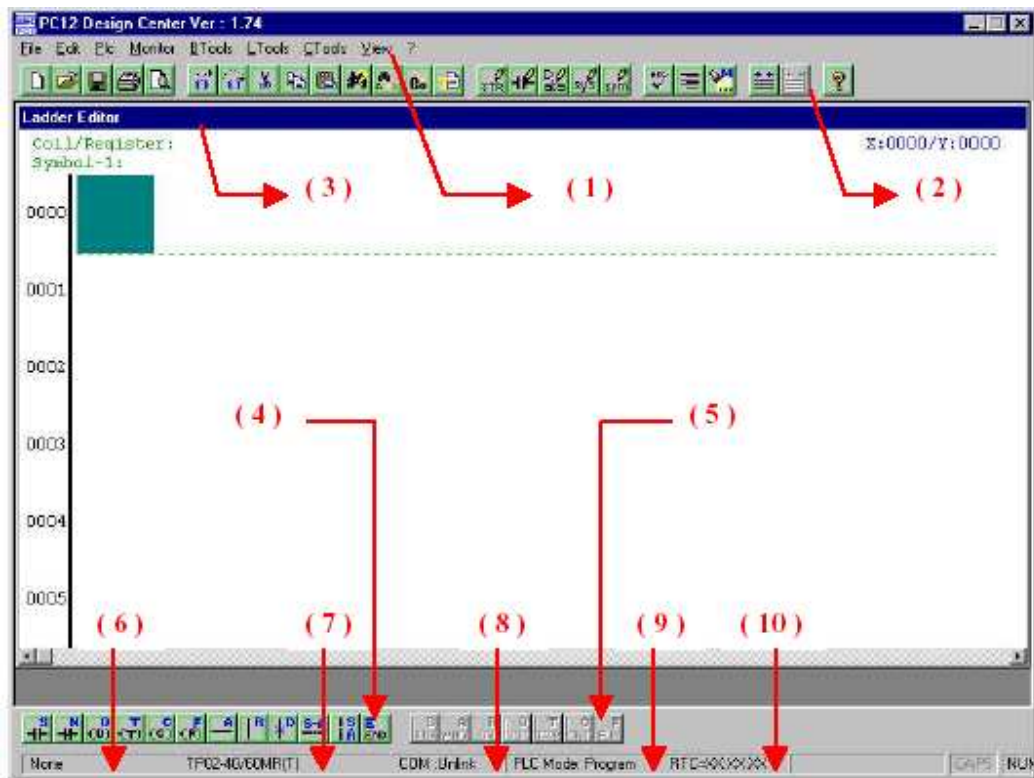


Para a programação do CLP, foi utilizada a linguagem Ladder e o ambiente de programação PC12 Design Center versão 1.9a (WEG, 2002), desenvolvido pelo programador Scott Wu, da empresa Taian Co., LTD. A Weg S.A. possui contrato com esta empresa, tendo permissão para distribuir o software livremente.

O PC12 Design Center permite ao usuário criar o software aplicativo para toda linha TP02 de controladores programáveis. A seguir serão apresentadas descrições das principais características (telas, menus, comandos básicos, arquitetura de memória, etc ...), bem como aplicaremos alguns exercícios para fixação dos conceitos e comandos.

Na figura 13, podemos verificar a tela do software PC12 Design Center, onde serão identificadas as funções e comandos existentes no mesmo.

Figura 13 - Tela principal do software PC12 Desing Center



- 1) Menu Principal
- 2) Barra de Botões
- 3) Tela de edição do programa
- 4) Barra de Ferramentas do editor Ladder
- 5) Barra de Ferramentas do editor Boolean
- 6) Nome do arquivo ativo para edição
- 7) Indicação do módulo básico
- 8) Porta de comunicação serial selecionada
- 9) Status de operação do TP02
- 10) Display do Relógio de Tempo Real ( Real Time Clock), disponível somente para os módulos de 40 e 60 pontos.

Nas figuras 14, 15 e 16 é demonstrado o código fonte, que foi implementado no CLP utilizado para este trabalho.

