

**MARINHA DO BRASIL  
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA  
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA MARINHA MERCANTE**

**GABRIEL TRAJANO BAPTISTA**

**CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL**

**RIO DE JANEIRO  
2015**

**GABRIEL TRAJANO BAPTISTA**

**CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Máquinas da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Orientador: Professor Engenheiro José Barbosa da Silva Filho.

**RIO DE JANEIRO  
2015**

**GABRIEL TRAJANO BAPTISTA**

**CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Máquinas da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Data da Aprovação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Orientador: Professor Engenheiro José Barbosa da Silva Filho

---

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: \_\_\_\_\_

Aos meus pais, Mauro do Amaral Baptista e Ivone Trajano Baptista, que sempre foram um exemplo para mim, um espelho do que espero ser para os outros e que dedicaram suas vidas para que eu encontrasse a felicidade e realização na minha. Todo o amor e carinho que me deram são a minha motivação para realizar meus sonhos, para que assim possa lhes trazer orgulho do que me tornei.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, que está presente em todos os momentos da minha vida, dando Sua proteção, orientação e iluminando meus passos aonde quer que eu me encontre, mesmo nos momentos em que me fiz distante.

## RESUMO

O presente estudo tem como objetivo abordar o tema “Controlador Lógico Programável” (CLP). Para tanto, buscou-se inicialmente contemplar a evolução ocorrida na indústria até os modelos atuais com seu elevado grau de automação. Em seguida tratou-se dos princípios da automação, abordando algumas definições e conceitos pertinentes ao seu entendimento. Após a inserção do tema na área em que foi desenvolvido, os controladores passaram a ser o alvo do estudo, com informações a respeito do seu resumo histórico e sua evolução, os blocos componentes do sistema, sua estrutura física e seus modelos existentes. A tecnologia do CLP foi abordada em seus detalhes de hardware e software, tratando sobre o módulo de CPU, sistema de memória, fontes de alimentação, módulos de entrada e saída analógicas e digitais, módulos especiais, linguagens de programação, modos de operação e princípio de funcionamento. O estudo conclui apresentando a importância do tema no âmbito naval, sendo hoje utilizados em todos os ambientes do navio, aplicados nos comandos eletroeletrônicos das máquinas, central de governo, no controle de alarme e segurança para navegação, sinalização e sistemas interfaceados com a praça de máquinas.

Palavras-chave: Controlador. Automação. CLP.

## **ABSTRACT**

This study aims to address the theme of "Programmable Logic Controller (PLC). Therefore, initially sought to contemplate the developments in the industry up to the present models with its high degree of automation. Then, the automation's principles were treated, addressing some relevant definitions and concepts to its understanding. After the insertion of the theme in the area where it was developed, controllers have become the target of the study, with information about its historical summary and its evolution, the block components of the system, its physical structure and its existing models. The PLC technology has been addressed in their hardware and software details, referring to the CPU module, system memory, power supplies, input and output modules for analog and digital, special modules, programming languages, operating modes and working principle. The study concludes by presenting the importance of the issue in the naval sphere, nowadays used in all ship environments, applied in the machine's electronic control, central government, the alarm control for safety of navigation, signaling and interfaced systems with the engine room.

Keywords: Controller. Automation. PLC.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Charge sobre a produção seriada	10
Figura 2 – Componentes da automação.	16
Figura 3 – Modelo de CLP compacto.	22
Figura 4 – Modelo de CLP modular.	23
Figura 5 – Estrutura básica de um CLP.	24
Figura 6 – Esquema de programação LADDER.	35
Figura 7 – Exemplo de porta lógica digital	36
Figura 8 – Programação por Lista de Instruções.	37
Figura 9 – Exemplo de Texto Estruturado	37
Figura 10 – Processamento cíclico	38
Figura 11 – Processamento por interrupção	39
Figura 12 – Princípio de funcionamento do CLP.	41

