

**FACULDADE BANDEIRANTES - FABAN  
SISTEMAS DE INFORMAÇÃO**

**CLP - (Controlador Lógico Programável) como solução prática e viável no  
controle de processos industriais: Estudo de caso SMAR**

**Diego dos Santos Balbino**

**RIBEIRÃO PRETO - SP  
2008**

## **Resumo**

Com uma demanda maior na produção e ainda com uma exigência de qualidade tanto no produto quanto no processo, as indústrias vêm tentando se adequar á realidade do mercado, porém as tecnologias adotadas, ainda pela maioria, não atende em todos os aspectos, essas têm se *automatizado*, porém ainda não possuem um bom controle de processos, devido seus galpões serem controlados principalmente por painéis eletromecânicos que além de ocupar muito espaço físico, geram gastos excessivos na manutenção e mudança de projeto em sua planta industrial, uma vez que se faz necessário à interrupção do processo para eventuais mudanças, acarretando então alto custo pra organização e muito mais tempo de dedicação à manutenção. O objetivo do trabalho é apresentar o CLP (Controlador Lógico Programável) como solução prática e viável no controle de processos industriais em relação a outras formas de controle de processos, o trabalho não tem por objetivo informar todas as especificações técnicas do equipamento, mas sim, definições e conceitos básicos para pesquisa e demonstração de viabilidade do equipamento no processo. Uma vez realizada a pesquisa junto à empresa SMAR pode-se constatar esse fenômeno que ocorre em qualquer empresa, a realidade industrial mostra que os painéis eletromecânicos sofrem desvantagens pelo auto custo que esses geram.

**Palavras chaves:** CLP, Automação Industrial e Inovações Tecnológicas.

## 1 - INTRODUÇÃO

Em virtude da competitividade que se encontra constantemente no mercado os produtos e processos necessitam de um controle adequado, cada vez mais se exige produtos com maior qualidade, e todo esse processo de busca por qualidade partiu do instante em que se retirou a intervenção humana do processo, aonde veio à automatização, fase esta que por volta do século XVIII substituía o esforço muscular por um processo mecanizado, a revolução industrial surgiu na indústria automobilística europeia (devido à competitividade já comentada acima), desde então já se via a necessidade de evolução do processo industrial. Máquinas, motores, esteiras, pontes rolantes e outras variáveis controláveis foram tomando espaço dos galpões industriais, desde a década de 50 foram aceitos como solução de controle os painéis eletromecânicos, porém desde sua chegada na indústria já se podia observar alguns fatores que se tornaria um grande desafio para a indústria: robustez e principalmente dificuldade na mudança da lógica de controle ou mesmo na manutenção, essas significavam grandes gastos, pois era necessário a interrupção do processo para tais modificações, observada essas situações a serem melhoradas a General Motors (empresa de renome em soluções para indústria) desenvolveu um projeto de um equipamento que solucionaria os problemas encontrados na indústria, assim nasceu o CLP (Controlador Lógico Programável) na busca de solução em controle de processos industriais, este equipamento trouxe grandes vantagens a indústria, pois, além da solução em relação a robustez a mudança de lógica já não era física e sim via programação, esta que sofreu grandes mudanças acompanhando as necessidades da indústria, fora desenvolvida uma linguagem específica para a realidade dos engenheiros elétricos acostumados com a lógica de contatos, a linguagem Ladder (escada), sendo definidos como miniaturas de computadores os CLP's hoje estão desempenhando seu papel de controlar processos com grande sucesso, no decorrer do trabalho será apresentado algumas de suas características principais para demonstração do objetivo proposto. Existem empresas hoje brasileiras que desenvolvem essa tecnologia e ainda fazem exportação desses equipamentos, como exemplo a empresa SMAR Equipamentos Industriais, que possui seu próprio modelo de CLP, se trata do LC700CP que será utilizado como referência no trabalho de acordo com catálogo fornecido pela empresa.

## **1.1 - Metodologia Utilizada**

Os procedimentos metodológicos utilizados neste trabalho foram desenvolvidos a partir de uma adequada bibliografia acadêmica para melhor embasamento teórico na busca de opiniões referentes ao tema abordado no trabalho que é o CLP - (Controlador Lógico Programável) como solução prática e viável no controle de processos industriais, o conteúdo literário partiu de livros conceituados da área, apostilas que também abordam o tema e servem de apoio a instituições de ensino técnico, material periódico disponível em endereço eletrônico e finalizando, catálogo do modelo de CLP – LC700CP, fabricado no Brasil cedido pela empresa SMAR – Equipamentos Industriais, empresa esta que contribuiu também no preenchimento de um questionário com 4 perguntas alternativas para comparação de resultados, verificando assim, se a proposta apresentada no trabalho condiz com a realidade observada na indústria. A escolha da empresa foi devido ao seu reconhecimento nacional e internacional na prestação de serviços de equipamentos industriais.

A SMAR é uma empresa de automação industrial que foi fundada em abril de 1974 pelos co-fundadores: Sr. Mauro Sponchiado e Sr. José Marinussi, aproveitaram suas iniciais para formar o nome da empresa de automação que possui grande representatividade nacional e um grande mercado internacional, um terço de sua produção é remetido a esse mercado, a empresa movimentava mais de 5 bilhões de dólares por ano, desde 1988 a SMAR tornou-se o maior fabricante de instrumentos para controle de processos no Brasil, sendo que sua atuação nesta área só começou em 1982, até então prestava serviços de manutenção de turbinas a vapor, o grande avanço da empresa sucedeu-se depois da iniciativa do governo federal, o Proálcool, que visava substituir a gasolina por álcool como combustível de veículos automotores, uma vez que a empresa tinha o setor sucro-alcooleiro como seu maior cliente.

## **2 - A REVOLUÇÃO INDÚSTRIAL**

Acredita-se que uma abordagem sobre a revolução industrial possibilitará melhores esclarecimentos sobre a proposta apresentada e, será de grande valia para elucidar o avanço do controle de processos industriais.