**Figura 14 - Código fonte programa do CLP (linhas 0001 à 0011)**

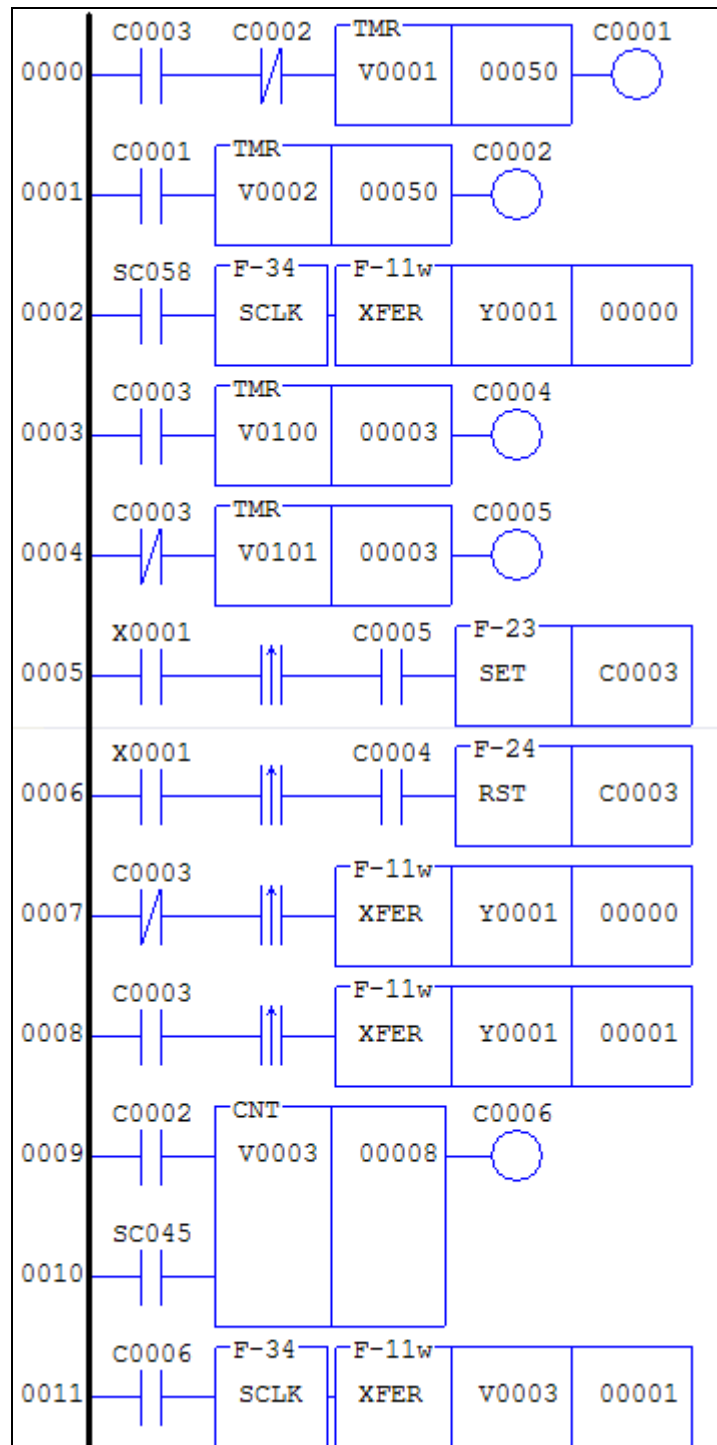
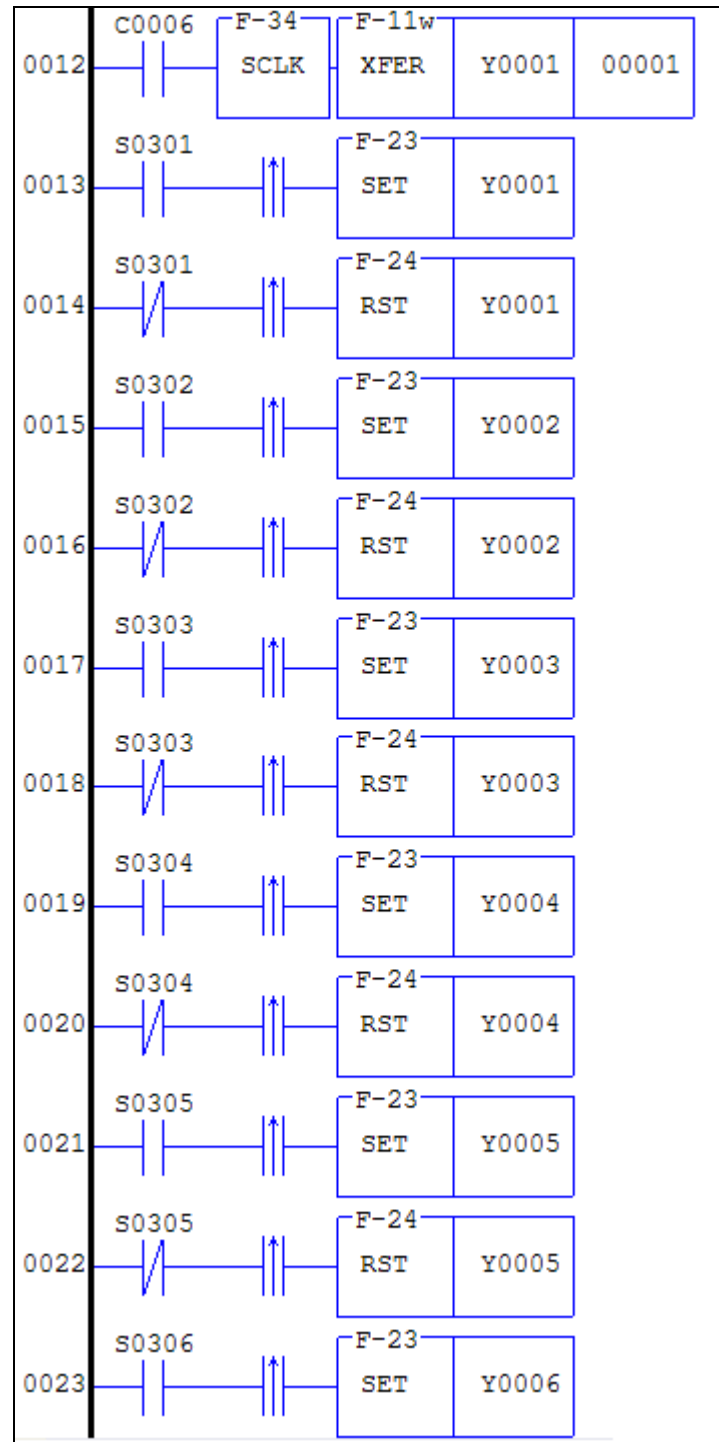
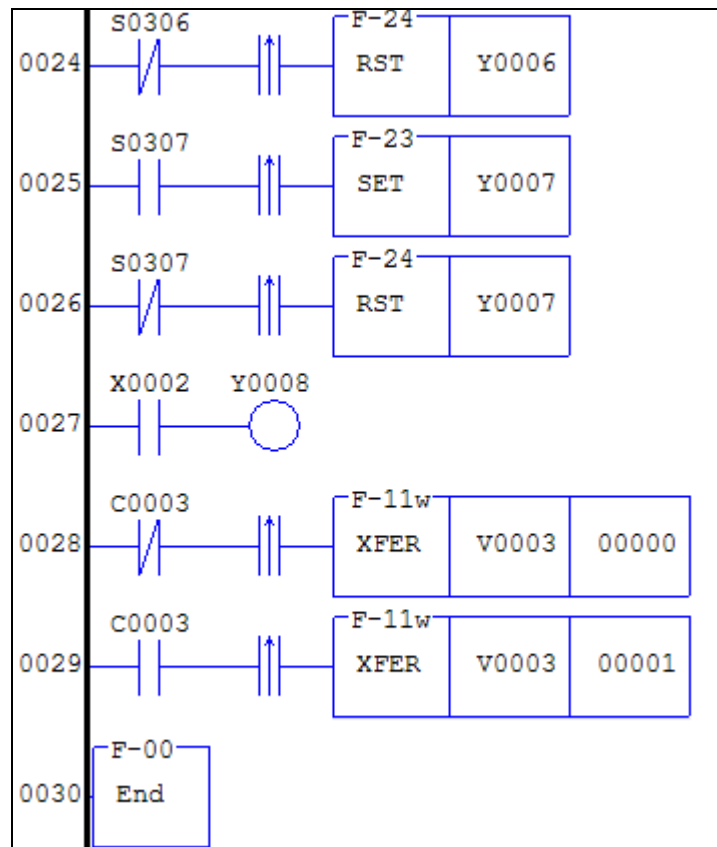


Figura 15 - Código fonte programa do CLP (linhas 0012 à 0023)