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>PRINCÍPIO DA AUTOMAÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>2.1</b>	<b>Componentes da automação</b>	<b>16</b>
<b>2.2</b>	<b>Automação e corpo humano</b>	<b>17</b>
<b>3</b>	<b>CONTROLADORES LÓGICO PROGRAMÁVEIS</b>	<b>18</b>
<b>3.1</b>	<b>Resumo histórico</b>	<b>18</b>
<b>3.2</b>	<b>Evolução</b>	<b>20</b>
<b>3.3</b>	<b>Arquitetura básica</b>	<b>21</b>
<b>3.4</b>	<b>Tipos de CLP</b>	<b>22</b>
<b>4</b>	<b>HARDWARE DO PLC</b>	<b>24</b>
<b>4.1</b>	<b>Microprocessador</b>	<b>25</b>
<b>4.2</b>	<b>Fonte de alimentação</b>	<b>25</b>
<b>4.2</b>	<b>Tipos de memória</b>	<b>26</b>
4.2.1	Memória ROM	26
4.2.2	Memória RAM	26
4.2.3	Memória EAROM	27
4.2.4	Memória EPROM	27
4.2.5	Memória EEPROM	27
4.2.6	Memória NOVRAM	28
4.2.7	Memória FLASH	28
<b>4.3</b>	<b>Organização da memória no CLP</b>	<b>28</b>
4.3.1	Memória para o programa usuário	29
4.3.2	Memória para a função interna	29
4.3.3	Memória para o estado das entradas e das saídas	29
4.3.4	Memória do sistema operacional	30
<b>4.4</b>	<b>Unidade de entrada e saída</b>	<b>30</b>
4.4.1	Entradas digitais ou discretas	30
4.4.2	Entradas analógicas	31
4.4.3	Saídas digitais	32

4.4.4 Saídas analógicas	32
<b>4.5 LED de sinalização</b>	<b>32</b>
<b>4.6 Módulos especiais</b>	<b>33</b>
<b>5 SOFTWARE DE UM CLP</b>	<b>34</b>
<b>5.1 Normalização</b>	<b>34</b>
<b>5.2 Linguagens de programação</b>	<b>35</b>
5.2.1 Linguagem LADDER	35
5.2.2 Linguagem FBD (Function Block Diagram)	36
5.2.3 Linguagem IL (Instruction List)	36
5.2.4 Linguagem ST (Structured Text)	37
<b>5.3 Modos de Operação</b>	<b>38</b>
5.3.1 Processamento cíclico	38
5.3.2 Processamento por interrupção	38
5.3.3 Processamento comandado por tempo.	39
5.3.4 Processamento por evento	39
<b>5.4 Inicialização do CLP</b>	<b>40</b>
<b>5.5 Princípio de funcionamento</b>	<b>40</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>42</b>
<u>REFERÊNCIAS</u>	<b>44</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O presente estudo tem por objetivo abordar o tema “Controlador Lógico Programável”, equipamento mais conhecido como CLP ou pela sigla inglesa PLC (Programmable Logic Controller), sendo também referido informalmente como “Computador da Indústria”. Para tanto, primeiramente será abordado os avanços na indústria, acompanhando sua evolução até os dias atuais com o elevado grau de automação, área na qual está introduzido esses controladores.

Sob uma perspectiva histórica, após a revolução industrial, com a substituição do trabalho artesanal pelo assalariado e com o uso das máquinas, os processos industriais utilizavam na produção o máximo da força da mão-de-obra, demandando um elevado número de trabalhadores. A partir da revolução, a produção passou a ser composta por etapas ou estágios, nas quais as pessoas desenvolviam sempre as mesmas funções, especializando-se em certa tarefa ou etapa da produção, não tendo mais os conhecimentos sobre o processo como um todo. Diferente da maneira artesanal, quando o produtor dominava todo o processo produtivo.

Figura 1 – Charge sobre a produção seriada.