A revolução industrial teve início na Inglaterra, em meados do século XVIII. Caracterizou-se, basicamente, pela introdução de máquinas simples que surgiram para a substituição da força muscular pela mecânica e tarefas repetitivas executadas pelo homem. Com efeito, essas atividades produtivas passaram por uma evolução mais rápida, dando origem na Inglaterra, à era industrial. (SILVEIRA E WINDERSON, 1998, p.4).

O período de evolução industrial iniciou-se na década de 50 nas linhas de produção automobilística, era preciso maiores resultados para a indústria e para isso era necessário aumentar a produção, onde começou a implantação de painéis para controle das máquinas que eram trazidas pela revolução industrial, que como citado anteriormente no trabalho veio a substituir as forças musculares, para se ganhar tempo, maior produtividade e conseqüentemente aumentando o faturamento organizacional.

Durante a década de 50, os dispositivos eletromecânicos foram os recursos mais utilizados para efetuar controles lógicos e de intertravamentos nas linhas de produção e em máquinas isoladas. Tais dispositivos, baseados principalmente em relés, tinham especial importância na indústria automobilística em que a complexidade dos processos produtivos envolvidos exigia, não raro, instalações em painéis e cabines de controle com centenas de relés e, conseqüentemente, um número maior ainda de interconexões deles.

Tais sistemas de controle, apesar de funcionais, apresentavam problemas de ordem prática bastante relevantes. Como as instalações possuíam uma grande quantidade de elementos, a ocorrência de uma falha qualquer significava o comprometimento de várias horas ou mesmo dias de trabalho de pesquisa e correção do elemento faltoso. Além disto, pelo fato de os relés apresentarem dimensão física elevada, os painéis ocupavam grande espaço, o qual deveria ser protegido contra umidade, sobre temperatura, gases inflamáveis, oxidações, poeira, etc.

Outro fator ainda comprometedor das instalações a relés era o fato de que como a programação lógica do processo controlado era realizada por interconexões elétricas com lógica fixa (hardwired), eventuais alterações nela exigiam interrupções no processo produtivo, a fim de se reconectarem os elementos. Interrupções estas nem sempre bem-vindas na produção industrial. (SILVEIRA E WINDERSON, 1998, p.79)

Ainda com o passar do tempo, esses painéis sofriam desgastes com o passar do tempo durante o seu uso e ainda com as manutenções, que por sua vez eram provisórias na teoria, porém essas manutenções improvisadas acabavam permanecendo e dificultando a visualização prática para a interpretação das mudanças realizadas no projeto, lembrando ainda que essas mudanças em sua maioria não eram documentadas, a seguir a representação de parte de um painel eletromecânico e suas conexões expostas, demonstrando assim a realidade encontrada nas indústrias com essa forma de controle de processos.

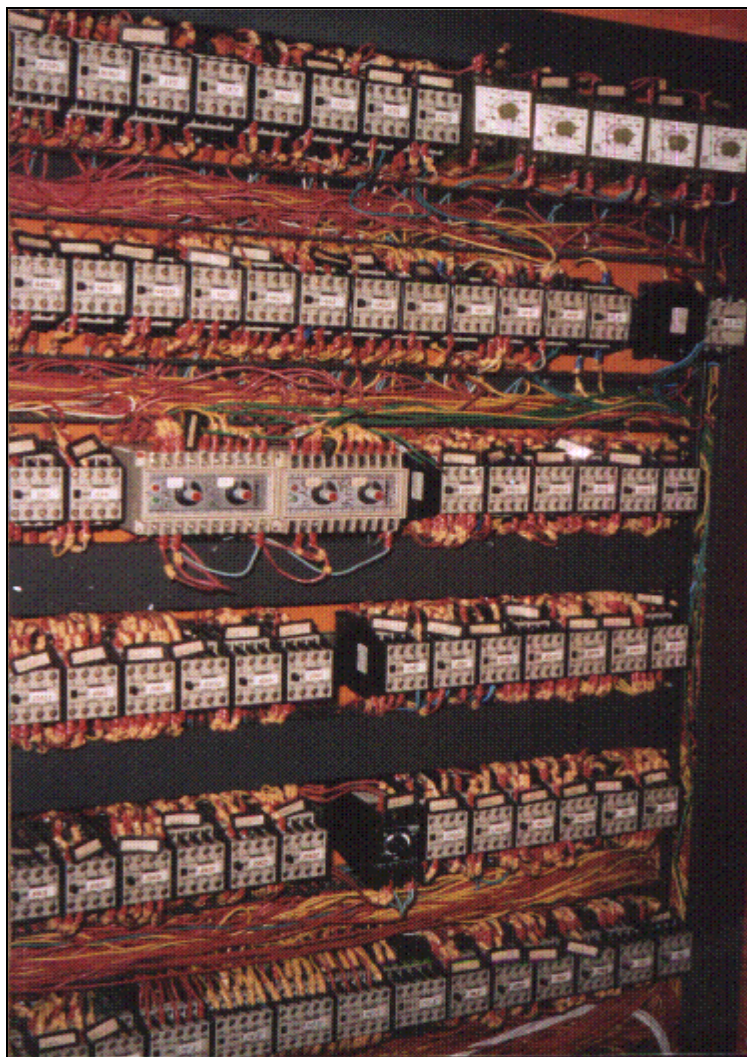


Figura 1 - Parte de um painel de controle a relés eletromecânicos e suas eventuais conexões  
(SOUZA, 2001, p.15)

Com a demanda de produtos em aumento, o mercado automobilístico que estava em grande expansão exigia não só aumento da produção era necessária qualidade no processo.

Na década de 60, o aumento da competitividade fez com que a indústria automotiva melhorasse o desempenho de suas linhas de produção, aumentando tanto a qualidade como a produtividade. Fazia-se necessário encontrar uma alternativa para os sistemas de controle a relés. Uma saída possível, imaginada pela General Motors, seria um sistema baseado no computador.