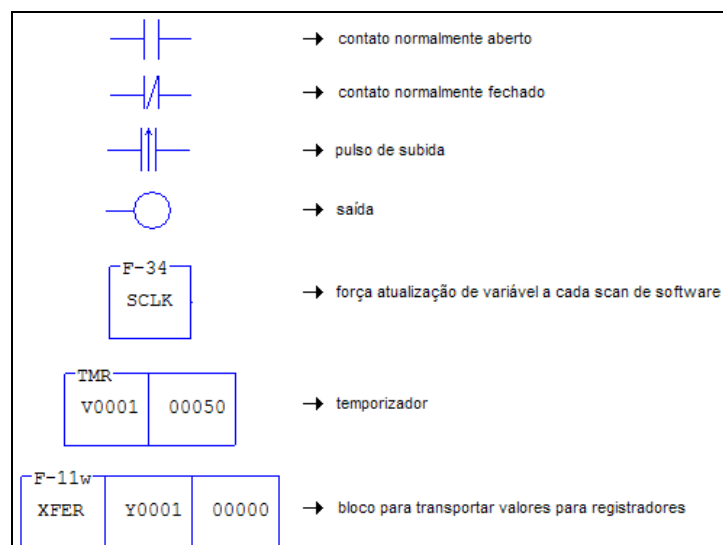


**Figura 16 - Código fonte programa do CLP (linhas 0024 à 0030)**



O código fonte utilizado foi descrito neste trabalho, com a finalidade de permitir a reprodução do mesmo. Na figura 17, podemos verificar alguns dos comandos utilizados e seu significado.

**Figura 17 - Comandos utilizados na programação Ladder**



Nas figuras 18 e 19 é apresentado o código fonte do CLP em linguagem booleana. Esse código foi obtido através do software PC12 Design Center, que possui a função em apresentar o programa na linguagem booleana e também na linguagem Ladder (diagrama de contatos).

**Figura 18 - Código fonte do CLP em linguagem booleana**

ADDRESS	INSTRUCTION	SYMBOL
0000	STR	C0003
0001	AND NOT	C0002
0002	TMR	V0001
		00050
0004	OUT	C0001
0005	STR	C0001
0006	TMR	V0002
		00050
0008	OUT	C0002
0009	STR	SC058
0010	F-34	SCLK
0011	F-11w	XFER
		Y0001
		00000
0014	STR	C0003
0015	TMR	V0100
		00003
0017	OUT	C0004
0018	STR NOT	C0003
0019	TMR	V0101
		00003
0021	OUT	C0005
0022	STR	X0001
0023	F-05	- ^ -
0024	AND	C0005
0025	F-23	SET
		C0003
0027	STR	X0001
0028	F-05	- ^ -
0029	AND	C0004
0030	F-24	RST
		C0003
0032	STR NOT	C0003
0033	F-05	- ^ -
0034	F-11w	XFER
		Y0001
		00000
0037	STR	C0003
0038	F-05	- ^ -
0039	F-11w	XFER
		Y0001
		00001
0042	STR	C0002
0043	STR	SC045
0044	CNT	V0003
		00008
0046	OUT	C0006
0047	STR	C0006
0048	F-34	SCLK
0049	F-11w	XFER
		Y0003
		00001
0052	STR	C0006
0053	F-34	SCLK
0054	F-11w	XFER
		Y0001
		00001
0057	STR	S0301
0058	F-05	- ^ -
0059	F-23	SET
		Y0001

Figura 19 - - Código fonte do CLP em linguagem booleana

ADDRESS	INSTRUCTION	SYMBOL
0061	STR NOT	S0301
0062	F-05	- ^ -
0063	F-24	RST
		Y0001
0065	STR	S0302
0066	F-05	- ^ -
0067	F-23	SET
		Y0002
0069	STR NOT	S0302
0070	F-05	- ^ -
0071	F-24	RST
		Y0002
0073	STR	S0303
0074	F-05	- ^ -
0075	F-23	SET
		Y0003
0077	STR NOT	S0303
0078	F-05	- ^ -
0079	F-24	RST
		Y0003
0081	STR	S0304
0082	F-05	- ^ -
0083	F-23	SET
		Y0004
0085	STR NOT	S0304
0086	F-05	- ^ -
0087	F-24	RST
		Y0004
0089	STR	S0305
0090	F-05	- ^ -
0091	F-23	SET
		Y0005
0093	STR NOT	S0305
0094	F-05	- ^ -
0095	F-24	RST
		Y0005
0097	STR	S0306
0098	F-05	- ^ -
0099	F-23	SET
		Y0006
0101	STR NOT	S0306
0102	F-05	- ^ -
0103	F-24	RST
		Y0006
0105	STR	S0307
0106	F-05	- ^ -
0107	F-23	SET
		Y0007
0109	STR NOT	S0307
0110	F-05	- ^ -
0111	F-24	RST
		Y0007
0113	STR	X0002
0114	OUT	Y0008
0115	STR NOT	C0003
0116	F-05	- ^ -
0117	F-11w	XFER
		V0003
		00000
0120	STR	C0003
0121	F-05	- ^ -
0122	F-11w	XFER
		V0003
		00001
0125	F-00	End

Para facilitar o entendimento do programa que foi criado para o CLP, o mesmo é demonstrado em forma de fluxogramas, representando as 3 situações de funcionamento.

Na figura 20 é apresentado o fluxograma que mostra o funcionamento da rotina manual do software do CLP, onde fica apenas aguardando comandos para acendimento das lâmpadas 1 a 7. O fluxograma é o mesmo para todas as lâmpadas. No exemplo da figura 20 é utilizada a saída Y0001 que é a variável que representa a saída do CLP de número 1.

Quando o CLP é ligado, ele entra no estado manual, representado pelo fluxograma que é mostrado na figura 20. Caso seja dado um toque na chave de número 1 do hardware desenvolvido, o programa executa a rotina automática demonstrada no fluxograma que é mostrado na figura 21, onde inicia um ciclo de acendimento das lâmpadas 1 a 7, permanente cada uma acessa por 10 segundos. Independente da rotina, o programa também prevê a rotina que é representada pelo fluxograma que é mostrada na figura 22, onde a lâmpada 8 apenas é acessa enquanto pressionada a chave de número 2 do hardware desenvolvido.