Fonte: <https://escsunicamp.files.wordpress.com/2011/12/charge-1.jpg>

Tem-se aí o princípio da produção seriada, que representou uma mudança na indústria, proporcionando aumento da produção, devido ao menor tempo gasto durante a fabricação na linha de montagem. Com a passagem do tempo e a valorização da mão de obra, acompanhando os avanços promovidos pela revolução industrial e na área da mecânica, tornou-se necessário fazer alterações nas máquinas e equipamentos, no sentido de resguardar a mão-de-obra de algumas funções não adequadas à estrutura física do homem.

Neste contexto, os operadores humanos foram providos de maquinaria para auxiliá-los em seus trabalhos, o que ficou conhecido como o processo da mecanização. No qual ficou a cargo da máquina o trabalho mais pesado e do homem, a função de operá-la. Podemos fazer uma comparação dessas máquinas de produção, que vieram para substituir o esforço físico humano com os próprios operadores da época, pois elas eram específicas para uma aplicação assim como as pessoas que eram especializadas em apenas uma etapa da produção, o que impedia seu uso em outras etapas da produção, mesmo que tivesse características muito parecidas. Fato que representava um elevado custo quando desejava-se mudar o modelo de um produto ou mesmo fabricar um novo produto.

A descoberta que proporcionou grandes mudanças na produção nos últimos dois séculos, decorreu devido aos grandes avanços na área da informática e da comunicação, que possibilitaram o surgimento do computador, equipamento capaz de receber, processar e enviar informações. Este princípio de funcionamento propiciou uma grande inovação na indústria, pois permitiu o desenvolvimento do controle da produção, à medida que esses avanços passaram a ser introduzidos na área da Automação Industrial.

A Automação Industrial caracteriza-se pelo uso de qualquer dispositivo mecânico ou eletroeletrônico para controlar máquinas e processos, sendo largamente aplicada nas mais variadas áreas de produção industrial e tem como finalidade a produtividade, a qualidade e a segurança de um processo. Entre os dispositivos eletroeletrônicos podem-se utilizar computadores ou outros dispositivos lógicos como o CLP.

Apostila de automação industrial básica, SENAI, RJ, 2011, 2ª Ed.

Nos primeiros avanços na área da automação que sucederam a mecanização da indústria, ainda não se era possível caracterizar os sistemas como automáticos e sim automatizados, pois até então no controle desses equipamentos eram empregados dispositivos mecânicos, no qual se fazia necessária a intervenção humana para o funcionamento completo da planta.

O processo de automação de determinado sistema tornou-se mais viável na medida em que a eletrônica e a informática evoluíram e passaram a contar com circuitos capazes de realizar funções lógicas e aritméticas com os sinais de entrada e gerar respectivos sinais de saída. A partir disso o controlador, os sensores e os atuadores passaram a funcionar em conjunto,

transformando o processo em um sistema automático, onde o próprio controlador toma decisões em função da situação dos sensores e aciona os atuadores.

Neste contexto está situado o item estudado que teve a sua origem na empresa General Motors, na década de 1960, motivado pela dificuldade de mudar a lógica de controle dos painéis de comando a cada mudança na linha de montagem, que ainda eram máquinas com sua programação voltadas para uma produção específica, o que significava custos elevados, grande perda de tempo e de dinheiro.

O tema será abordado com maior profundidade ao longo desta obra, entretanto antes de iniciarmos vale ressaltar a relação entre automação industrial com o processo produtivo e o meio ambiente; e a questão da saúde e segurança no trabalho. Portanto, visando essa nova tendência mundial que está atrelada aos objetivos de lucro do capitalismo, a modernidade vem agregando processos que reduzem o uso de matérias-primas e energia, diminuindo os resíduos e impedindo a poluição, sendo assim reduzindo custos e a mão-de-obra.