Assim em 1968, a Divisão Hydramatic da GM determinou os critérios para projeto do PLC, sendo que o primeiro dispositivo *a atender às especificações* foi desenvolvido pela Gould Modicon em 1969. (GEORGINI, 2000, p.50)

Algumas características ainda foram exigidas para que a tecnologia pudesse atender a realidade industrial, as características apontadas segundo a General Motors foram:

- Preço competitivo com os sistemas a relés;
- Dispositivos de entrada e de saída facilmente substituíveis;
- Funcionamento em ambiente industrial (vibração, calor, poeira, ruídos);
- Facilidade de programação e manutenção por técnicos e engenheiros;
- Repetibilidade de operação e uso.

Com o CLP atendendo as especificações exigidas acima à indústria pôde usufruir ainda mais dos resultados de sua produção, ainda de acordo com Filho (p.3) nascia-se assim um equipamento bastante versátil e de fácil utilização, que vem se aprimorando constantemente, diversificando cada vez mais os setores industriais e suas aplicações.

Assim iniciava-se uma nova forma de controle de processos, com grande aplicabilidade industrial, porém, hoje o CLP pode ser aplicado em qualquer processo automatizado <sup>1</sup>, como casas inteligentes, condomínios, pequenas fábricas, dentre outras variáveis que necessitem de controle.

## **3 – CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMÁVEIS**

### **3.1 - Componentes e uso**

Antes de tudo é preciso deixar claro um fator que pode gerar dúvida, a sigla CLP <sup>2</sup>, trata-se do Controlador Lógico Programável, equipamento esse que será apresentado no trabalho como solução para controle de processos, esse mesmo equipamento possui outra abreviatura que aparecerá no decorrer do trabalho, o equipamento pode ser chamado também de PLC <sup>3</sup>.

Para Souto (2006, p.5) os CLP's são freqüentemente definidos como miniaturas de computadores industriais que contém um hardware e um software que são utilizados para realizar as funções de controle. Em um mesmo hardware um CLP consiste em duas seções

---

<sup>1</sup> Automatizado: De automatizar, ato que retira a intervenção humana do processo.

<sup>2</sup> CLP: tradução para o português da sigla Programmable Logic Controller, ou seja, Controlador Lógico Programável, e segundo (SILVEIRA E WINDERSON, 1998, p.86) sua sigla tem sua utilização restrita, uma vez que se tornou marca registrada de propriedade exclusiva de um fabricante nacional, o termo CLP será o mais abordado no trabalho.

<sup>3</sup> PLC: Abreviatura do termo em inglês Programmable Logic Controller, que descreve o mesmo equipamento que o CLP.

básicas, sendo elas a unidade central de processamento (CPU – Central Processing Unit) e a interface de entradas e saídas do sistema, além do terminal de programação.

O diagrama de blocos a seguir (figura 2), nos mostra os componentes típicos de um CLP, sendo o terminal de programação, a unidade central de processamentos (CPU) e os dispositivos de entradas e saídas.

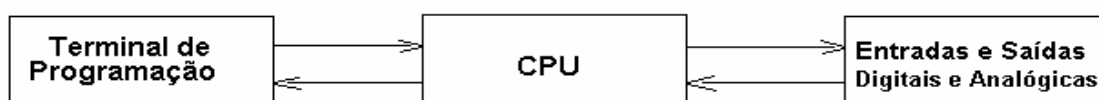


Figura 2 - Diagrama de blocos de componentes de um CLP

(SOUTO, 2006, p.11)

O terminal de programação é um dispositivo que, conectado temporariamente ao CLP, permite introduzir o programa aplicativo, fazendo com que este se comporte conforme a necessidade de controle de processo do usuário. Além disso, o terminal de programação permite, muitas vezes, monitorar o programa aplicativo, ou seja, visualizar em tempo real o programa sendo executado, ou ainda executá-lo passo a passo. Alguns CLP's permitem, inclusive, a simulação do programa aplicativo (sua execução apenas no terminal de programação com fins de depuração). Atualmente, o mais usual é a utilização de um microcomputador como terminal de programação (na versão desktop ou laptop, para programação em campo). (SOUTO, 2006, p.11)

Além do terminal de programação, o CLP possui em sua arquitetura básica uma CPU e os módulos de entrada e saída que fazem uma ponte entre o CLP e o ambiente externo.

A CPU (unidade central de processamento) é a responsável pelo armazenamento do programa aplicativo e sua execução. Ela recebe os dados de entrada, realiza as operações lógicas baseada no programa armazenado e atualiza as saídas. Consta de um processador, memória de programa (não volátil), memória de dados, relógio de tempo real (para disparo de eventos em datas e horários determinados), fonte de alimentação e watch-dog timer (reinicializa o processador no caso do programa entrar em "looping" - este circuito deve ser acionado em intervalos de tempo pré-determinados, caso não seja acionado, ele assume o controle do circuito sinalizando uma falha geral). (SOUTO, 2006, p.11)

Além do seu processamento o CLP precisa se comunicar fisicamente com suas variáveis controladas, para isso fora desenvolvido o sistema de entrada e saída.



O sistema de entrada/saída vai realizar a conexão física entre a CPU e o mundo externo por meio de vários tipos de circuito de interfaceamento <sup>4</sup>. Tais circuitos possuem padrões semelhantes nos diversos equipamentos. (SILVEIRA e WINDERSON, 1998, p.89).

As conexões de entrada e saída do CLP são de fácil conexão como apresentado abaixo na figura 3, nesta podemos observar o painel traseiro do CLP LC700CP que não foge regra de outros modelos de CLP disponíveis no mercado, tanto nacional (como o apresentado) quanto importado.