**Figura 20 - Fluxograma da rotina manual do software do CLP**

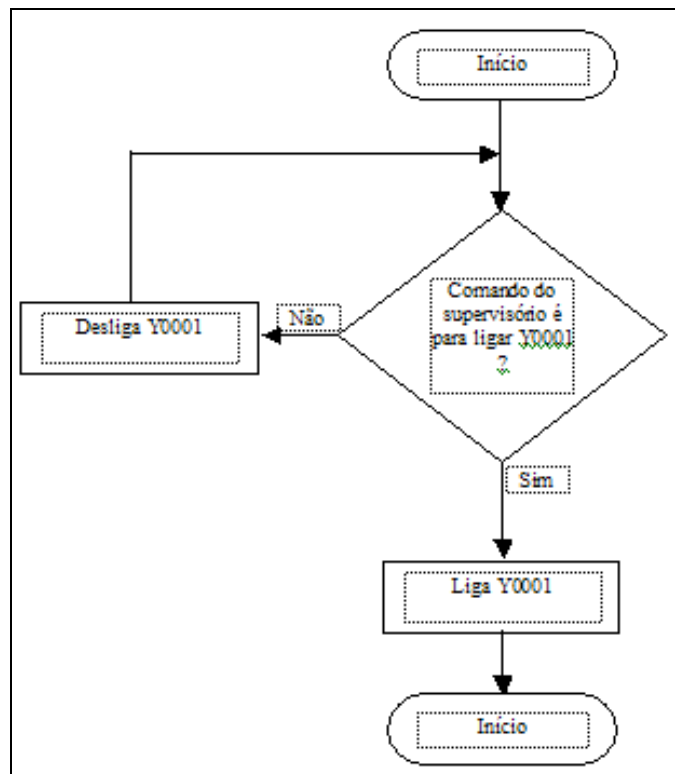




Figura 21 – Fluxograma da rotina de acendimento automático das lâmpadas 1 à 7

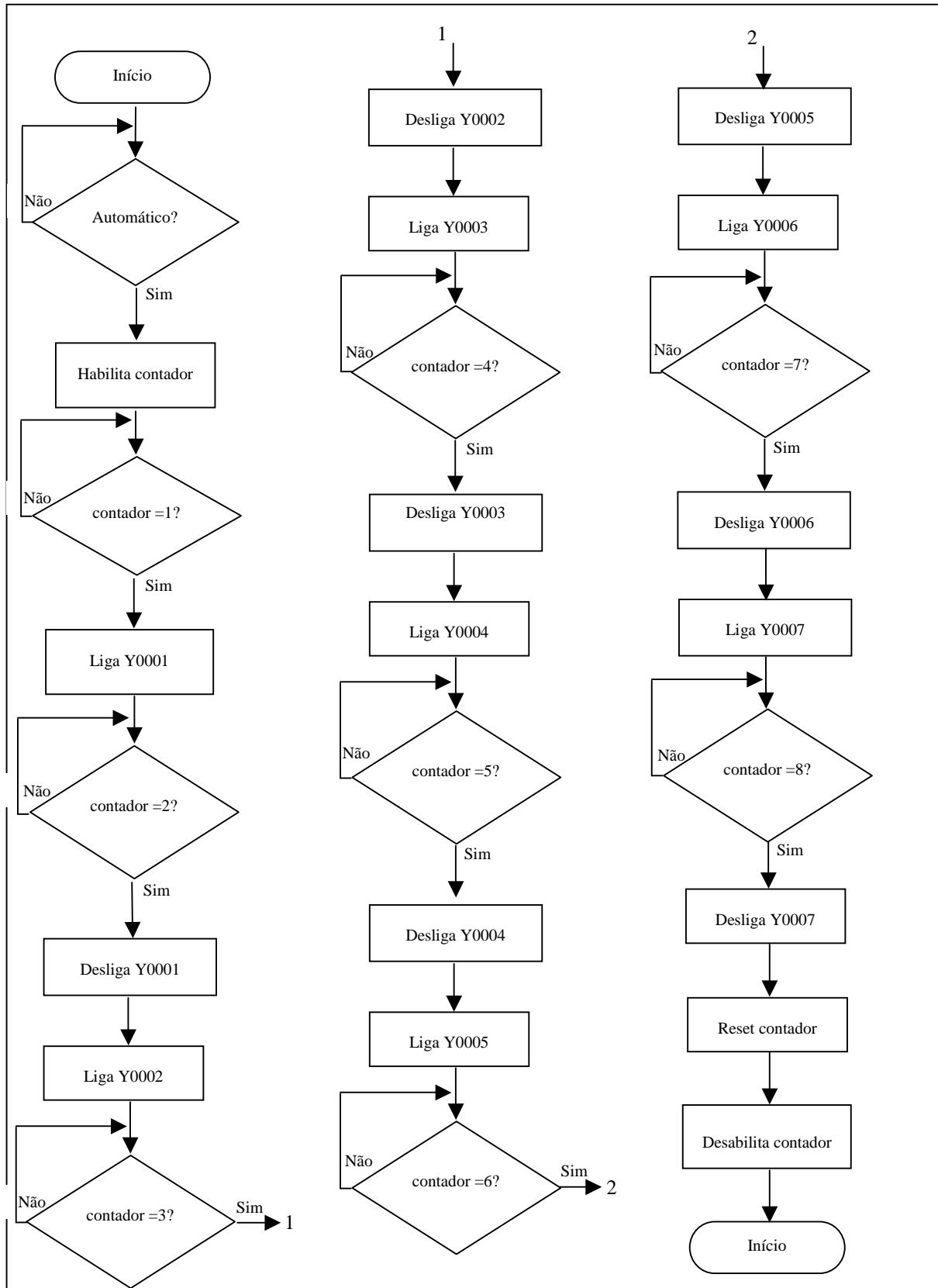
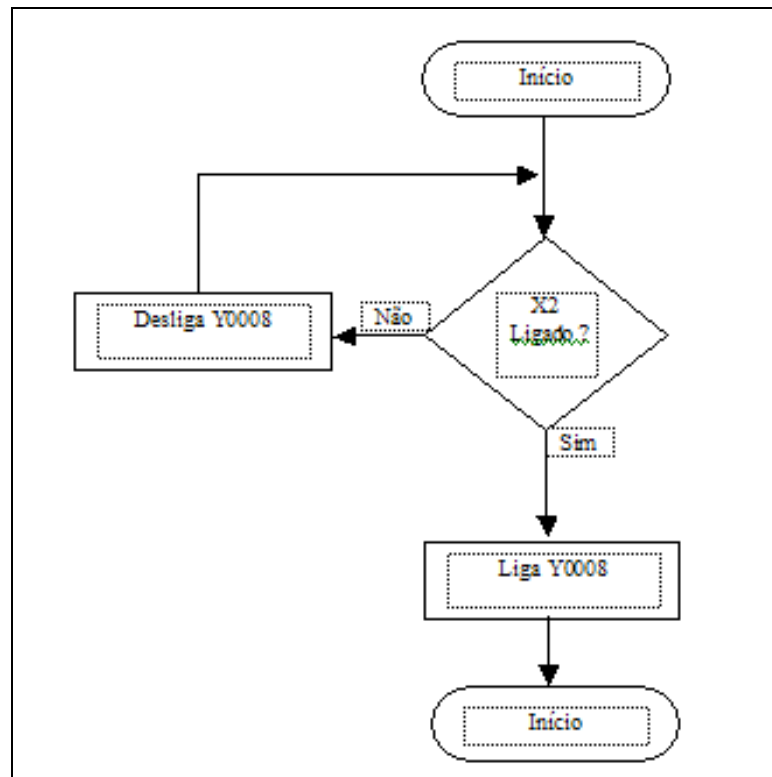