A constatação que pode ser observada é que esses objetivos só são possíveis de serem alcançados mediante a automação das máquinas, fato pelo qual estes dispositivos de controle estão se tornando cada vez mais comuns em nosso dia-a-dia, não somente nas indústrias mas principalmente no ambiente de trabalho da praça de máquinas dos navios, da onde surgiu a motivação para a escolha do tema abordado.

## 2 PRINCÍPIO DA AUTOMAÇÃO

A partir de duas definições apresentadas primeiramente por Hidelbrando e depois apresentada por Francesco Prudente, podemos entender melhor a automação, que é baseada no controle de uma ou mais variáveis de um processo:

Toda grandeza física pode ser controlada, ou seja, pode ter seu valor propositalmente alterado. Neste caso há limitações práticas, como a restrição da energia de que se dispõe para afetar os fenômenos: por exemplo, a maioria das variáveis climatológicas pode ser medida, mas não controlada, por causa da ordem de grandeza da energia envolvida.

Albuquerque, Hildebrando. **Controlador lógico programável**. CIAGA, APMA. Rio de Janeiro. 2009.

Um sistema pode ser definido como automatizado quando é capaz de cumprir uma ou mais tarefas por meio de decisões que são tomadas em função de sinais de várias naturezas que provêm do mesmo sistema a ser controlado. Em poucas palavras, automatização é um sistema de equipamentos eletrônicos e/ou mecânicos que controlam seu próprio funcionamento, quase sem a intervenção do homem.

Prudente, Francesco. **Automação industrial PLC: teoria e aplicações : curso básico** – Rio de Janeiro : LTC, 2011.

Analisando a evolução dos processos de produção já citados anteriormente, tem-se no seu início o controle manual por meio da mecanização, que requer um operador presente ao processo criador de uma variável física e que, de acordo com alguma regra de seu conhecimento, opera um aparelho qualquer, que por seu turno, produz alterações naquela variável.

Vale ressaltar que a automação é diferente de mecanização. A mecanização consiste simplesmente no uso de máquinas para realizar um trabalho, substituindo assim o esforço físico do homem. Já a automação possibilita fazer um trabalho por meio de máquinas controladas automaticamente, capazes de se regularem sozinhas. A grande evolução por tanto se deu no que diz respeito ao controle do processo, que deixou de ser feito manualmente e passou a ser feito por dispositivos mecânicos e dispositivos eletrônicos simples ou complexos através de softwares programados. Portanto, o controle automático só é garantido com o acionamento de atuadores a partir do processamento das informações coletadas pelos sensores, colocados nas máquinas para monitorar e indicar as condições do processo.

Este controle automático supracitado é considerado por realimentação, que se traduz no equipamento automático que opera sobre o elemento de controle, tendo por base informações de medida da variável controlada. que pode ser exemplificado, por exemplo, pelo controle de temperatura de um refrigerador. Existe também o controle automático por programa, que engloba a existência de um programa de ações, operado com base no decurso do tempo ou a partir de modificações eventuais em variáveis externas ao sistema, que pode ser exemplificado, por exemplo, pelo acionamento de uma bomba através de um temporizador. No primeiro exemplo tem-se um programa temporal e no segundo um programa lógico.

Com base nesses dois tipos de programa, os primeiros resultados obtidos no campo da automação industrial tiveram início no começo dos anos 1960, com a introdução de uma automação do tipo rígida. Nesse tipo de automação, a máquina automática executava uma tarefa com mínima intervenção humana. As máquinas eram construídas somente para construir um tipo particular de produto, mas apresentavam uma desvantagem: se o produto mudava, a reconversão do sistema automático era ou impossível ou muito custosa.

Estes sistemas inaugurais de automação operavam por meio de uma automação por lógica cabeada. Neste caso, define-se como um conjunto de equipamentos do tipo eletromecânico (relés, contadores, temporizadores, sequenciadores mecânicos) ou do tipo eletrônico (portas lógicas combinatórias, flip-flop e outros blocos lógicos sequenciais) que, inseridos nas placas eletrônicas ou dentro do quadro elétrico, governam uma máquina ou um conjunto de máquinas. No qual, os sinais acoplados à máquina ou equipamento a ser automatizado acionam circuitos lógicos a relés que disparam as cargas e atuadores.