Figura 3 - Conexão traseira de entradas e saídas do CLP LC700CP

(,,)

Esses circuitos serão divididos em duas naturezas: discreta/digital que assume um único bit <sup>5</sup> de informação ou numérica/analógica, que assume vários bits de informação, a seguir as especificações básicas de cada natureza:

As entradas e saídas discretas/digitais segundo SILVEIRA e WINDERSON (1998, p.89), são os tipos de sinal mais comumente encontrados em sistemas automatizados com PLC.

Nesses tipos de interface, a informação consiste em um único bit cujo estado pode apresentar duas possíveis situações: ligado ou desligado (ON/OFF), isso tanto para entrada como para a saída

<sup>4</sup> Interfaceamento: União física ou lógica entre dois dispositivos ou sistemas, sendo a interface gráfica a mais conhecida, que de modo simplificado comunique-se com o usuário, com apoio, por exemplo, do mouse e gráficos (ícones).

<sup>5</sup> Bit: Um dos dois únicos elementos em informática 0 e 1.

A tabela - 1 que segue abaixo nos da alguns exemplos de variáveis de um processo que podem ser controlada levando em consideração os dispositivos de entrada e saída discreta/digital.

DISPOSITIVOS DE ENTRADA	DISPOSITIVOS DE SAÍDA
Chaves seletoras	Relés de controle
Pushbottons	Solenóides
Sensores fotoelétricos	Partida de motores
Chaves fim-de-curso	Válvulas
Sensores de proximidade	Ventiladores
Chaves sensoras de nível	Alarmes
Contatos de partida	Lâmpadas
Contatos de relés	Sirenes

Tabela 1- Dispositivos digitais de entrada e saída discretas/digitais.

(SILVEIRA e WINDERSON, 1998, p.89).

A lógica do CLP é digital, porém existe a possibilidade dele trabalhar dados analógicos, portanto para essas ocasiões o CLP dispõe de conversor analógico/digital no caso se a variável controlada emitir dados de entrada analógicos e conversor digital/analógico caso a variável controlada tenha de receber uma resposta de natureza analógica.

A diferença marcante em relação aos sinais discretos é que mais de um bit deverá ser manipulado, seja pela conversão do sinal analógico, seja pelo tratamento de dispositivos multibits, como é o caso de acionamento de motores de passo, ou o acionamento de displays. (SILVEIRA e WINDERSON, 1998, p.91).

A tabela - 2 (que se encontra logo abaixo) nos da alguns exemplos de variáveis de um processo que podem ser controlada levando em consideração os dispositivos de entrada e saída numérico/analógica.

ENTRADAS ANALÓGICAS	SAÍDAS ANALÓGICAS
Transdutores de tensão e corrente	Válvula analógica
Transdutores de temperatura	Acionamento de motores DC
Transdutores de pressão	Controladores de potência
Transdutores de fluxo	Atuadores analógicos
Potenciômetros	Mostradores gráficos
L.V.D.T. <sup>22</sup>	Medidores analógicos
ENTRADAS MULTIBITS	SAÍDAS MULTIBITS
Chave Thumbwhell	Acionamento de motor de passo
Encoder absoluto	Display de sete segmentos
Encoder incremental	Displays alfanuméricos

Tabela 2- Dispositivos numéricos de entrada e saída de característica analógica e multibits  
(SILVEIRA e WINDERSON, 1998, p.91).

### 3.2 - CLP's: Sua evolução e gerações

Os CLP's acompanharam as evoluções que ocorreram no processo industrial. De acordo com Antonelli (1998, p.3) os CLP's foram divididos basicamente em 5 gerações:

1ª Os CLPs de primeira geração se caracterizam pela programação intimamente ligada ao hardware do equipamento. A linguagem utilizada era o Assembly que variava de acordo com o processador utilizado no projeto do CLP, ou seja, para poder programar era necessário conhecer a eletrônica do projeto do CLP. Assim a tarefa de programação era desenvolvida por uma equipe técnica altamente qualificada, gravando - se o programa em memória EPROM, sendo realizada normalmente no laboratório junto com a construção do CLP.

2ª Aparecem as primeiras "Linguagens de Programação" não tão dependentes do hardware do equipamento, possíveis pela inclusão de um "Programa Monitor" no CLP, o qual converte (no jargão técnico, Compila), as instruções do programa, verifica o estado das entradas, compara com as instruções do programa do usuário e altera o estado das saídas. Os Terminais de Programação (ou Maletas, como eram conhecidas) eram na verdade Programadores de Memória EPROM. As memórias depois de programadas eram colocadas no CLP para que o programa do usuário fosse executado.

3ª Os CLPs passam a ter uma Entrada de Programação, onde um Teclado ou Programador Portátil é conectado, podendo alterar, apagar, gravar o programa do usuário, além de realizar testes (Debug) no equipamento e no programa. A estrutura física também sofre alterações sendo a tendência para os Sistemas Modulares com Bastidores ou Racks. (ANTONELLI, 1998, p.3)

À medida que o processo foi evoluindo os CLP's foram se adequando a realidade que a indústria estabelecia trazendo inovações para o controle. Conforme os períodos de evolução citado acima na primeira geração fazia-se necessário o conhecimento técnico em eletrônica já que a programação era feita em hardware, na segunda geração aparecem às linguagens que programavam ações no hardware através de memórias EPROM <sup>6</sup>, que eram inseridas no CLP, e na terceira geração já era possível à entrada de teclado ou programador portátil para manipulação (edição) do programa desenvolvido.

4ª Com a popularização e a diminuição dos preços dos micros - computadores (normalmente clones do IBM PC), os CLPs passaram a incluir uma entrada para a comunicação serial. Com o auxílio dos microcomputadores a tarefa de programação passou a ser realizada nestes. As vantagens eram as utilizações de várias representações das linguagens, possibilidade de simulações e testes, treinamento e ajuda por parte do software de programação, possibilidade de armazenamento de vários programas no micro, etc.