Figura 22 – Fluxograma da rotina de acendimento da lâmpada 8



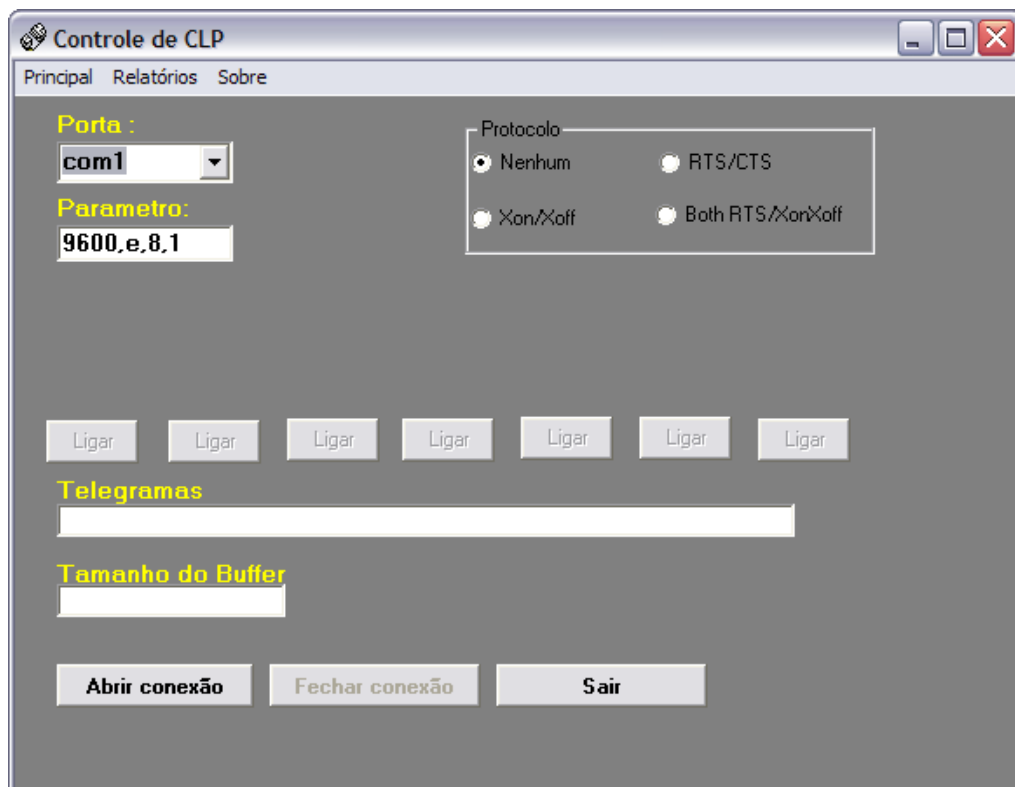
### 6.3.2 O PROTÓTIPO

O presente Protótipo de Sistema de Supervisão de Equipamentos Industriais tem a relevância de poder promover a comunicação entre o computador e um dispositivo externo (CLP), ao qual podem estar ligados diversos equipamentos.

Como a Automação é uma área cada vez mais em crescimento, serão cada vez mais necessários softwares para monitorar o estado dos dispositivos que controlam os equipamentos, como no caso o CLP.

Podemos ver na figura 23, a tela do Protótipo, nesse caso, foi desenvolvida uma interface de fácil entendimento, onde mostra claramente o estado das 8 portas de saídas disponíveis no CLP utilizado para este trabalho.

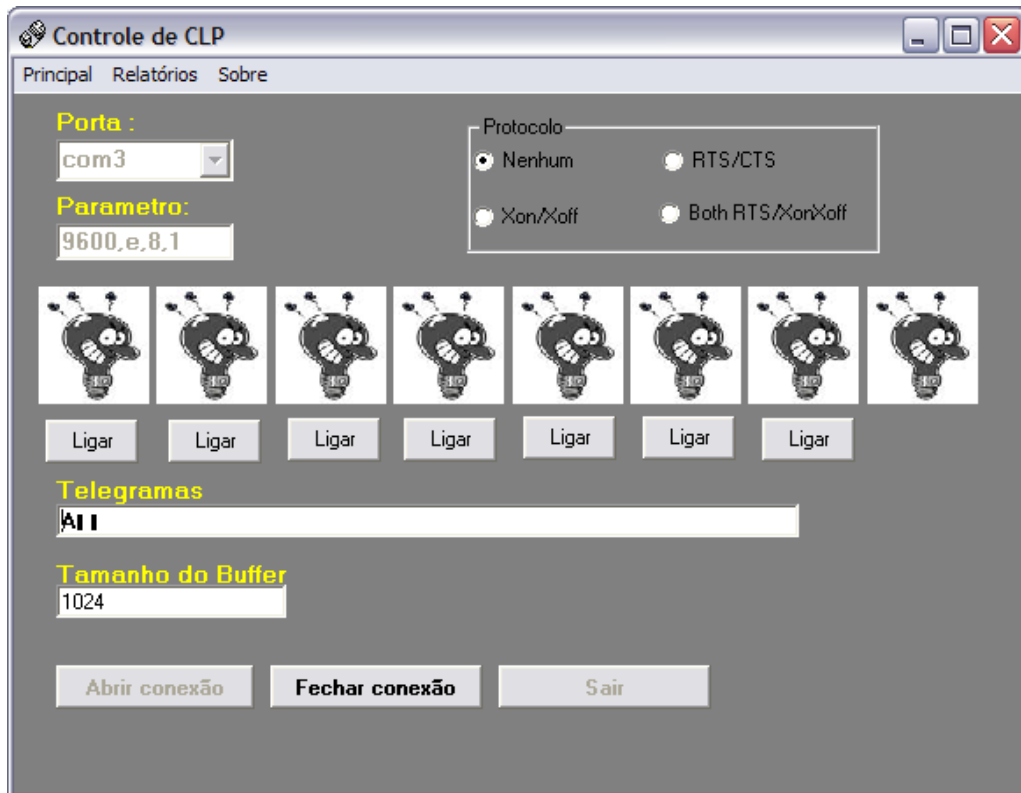
**Figura 23 - Tela Inicial**



Para iniciar a comunicação com o CLP, primeiramente define-se em qual porta o mesmo está conectado, na seqüência escolhe-se a velocidade da comunicação, a paridade e o