A transição do sistema mecanizado para um de automação rígida pode ser exemplificado pelas máquinas de tear. As primeiras eram acionadas manualmente. Mais tarde passaram a ser acionadas por comandos automáticos, no entanto, estes comandos só produziam determinado modelo de tecido, de desenho, de padronagem ou estampa. Por esse motivo fazia-se necessário a troca de todo o maquinário para uma nova produção.

Com o desenvolvimento da eletrônica, as unidades de memória passaram a contar com maior capacidade e, por conta disso, armazenam todas as informações necessárias para controlar diversas etapas do processo. Os circuitos lógicos ganharam mais celeridade, tornaram-se mais rápidos, compactos e capazes de receber mais informações de entrada, atuando sobre um número maior de dispositivos de saída. Chegou-se, deste modo, aos microcontroladores responsáveis por receber informações das entradas, associá-las às informações contidas na memória e a partir destas desenvolver uma lógica para acionar as saídas.

Como consequência disso, a automação por lógica cabeada vem sendo substituída pela automação por lógica programada. Esta prevê o uso de equipamentos que gerenciam todas as funções específicas contempladas em um programa; desde relés até operações lógicas e matemáticas, como já citados. Hoje em dia integrando vários tipos de tecnologias (informática, eletrotécnica, pneumática, hidráulica), se conseguiu construir máquinas automáticas sob o controle direto de um computador.

Esta evolução propiciou a criação de sistemas mais compactos, com elevada capacidade de controle, que permitem acionar diversas saídas em função de vários sinais de entradas combinados logicamente. Vale ressaltar que outra etapa importante desta evolução é que toda a lógica de acionamento pode ser desenvolvida por meio de software, que determina ao controlador a sequência de acionamento a ser desenvolvida. Este tipo de alteração da lógica de controle e essa integração de várias tecnologias tem o nome de automação flexível (FMS- Flexible Manufacturing System).

Por esse termo se indica a possibilidade de obter um produto finito e diversificado, atuando sobre a máquina a ser controlada de modo extremamente limitado e com tempo reduzido, agindo geralmente por meio de um computador ou de dispositivos programáveis. Dessa maneira, tornou-se viável uma mudança na produção pela simples reprogramação da lógica de acionamento do software.

Os CLPs são equipamentos eletrônicos de controle que atuam a partir desta filosofia. Como se pode deduzir do que foi explicado até agora confrontando os sistemas cabeados e programáveis, estes foram idealizados e projetados para eliminar os inconvenientes característicos da lógica cabeada a relé. Desfrutando da potencialidade oferecida pela tecnologia eletrônica, e em particular do uso do microprocessador, os CLPs são capazes de garantir tarefa impensável para qualquer equipamento eletromecânico, como:

- Elaboração de sinais analógicos
- Efetuação de operações matemáticas
- Armazenamento de dados
- Visualização de dados
- Transferência de dados
- Conexão em rede do CLP com computadores, CNC (controles numéricos) e outros equipamentos.

Um CLP pode ser definido como um complexo sistema eletrônico para uso industrial capaz de gerir qualquer operação de controle industrial de maneira flexível. Este dispositivo já