5ª Atualmente existe uma preocupação em padronizar protocolos de comunicação para os CLPs, de modo a proporcionar que o equipamento de um fabricante “converse” com o equipamento outro fabricante, não só CLPs, como Controladores de Processos, Sistemas Supervisórios, Redes Internas de Comunicação e etc., proporcionando uma integração afim de facilitar a automação, gerenciamento e desenvolvimento de plantas industriais mais flexíveis e normalizadas, fruto da chamada Globalização. Existe uma Fundação Mundial para o estabelecimento de normas e protocolos de comunicação.(ANTONELLI, 1998, p.3)

Com a baixa nos preços dos micro-computadores e principalmente a padronização do protocolo de comunicação <sup>7</sup> o CLP difundiu-se ainda mais no controle de processos, pois além dos programas que controlavam de forma eficiente às máquinas e instrumentos os CLP's e equipamentos de diversos fabricantes puderam comunicar entre si, facilitando a automação industrial.

A dimensão das conexões de um CLP com o mundo externo são extremamente inferiores às conexões dos painéis eletromecânicos, como pode ser observado a seguir na figura 4 (CLP de fabricante nacional), alguns módulos de CLP's podem ser segurados nas mãos, devido seu tamanho, a seguir imagem de um CLP do fabricante nacional SMAR visto de frente, identificando visualmente a localização de cada módulo do CLP (módulos esses comuns a todos os equipamentos de controle programáveis).

---

<sup>6</sup> EPROM: Tipo de memória que permite alteração, o processo de apagamento dos dados pré – armazenados é feito através da exposição do chip a uma luz ultravioleta.

<sup>7</sup> Comunicação <sup>1</sup>: O padrão de comunicação será abordado em capítulo específico.

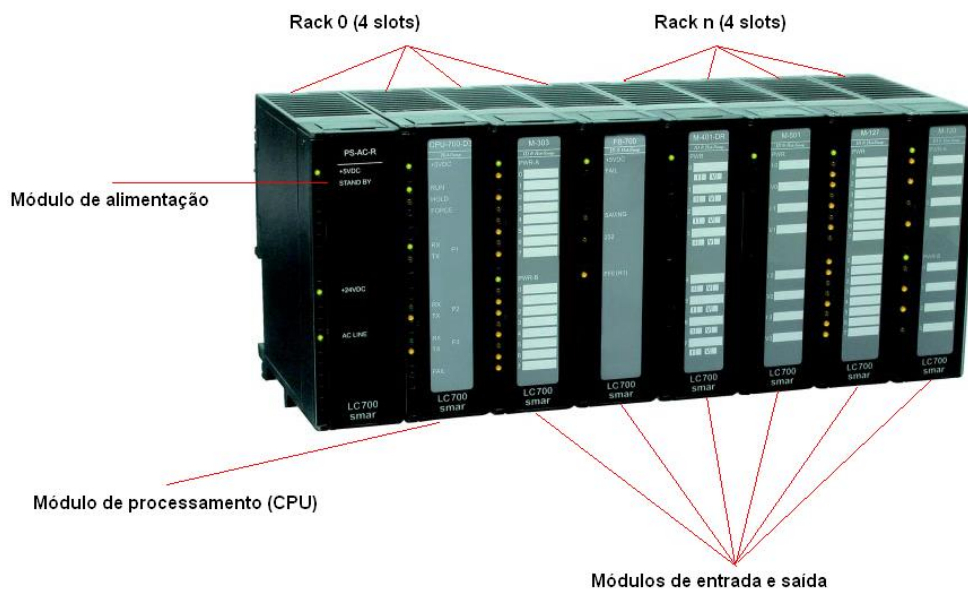


Figura 4 - CLP - LC700CP fabricado pela Smar – equipamentos industriais  
(LC700CP..., , )

Neste tipo de sistema de CLP é interessante observar seu hardware, onde é composto de um rack formado de 4 slots (Rack 0), pode ser chamado de módulos, onde neste há um módulo de alimentação, módulo de processamento e dois módulos de entrada e saída, assim formando o rack principal do CLP, porém é possível a expansão do CLP adicionando racks com módulos de entrada e saída (Rack n), obtendo assim maior número de conexões.

### 3.3 - Linguagens de Programação

Segundo Georgini (2000, p.84) a primeira linguagem criada para programação de PLC's foi a linguagem ladder.

O fato de ser uma linguagem gráfica, baseada em símbolos semelhantes aos encontrados nos esquemas elétricos – contatos e bobinas foram determinantes para aceitação do PLC por técnicos e engenheiros acostumados com os sistemas de controle a relés. (GEORGINI, 2000, p.84).

A grande vantagem dos controladores programáveis é a possibilidade de

reprogramação. Portanto, os CLP's permitiram transferir as modificações de hardware em modificações no software. (SOUTO, 2006, p.4)

Como já foi dito anteriormente os PLC's foram criados a partir da necessidade de substituir os painéis de controle a relés.

Naquele contexto, uma linguagem de programação que fosse familiar à experiência dos técnicos e engenheiros, já acostumados com a lógica de relés, seria a escolha mais adequada ao desenvolvimento de programas PLC. Assim, desde então, essa linguagem tem sido a forma mais comumente encontrada nos equipamentos, independente de seu porte. (SILVEIRA e WINDERSON, 1998, p.92).

### 3.3.1. Linguagem Ladder

Segundo Georgini (2000, p.100) mesmo tendo sido a primeira linguagem destinada a programação de PLC's, a linguagem ladder mantém-se ainda como a mais utilizada, estando presente praticamente em todos PLC's presente no mercado.

O nome ladder vem da semelhança da linguagem com uma escada (ladder), onde linhas verticais paralelas são interligadas através da lógica de controle formando os degraus (rungs) da escada, e ainda de acordo com Georgini (2000, p.100) a cada lógica de controle existente no Programa de Aplicação dá-se o nome de *Rung*, a qual é composta por colunas e linhas, conforme apresentado na figura 4.