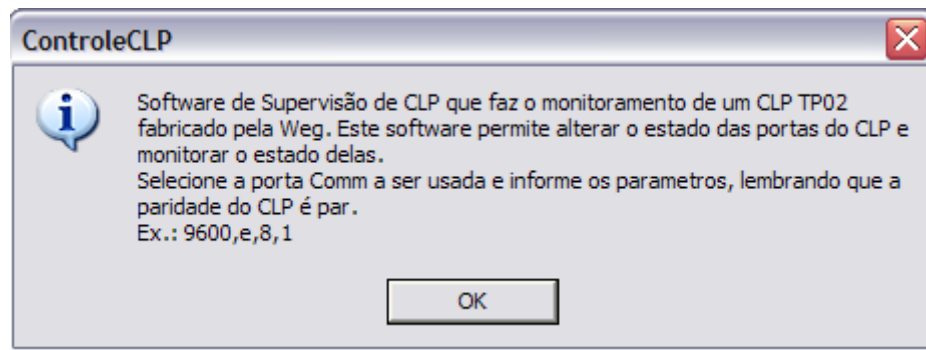
bit de parada. No caso do CLP utilizado para este trabalho, o mesmo foi configurado na velocidade de 9600 baud, paridade par, data bits 8 e bits de parada 1. Ao clicar no botão “Abrir Conexão”, a conexão é estabelecida, mostrando a tela que podemos ver na figura 24.

**Figura 24 - Interface do Protótipo de Supervisão em execução**



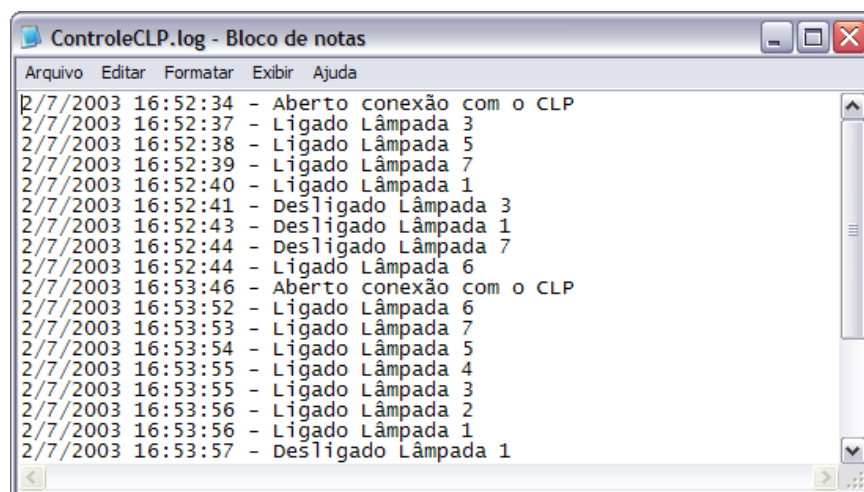
Na figura 24 pode-se visualizar a tela principal, onde são mostradas 8 lâmpadas. Em cada saída do CLP foi ligada uma lâmpada. Assim, o protótipo pode enviar mensagens para o CLP definindo qual porta deve ser ligada ou desligada. O protótipo também fica enviando mensagens constantemente para o CLP, solicitando o estado de cada uma das 8 portas. Conforme a resposta obtida, a imagem acima mostra se as lâmpadas estão ligadas ou desligadas. A figura 25 nos mostra a tela de ajuda, com informações básicas sobre o software.

Figura 25 - Tela de ajuda



A figura 26 mostra um exemplo de log gerado pelo software, onde são registradas várias informações como a hora que foram abertas e fechadas as conexões bem como ligadas e desligadas as lâmpadas. Na figura 27, temos um relatório, onde podemos escolher o dia no qual desejamos verificar as conexões efetuadas.

Figura 26 - Exemplo de log gerado pelo software



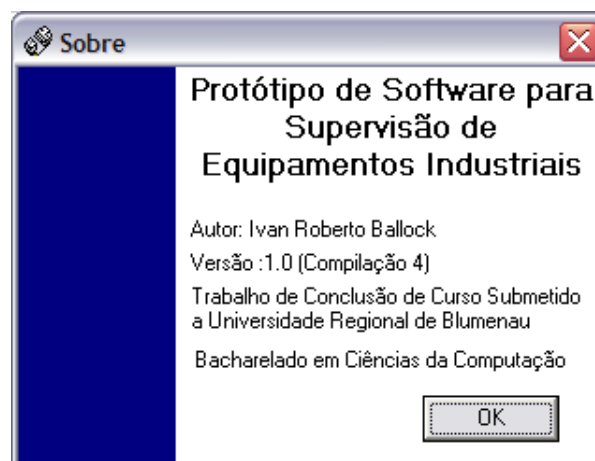
**Figura 27 - Exemplo de relatório emitido pelo software**

RELATÓRIO DE USO DO CLP DO DIA 2/7/2003		
2/7/2003	16:52:34	- Aberto conexão com o CLP
2/7/2003	16:52:37	- Ligado Lâmpada 3
2/7/2003	16:52:38	- Ligado Lâmpada 5
2/7/2003	16:52:39	- Ligado Lâmpada 7
2/7/2003	16:52:40	- Ligado Lâmpada 1
2/7/2003	16:52:41	- Desligado Lâmpada 3
2/7/2003	16:52:43	- Desligado Lâmpada 1
2/7/2003	16:52:44	- Desligado Lâmpada 7
2/7/2003	16:52:44	- Ligado Lâmpada 6
2/7/2003	16:53:46	- Aberto conexão com o CLP
2/7/2003	16:53:52	- Ligado Lâmpada 6
2/7/2003	16:53:53	- Ligado Lâmpada 7
2/7/2003	16:53:54	- Ligado Lâmpada 5
2/7/2003	16:53:55	- Ligado Lâmpada 4
2/7/2003	16:53:55	- Ligado Lâmpada 3
2/7/2003	16:53:56	- Ligado Lâmpada 2
2/7/2003	16:53:56	- Ligado Lâmpada 1
2/7/2003	16:53:57	- Desligado Lâmpada 1
2/7/2003	16:53:57	- Desligado Lâmpada 2
2/7/2003	16:53:58	- Desligado Lâmpada 3
2/7/2003	16:53:58	- Desligado Lâmpada 4
2/7/2003	16:53:59	- Desligado Lâmpada 5
2/7/2003	16:53:59	- Desligado Lâmpada 6
2/7/2003	16:54:00	- Desligado Lâmpada 7

FIM DO RELATÓRIO

A figura 28 nos mostra a tela com informações sobre o software e sua autoria, bem como outras informações.