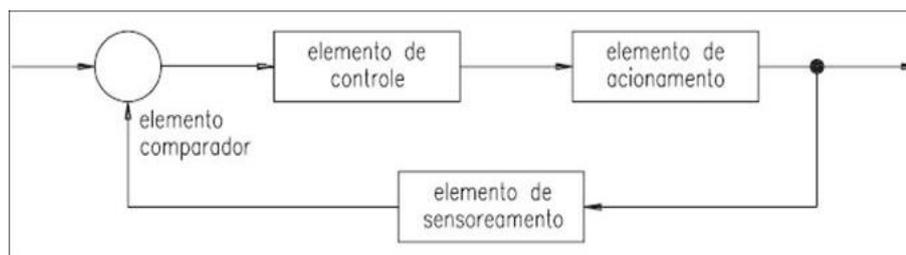
atingiu um padrão consolidado e é oferecido pelos principais fabricantes (Siemens, GE, Schneider Electric, Rockwell Automation), em versões que em geral se diferenciam entre si por pequenas tarefas. O padrão atingido significa também confiabilidade e baixo custo, e esses são os motivos pelos quais o CLP representa, hoje, a solução ótima de muitos problemas de automação, em todos os níveis e em todos os setores industriais.

## 2.1 Componentes da automação

A maioria dos sistemas modernos de automação, como os utilizados nas indústrias automobilística, siderúrgica, petroquímica, naval e nos supermercados, é extremamente complexa e requer muitos ciclos de realimentação. Cada sistema de automação compõe-se de cinco elementos:

- **Acionamento:** Provê os sistema de energia para atingir determinado objetivo. É o caso dos motores elétricos, pistões hidráulicos, etc.
- **Sensoriamento:** Mede o desempenho do sistema de automação ou uma propriedade particular de algum de seus componentes. Exemplos: Termopares para medição de temperatura e encoders para medição de velocidade.
- **Controle:** Utiliza a informação dos sensores para regular o acionamento. Exemplo: Para manter o nível de água num reservatório, usamos um controlador de fluxo que abre ou fecha uma válvula de acordo com o consumo. Mesmo um robô requer um controlador para acionar o motor elétrico que o movimenta.
- **Comparador ou elemento de decisão:** Compara os valores medidos com valores preestabelecidos e toma a decisão de quando atuar no sistema. Exemplo: Termostatos e programas de computadores.
- **Programas:** Contêm informações de processo e permitem controlar as interações entre os diversos componentes.

Figura 2 – Componentes da automação.



Fonte: [http://images.slideplayer.com.br/2/356327/slides/slide\\_19.jpg](http://images.slideplayer.com.br/2/356327/slides/slide_19.jpg)

## 2.2 Automação e corpo humano

Uma analogia didática e interessante que pode ser feita é a comparação da automação com o funcionamento do organismo humano, pois até então o melhor automatismo que se conhece é o próprio corpo humano. Nosso corpo contém um certo número de órgãos, dotados de todos os elementos necessários para seu funcionamento: automatismo cardíaco, automatismo dos centros vasomotores e respiratórios, automatismo do intestino.

Para fazer uma analogia com uma automação, os cinco sentidos do corpo humano correspondem aos sensores periféricos. Da mesma forma, as mensagens provenientes de nossos órgãos correspondem às ordens de execução que a automação deve seguir para assegurar o desenvolvimento de diferentes operações.

Quando um de nossos sentidos é ativado, as células nervosas (ou neurônios) reagem e transmitem os estímulos para todo o organismo através das fibras nervosas. Em uma automação, todos os fios e conexões que transmitem as informações geradas pelos sensores são assimiláveis às fibras nervosas do corpo humano.

Transmitidos por meio das fibras nervosas e agrupadas em "condutores" comuns - os nervos - os estímulos ou as mensagens atingem os centros nervosos - a medula ou o encéfalo. Todas as mensagens são centralizadas e interpretadas pelo cérebro que nos fornece instantaneamente uma representação consciente do nosso corpo e do mundo que o circunda.

O cérebro, que memoriza as ações a executar com o aparecimento de uma determinada mensagem, gera então um comando que, através dos nervos, ordena aos músculos um movimento específico ou coordena um conjunto de movimentos. Em um controlador, da mesma forma, o programa que contém todas as operações a executar é armazenado em uma memória. As informações geradas pelos sensores são transmitidas ao processador, que as compara com o programa memorizado, interpretando-as; sempre que há uma concordância entre o estado dos sensores e o programa, o controlador envia comandos aos acionadores predispostos para a execução das operações.