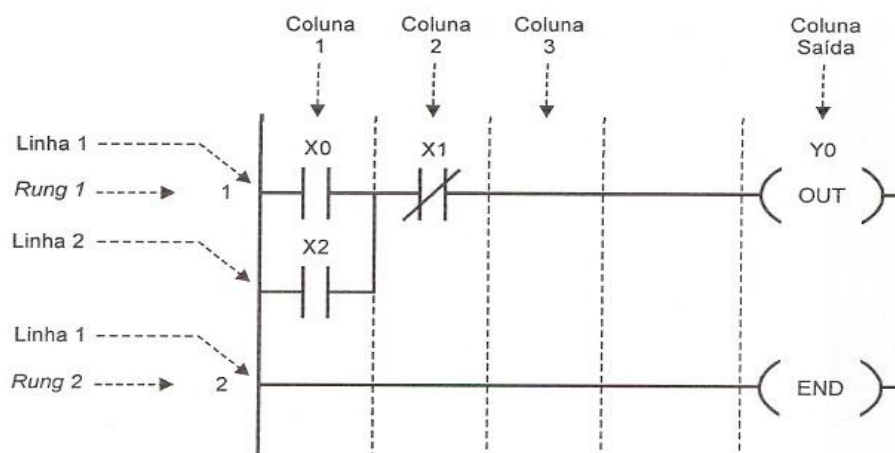


Figura 5 - Componentes da programação na linguagem ladder  
(GEORGINI, 2000, p.100)

A lógica Ladder é uma técnica utilizada para desenhar lógica usando relés. Estes diagramas já eram utilizados para documentar antigos armários de relés, antes da existência dos CLP's. Sua notação é bastante simples:

Uma linha vertical à esquerda representa um barramento energizado. Uma outra linha paralela à direita representa uma barra de terra. Os elementos constituídos por contato normalmente abertos de relés, contatos normalmente fechados e bobinas de relés, são dispostos na horizontal formando malhas seriais ou paralelas. A corrente elétrica sempre flui da esquerda para a direita. O diagrama final se parece com uma escada em que as laterais são as linhas de alimentação e os degraus representam a lógica. Cada contato está associado ao estado de uma variável lógica. Se a variável associada a um contato normalmente aberto (NA) está em TRUE então o contato estará ativo e se fechará deixando fluir a energia. Se a variável associada a um contato normalmente aberto (NA) está em FALSE, então o contato estará aberto e o circuito será interrompido.

Se a variável associada a um contato normalmente fechado (NF) está em TRUE então o contato estará ativo e se abrirá interrompendo o circuito. Caso contrário o contato ficará fechado e a energia fluirá. Quando todos os contatos de uma linha horizontal estão fechados, então a corrente fluirá até a bobina que é o último elemento da linha ou degrau. A bobina será energizada e os contatos a ela associados, passarão para os seus estados ativos, aberto ou fechado dependendo da natureza destes contatos (NF ou NA). (SOUTO, 2006, p.15)

Ainda para uma melhor compreensão da linguagem é apresentado a seguir na figura 6 mais algumas definições desta, dando ênfase agora não as linhas mais sim ao detalhamento da forma de representação dos contatos (aberto/fechado) seguindo assim a lógica dos diagramas de contatos usados pelos engenheiros elétricos, sentido da corrente elétrica (partindo da esquerda para a direita)

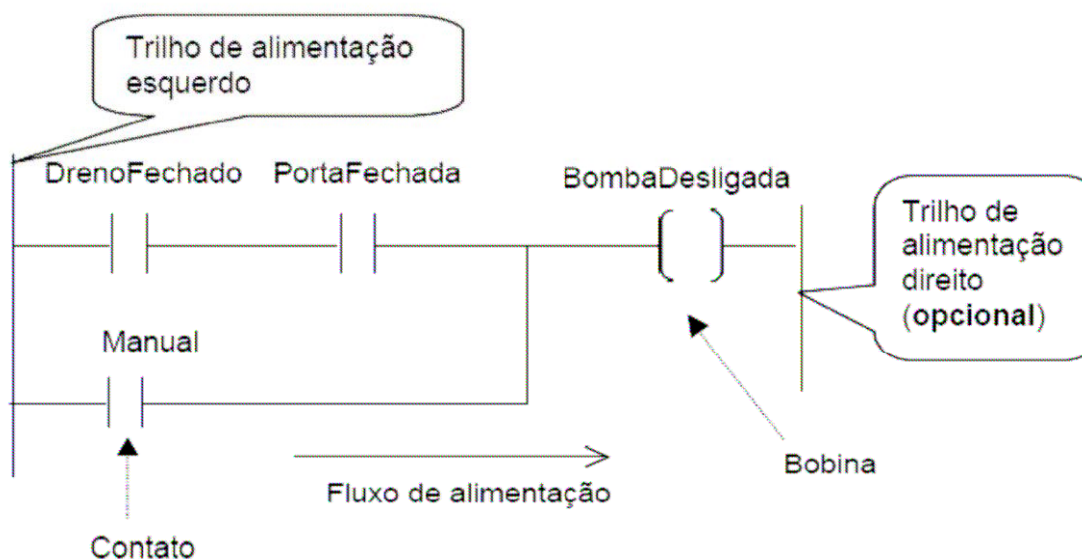


Figura 6 - Demonstração de um programa Ladder  
(SOUTO, 2006, p.15)

### 3.4 - Princípio de funcionamento e comunicação

O princípio de funcionamento de um CLP baseia-se em uma rotina chamada de ciclo de varredura que de acordo com Souza (2001, p.21) consiste em: leitura das entradas externas, execução da lógica programada e atualização das saídas externas.

Para a comunicação entre os diversos equipamentos espalhados em campo foi desenvolvido um protocolo de comunicação, assim como o protocolo TCP/IP, conhecido na computação, o Field Bus veio à indústria como padrão de comunicação.