**Figura 28 - Tela com informações sobre o software**



## 6.4 TESTES E VALIDAÇÃO

Para testar o protótipo, foi desenvolvido uma bancada para teste, onde foram fixados em uma prancha de madeira, um CLP TP02/20MR, 8 lâmpadas, 2 disjuntores e uma chave estilo ‘campainha’.

As 8 lâmpadas foram ligadas nas saídas do CLP, sendo que cada uma das lâmpadas, em uma das saídas, lembrando que esse modelo de CLP tem 8 saídas. A chave instalada foi ligada na entrada de número 1 do CLP. A finalidade da chave é trocar os programas que existem no CLP.

Previamente foram desenvolvidos 2 programas. O primeiro programa apenas faz com que o CLP receba as instruções do software, ligando ou desligando suas saídas, bem como enviando respostas dos estados das portas. Porém, se ao ligarmos o CLP pressionarmos a chave número ‘1’ localizada à direita do CLP, que está instalada no painel, nesse momento será trocado para um programa que inicia o acendimento da lâmpada de número 1, deixando-a ligada durante 10 segundos. Na seqüência será a lâmpada de número 2 e assim por diante, fazendo esse ciclo entre as lâmpadas 1 até 7. A lâmpada de número 8 apenas será acionada enquanto o botão de número 2 estiver sendo pressionado.

Esse programa foi solicitado com o intuito de demonstrar o software, demonstrando as lâmpadas acendendo ou apagando, e o software sendo capaz de demonstrar visualmente o estado de cada uma das saídas.

É possível verificar na figura 29, a foto da bancada desenvolvida para a demonstração do funcionamento do CLP e do software supervisor.

**Figura 29 - Foto do hardware conectado ao PC**



É possível verificar na figura 30, a foto do CLP e as saídas já conectadas, onde cada uma delas é ligada a uma lâmpada.

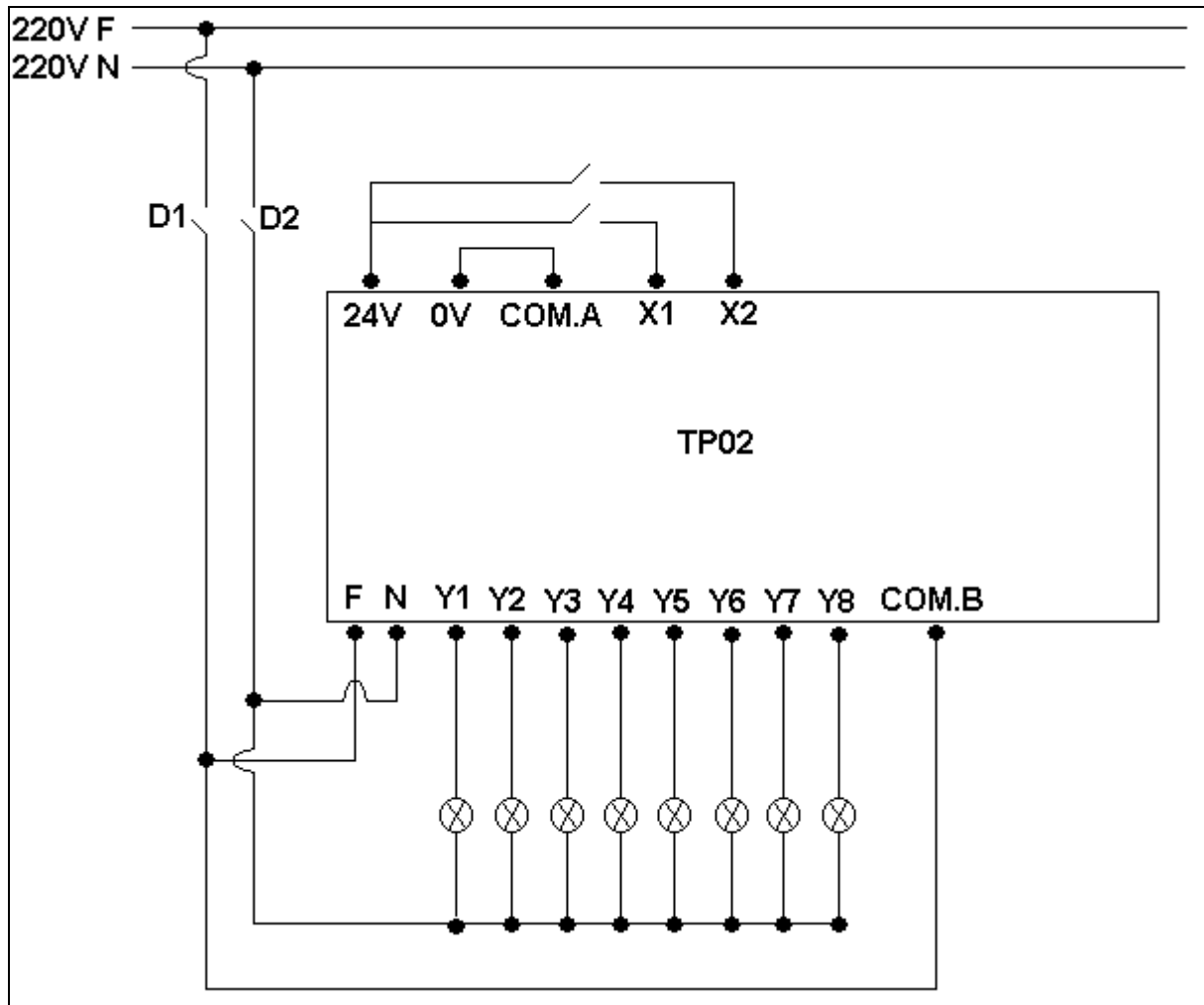
**Figura 30 - Foto do CLP e das conexões de saída**





É possível verificar na figura 31, o diagrama elétrico do hardware mostrado na figura 22, facilitando o entendimento das ligações utilizadas e também permitindo uma melhor visualização do funcionamento do CLP.

**Figura 31 - Diagrama elétrico utilizado**



### 6.4.1 O CÓDIGO FONTE

No quadro 7 é demonstrado uma parte do código programado. Como o objetivo desse trabalho era a supervisão de equipamentos através de comunicação serial, nesse quadro demonstra-se que quando se clica no botão ‘Ligar’, é adicionado ao log a informação de que determinada lâmpada foi ligada, na seqüência envia o telegrama para ligar aquela lâmpada e então troca o botão ‘Ligar’ pelo botão ‘Desligar’.