Nesta nova estrutura os sensores e atuadores são interligados por um par trançado de fios o que torna a instalação mais barata. Para adicionar novos sensores e atuadores basta plugar-los neste barramento e reconfigurar o sistema, sem ter que gastar tempo e dinheiro para passar novos fios até a sala de controle o que é muito complicado em instalações industriais. (FILHO, , p.8)

Pode se perceber que essa estrutura é similar aos slots<sup>8</sup> de um computador, onde nesses podemos conectar ou substituir diversos tipos de placas: Som, vídeo, fax, dentre outras. Fazendo uma analogia, os slots seriam os barramentos do Fiel Bus espalhados na indústria e cada placa ligada ao slot do computador seria cada equipamento industrial ligado ao barramento Fiel Bus através de cabos de fibra óptica.

### 3.5 - Vantagens em relação a outras tecnologias

Foram vistas algumas vantagens dos CLP's sobre os painéis eletromecânicos, porém a outros meios tecnológicos de se controlar os processos, como exemplo, o computador industrial, também chamado de PC industrial.

Um computador é, na verdade, um dispositivo de processamento digital muito mais sofisticado do que qualquer PLC atualmente existente. Como tal, não seria surpresa imaginar que ele possa executar controle de máquinas ou equipamentos..., foi esta a origem dos PLC's. A vantagem de utilizar um computador como elemento de controle está no fato de que apresenta uma ampla gama de recursos de comunicação, seja com outros dispositivos digitais de controle ou com o usuário, por meio de interfaces gráficas e ainda com largo espaço de armazenamento de dados.

---

<sup>8</sup> Slots: Mesmo que barramentos, trilhos de alimentação.



Há, entretanto, fatores atualmente limitantes no seu uso, pois pelo fato de terem que operar em ambientes adversos (temperatura, umidade, pressão), esses equipamentos necessitam de proteções extras que elevam sobremaneira seu custo. Um outro aspecto é relativo á confiabilidade dos atuais sistemas operacionais que, em determinadas aplicações de segurança crítica, deixariam a desejar no caso de interrupções de funcionamento. No entanto, estes são problemas que devem vir a ser brevemente superados, fazendo com que o uso de computadores industriais cresça ainda mais no futuro. (SILVEIRA e WINDERSON, 1998, p.202)

Esta tecnologia tem ganhado grande espaço no mercado internacional, por ter uma plataforma baseada em PC sendo operacionalizada através de: Windows XP e CE entre outros, apesar de todas as *vantagens* do PC industrial, o CLP segundo um dos motivadores da difusão do PC industrial no Brasil \*Vieira (2008), leva vantagem em aplicações de intertravamento complexas, robustez e adaptação fácil a painéis de controle.

Com essa afirmação deixa mais do que claro que apesar de o computador industrial apresentar mais recursos, no contexto industrial atual o CLP atende com melhor performance alguns quesitos que são cruciais para o que é exigido hoje na industria.

Além disso, segundo Souza (2001, p.17) um CLP pode operar em áreas com quantidades substanciais de ruídos elétricos, interferências eletromagnéticas vibrações mecânicas, temperaturas elevadas e condições de umidade adversas.

A segunda distinção dos CLP's é que o hardware e o software foram projetados para serem operados por técnicos não especializados (nível exigido para a manutenção e operação de computadores). Usualmente, a manutenção é feita pela simples troca de módulos e existem softwares que auxiliam na localização de defeitos. (SOUZA, 2001, p.17).

## **4 – ESTUDO DE CASO SMAR**

No dia 12 de novembro de 2008 foi realizada uma entrevista ao Sr. Geraldo Sérgio Zanarotti, Gerente de produto da área de marketing que representou a empresa estudada no trabalho (SMAR - Equipamentos Industriais), a entrevista foi fundamentada através de um questionário com 4 perguntas alternativas, o propósito do questionário era estudar o comportamento da empresa em relação a proposta apresentada no trabalho que era a de apresentar o CLP como solução prática e viável no controle de processos industriais. A 4ª questão elaborada por si só já determinaria a conclusão da proposta apresentada através da comparação buscada na realidade industrial em relação à pesquisa bibliográfica realizada,

porém para maior compreensão do processo de chegada e adaptação do CLP e seu avanço foram realizadas mais 3 questões para melhor visualização da proposta.

As alternativas das questões seguiram um padrão de fácil compreensão, sendo as alternativas fornecidas as seguintes:

- Sem resultados (para nenhuma mudança observada).
- Pouco satisfatório (para resultados que não apresentaram grandes benefícios).
- Satisfatório (para um resultado esperado, porém sem mais).
- Evolutivo (para um resultado que além de suprir as necessidades esperadas, trouxeram inovações e avanços diversos).

Na primeira questão fora interrogada sobre como foi à mudança no processo industrial com a chegada do CLP, o resultado foi evolutivo, pois inúmeras vantagens foram implementadas com a chegada dessa nova tecnologia, uma das mais observadas foi a questão da modularidade do equipamento, essa vantagem se vê principalmente na hora da manutenção ou mudança do projeto (em maioria das vezes uma expansão), no caso de manutenção ao invés de interromper o processo para procurar o defeito dentro dos painéis, simplesmente se troca o módulo o qual está apresentando falha, e na questão a que se refere expansão do projeto basta apenas conectar novos módulos ao CLP de acordo com o grau de expansão, ainda segundo Smar (2005), a modularidade do LC700 faz com que ele seja suficientemente flexível para aplicações de pequeno e de grande porte, facilitando enormemente as ampliações futuras.

Na segunda questão a abordagem foi em relação à mudança na qualidade do processo e/ou no produto em si, houve de acordo com o Sr. Zanarotti uma mudança não só no processo como também no produto, essa mudança que por sua vez trouxe evolução a esses dois aspectos que se diferem, porém se interferem, afinal com uma boa qualidade no processo é possível alcançar um produto com maior qualidade.

A questão de número 3 enfatizou a economia de tempo e dinheiro na manutenção do processo em que um CLP estivesse controlando um processo em relação a outras formas de controle, tendo como exemplo os painéis eletromecânicos que foi a forma de controle mais debatida no trabalho, também apresentando evolução a economia de tempo na manutenção foi evidente conforme citado acima a questão da troca dos módulos e ainda pela na mudança da lógica do processo de físico, através de interconexões para controle via programação,

consequentemente houve uma economia financeira, pois o processo não precisaria parar para manutenção.

E em relação a pergunta que determina o resultado da proposta do trabalho que foi a seguinte: Tendo como base o cenário atual das indústrias (dos diversos segmentos) no país, como essas têm enxergado o CLP como solução no controle de seus processos? A resposta não fugiu o padrão das anteriores, porém essa como já foi dito anteriormente iria determinar o resultado do trabalho, segundo o gerente de produto da área de marketing da empresa SMAR o CLP fora aceito pelas indústrias de segmentos diversos como solução prática e viável no controle de processos industriais, sem mais essa tecnologia ganhou mercado desde as primeiras aceitações dos engenheiros pela familiaridade em relação à linguagem de programação que se assemelha a linguagem de contatos apresentada em seus projetos elétricos.

As perguntas deram um embasamento de grande valia ao trabalho, pois a empresa observada conforme já apresentada anteriormente tem forte presença no mercado de automação industrial, dando assim fidelidade aos dados colhidos.

## **5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Neste trabalho buscou-se apresentar o CLP como solução prática e viável no controle de processos industriais, deixado claro que o trabalho não teve o objetivo de apresentar todas as especificações técnicas da tecnologia, no decorrer do trabalho e de acordo com os autores citados no texto o CLP atende as necessidades da indústria no que diz respeito a adaptação ao ambiente industrial, ele é preparado para trabalhar em temperaturas elevadas, vibrações e outros diversos fatores que condizem com a realidade industrial, porém a adaptação por si só não atende o objetivo do trabalho, uma vez que existem outras formas de se controlar processos, foi feita a análise comparativa do CLP principalmente em relação aos painéis de controles a relés eletromecânicos que por sua vez ocupam muito espaço físico, maior custo na manutenção, dentre outras desvantagens encontradas em relação ao processo, durante a pesquisa foi observada uma forma de controle que se equipara ao CLP e possui algumas vantagens, a tecnologia se trata do PC industrial que leva vantagem por exemplo na capacidade de processamento, deixando ainda claro que esta tecnologia está em alto crescimento internacional, porém apesar das vantagens o PC industrial não é adaptável a

realidade industrial, uma vez que precisa de cuidados especiais, aumentando assim o custo para a indústria, uma vez que não foi projetado para trabalhar sobre as condições reais de produção, o CLP além de ser de tamanho físico muito inferior, suporta todas essas condições de trabalho. Ainda, para não ficar unicamente focado nos pensamentos bibliográficos (que deram um embasamento de grande valia para o trabalho) foi realizado um questionário alternativo junto a empresa de automação SMAR, essa que possui grande representatividade nacional e internacional e foi comprovado que o CLP não só atende o controle de processos industriais, sua chegada ofereceu grande evolução no processo, também oferecendo maior qualidade no produto e ainda ajudando na economia na hora da manutenção.

Portanto, confirmando todas essas vantagens do CLP apresentadas pelo trabalho de acordo com os autores citados e ainda de acordo com o Gerente de produtos que representou a empresa SMAR, foi comprovado o objetivo de que o CLP (Controlador Lógico Programável) tem sido a melhor forma prática e viável no controle de processos industriais.

## **APÉNDICE**

## APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO

### Empresa - SMAR Equipamentos Industriais

**Data:** 12/Novembro/2008

**Nome:** Geraldo Sérgio Zanarotti

**Função:** Gerente de produto

**Departamento:** Marketing

1. Como foi à mudança no processo industrial com a chegada do CLP?

Evolutiva    Satisfatória    Pouco satisfatória    Sem resultados

2. Em relação à mudança na qualidade do processo e/ou no produto em si?

Evolutiva    Satisfatória    Pouco satisfatória    Sem resultados

3. Analisando a economia de tempo/dinheiro na manutenção do CLP no processo em relação a outras formas de controle de processos, tendo como exemplo os painéis eletromecânicos?

Evolutiva    Satisfatória    Pouco satisfatória    Sem resultados

4. Tendo como base o cenário atual das indústrias (dos diversos segmentos) no país, como essas têm enxergado o CLP como solução no controle de seus processos?

Evolutiva    Satisfatória    Pouco satisfatória    Sem resultados

## REFERÊNCIAS

ANTONELLI, Pedro Luis. Apostila de Introdução aos Controladores Lógicos Programáveis (CLP's), Rio Claro – SP, 1998.

BÍBLIA, 1 Timóteo. Português. Bíblia de estudo Plenitude. Tradução de João Ferreira de Almeida, 1995

FILHO, Bernardo Severo da Silva. Curso de controladores Lógicos Programáveis, Rio de Janeiro.

GEORGINI, Marcelo. Automação Aplicada Descrição e Implementação de Sistemas Sequenciais com PLC's. Edição 9ª, São Paulo, Érica, 2000.

SILVEIRA, Paulo Rogério da; Winderson, E. dos Santos. Automação e Controle Discreto, Edição 9ª, São Paulo, Érica, 1998.

SOUTO, Wesley de. Apostila de Princípios de automação industrial com CLP's, Vitória da Conquista – BA, 2006.

SOUZA, Luiz Edvaldo de. Controladores Lógicos Programáveis, Itajubá – MG, 2001

LC700CP controlador híbrido universal. Catálogo Smar, Sertãozinho, 2005

VIEIRA, Sergio. A hora e a vez do PC industrial. Disponível em:

<<http://www.mecatronicaatual.com.br/secoes/leitura/53>>. Acesso em 26 nov. 2008.