Caso tenha sido clicado em ‘Desligar’, então envia o telegrama para desligar a lâmpada e troca o botão ‘Desligar’ pelo botão ‘Ligar’.

**Quadro 7 - Ligando e desligando as portas do CLP**

```

If frmPrincipal.Command1(Index).Caption = "Ligar" Then 'Se caption = Ligar
MakeLogFile "Ligado Lâmpada 1" 'Adiciona texto no log
frmPrincipal.MSComm1.Output = ":::01?5SCSY00011F7" & Chr(13) 'Envia telegrama
frmPrincipal.Command1(Index).Caption = "Desligar" 'Troca caption botao para desl
Else
MakeLogFile "Desligado Lâmpada 1"
frmPrincipal.MSComm1.Output = ":::01?5SCSY00010F8" & Chr(13)
frmPrincipal.Command1(Index).Caption = "Ligar"
End If

```

No quadro 8, é possível ver o telegrama de resposta que o CLP envia sempre que recebe um telegrama alterando uma de suas portas, como também envia quando recebe um telegrama solicitando o estado de uma de suas portas.

Como a única informação que altera é o estado da porta, quando o estado for ‘1’, o *checksum* será ‘34’ e sempre que o estado da porta for ‘0’, o *checksum* será ‘35’.

Assim, analisando o telegrama recebido, é possível verificar se o estado é ‘Ligado’ ou ‘Desligado’, dessa maneira podendo associar a imagem da lâmpada acesa ou da lâmpada apagada.

**Quadro 8 - Tratando a resposta enviada pelo CLP**

```
If status = ":::01#5MCR134" Then 'Verifica msg recebida, se for com final 134
'é ligado e joga a imagem correspondente, se for final 035, é desligado
frmPrincipal.Image1(0).Picture = frmPrincipal.imgLigado.Picture
Else
frmPrincipal.Image1(0).Picture = frmPrincipal.imgDesligado.Picture
End If
```

## 7 CONCLUSÃO

Durante as etapas de pesquisa e desenvolvimento do trabalho, foi possível constatar que a Automação é uma área em pleno crescimento. Já faz anos que se utilizam CLP's para automatizar as mais diversas tarefas, porém o que se percebe é que ainda existe uma grande área a ser explorada, que é a de Sistemas Supervisórios.

Existem alguns softwares prontos no mercado, os quais podem ser utilizados para a finalidade de supervisionar CLP's, porém são ferramentas prontas e na maioria das vezes, desenvolvidos com a interface em outro idioma.

Durante a fundamentação deste trabalho, foi necessário fazer pesquisa sobre o funcionamento do CLP, a forma pela qual se realiza a comunicação, o formato das mensagens enviadas e recebidas, a forma de comunicação serial bem como o componente Visual Basic necessário em linguagem de programação para fazer com que a comunicação serial acontecesse corretamente.

Ter o domínio de como comunicar-se com equipamentos externos, como nesse trabalho, é algo visto como um desafio para muitas pessoas. Após um pouco de pesquisas, é possível ver como funciona toda essa estrutura.

A implementação do protótipo no ambiente de programação Visual Basic 6, utilizou um componente para que fosse possível a comunicação através da porta serial.

Foi interessante a utilização de equipamentos externos interligados ao micro, como o caso do CLP. A programação do mesmo foi um pouco complexa, porém realizada por terceiros, uma vez que não era o objetivo do trabalho. Uma vez programado, foi necessário pesquisar a maneira como utilizar a porta serial do computador e compreender o formato das mensagens enviadas e recebidas pelo CLP. Com certeza foi muito válido esse aprendizado.

A grande vantagem na utilização deste protótipo de supervisão de equipamentos industriais é a facilidade de uso, bem como a grande necessidade existente em estar supervisionando tais equipamentos.

O uso do presente protótipo está com 100% compatível com o CLP TP02/20MR, utilizado para o desenvolvimento deste trabalho. Para ser utilizado com outro CLP, seria

apenas necessário verificar os parâmetros de comunicação do mesmo (velocidade, paridade e bit de parada), além do formato das mensagens.

## 7.1 EXTENSÕES

Procurando dar continuidade ao desenvolvimento de um sistema completo de supervisão, sugere-se:

- a) a implementação desta tecnologia para uso com mais de um CLP interligados, uma vez que percebi que existe um *delay* entre envio e resposta das mensagens. Ligando mais CLP's, acredito que possa existir problemas com esses atrasos, portanto sendo necessário uma implementação diferenciada, visto que os CLP's são equipamentos relativamente caros, e utilizados como ferramentas que exigem certa precisão e rapidez de resposta;
- b) desenvolvimento de outras interfaces específicas e funções especiais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BROWN, Steve. **Visual Basic 6: bíblia do programador**. São Paulo: Berkeley, 1999.

ELIPSE SOFTWARE. **Connecting you to the real world**. Porto Alegre, [2003]. Disponível em <<http://www.elipse.com.br>>. Acesso: 01/06/2003.

FURLAN, Jose Davi. **Modelagem de objetos através da UML-The Unified Modeling Language**. São Paulo: Makron Books, 1998. 329 p.

JESUS, Carlos Eduardo. **Amperes Automation**. Cubatão, [2002]. Disponível em <<http://www.amperesautomation.hpg.ig.com.br/index0.html>>. Acesso: 05/06/2003.

NATALE, Ferdinando. **Automação industrial**. São Paulo: Érica, 2000.

OGATA, Katsuhiko. **Engenharia de controle moderno**. Rio de Janeiro: Prentice-Hall do Brasil, 1993.

PETROUTSOS, Evangelos. **Dominando o Visual Basic 6: a bíblia**. São Paulo: Makron Books, 1999.

SYSTRONICS CORP. **Cables & networks**, New Jersey, [2003]. Disponível em: <<http://www.connectworld.net/rs422.html>>. Acesso: 05/06/2003.

WEG S.A. **Automação de Processos Industriais - PC12 Design Center (apostila para treinamento interno)**, Jaraguá do Sul, [2002]. Jaraguá do Sul: Weg S.A, 2002.

WEG S.A. **Automação de Processos Industriais (manual TP-02 micro controladores programáveis)**, Jaraguá do Sul, [2002a]. Disponível em: <<http://www.weg.com.br/asp/files/MAN-TP02.PDF>>. Acesso: 26/02/2003.

WEG S.A. **Automação de processos industriais (software de programação TP-02 micro controladores programáveis)**, Jaraguá do Sul, [2002b]. Disponível em: <[http://www.weg.com.br/asp/files/PC12\\_v19a.zip](http://www.weg.com.br/asp/files/PC12_v19a.zip)>. Acesso: 26/02/2003.