### 3 CONTROLADORES LÓGICO PROGRAMÁVEIS

O Controlador Lógico Programável é um equipamento composto de componentes eletrônicos e memória programável ou não programável que contém dados e programas com a finalidade de ler e executar instruções, interagindo com um sistema que deve ser controlado por dispositivos de input e output do tipo digital ou analógico (Norma IEC 61131-1).

O CLP resumidamente trata-se de um computador que realiza funções de controle em vários níveis de complexidade. O aspecto interessante é que ele pode ser programado e utilizado por pessoas sem um grande conhecimento no uso do computador. Esse pequeno computador (CLP), diferencia-se pelo fato de ser projetado para trabalhar em ambiente industrial com variação de temperatura, umidade, vibrações, distúrbios elétricos e outras variantes que existem no ambiente industrial.

#### 3.1 Resumo histórico

O CLP nasceu praticamente dentro da indústria automobilística americana, especificamente na Hydronic Division da General Motors, em 1968, devido à grande dificuldade de mudar a lógica de controle de painéis de comando a cada mudança na linha de montagem. Tais mudanças implicavam em altos gastos de tempo e dinheiro. Sob a liderança do engenheiro Richard Morley, foi preparada uma especificação que refletia as necessidades de muitos usuários de circuitos a relés, não só da indústria automobilística, como de toda a indústria manufatureira. Nascia, assim, um equipamento bastante versátil e de fácil utilização, que vem sendo aprimorado constantemente, diversificando cada vez mais os setores industriais e suas aplicações.

Apostila de automação industrial básica, SENAI, RJ, 2011, 2ª Ed.

Fato interessante a ser ressaltado com relação a origem do nome deste dispositivo, é que devido ao intuito inicial de substituírem os painéis de relés no controle discreto, foram chamados de Controladores Lógicos Programáveis – CLP. Porém, atualmente os controladores são bem mais complexos e não executam somente lógica do tipo “E” e “OU”, motivo pelo qual deveriam ser chamados apenas de Controladores Programáveis – CP. Entretanto seu nome original disseminou-se pelos operadores de todo o mundo, fazendo com que até os dias atuais predomina-se a designação de CLP.

Os primeiros controladores apresentavam aplicações limitadas a máquinas e pequenos processos que necessitavam de operações repetitivas, pois tinham pouca capacidade de processamento. A partir de 1970, com o advento da tecnologia de microprocessadores, os controladores passaram a ter uma grande capacidade de processamento e alta flexibilidade de programação e expansão. Entre outras características, citamos: ser capaz de operar com números, realizar operações aritméticas com ponto decimal flutuante, manusear dados e se comunicar com computadores. Dessa forma, os CLPs atuais podem atuar não só em controle discreto, tais como automação de manufatura, em que as máquinas apresentam ações automáticas e discretizadas no tempo, mas também em controle contínuo, tais como processos químicos e siderúrgicos, com características primordialmente analógicas, antes impensáveis para um controle contínuo por lógica cabeada.

O sistema utilizado para programar o controlador era um dispositivo dedicado e acondicionado em uma maleta portátil, chamada de maleta de programação, de forma que podia ser levada para “campo” a fim de alterar dados e realizar pequenas modificações no programa. O sistema de memória do controlador não permitia facilidades de programação por utilizar memórias do tipo EPROM ( Erasable Programmable Read-Only Memory), que resultava numa restrição a utilização do equipamento, exigindo um operador com conhecimentos específicos do produto.

Inovações no hardware e software entre 1975 e 1979 proporcionaram ao CLP maior flexibilidade e capacidade de processamento. Isso significou aumento na capacidade de memória e de entradas/saídas remotas, controle analógico, controle de posicionamento, comunicações, etc. A expansão de memória permitiu um programa de aplicação maior e uma maior quantidade de dados, de forma que os programas de controle não ficassem restritos à lógica e ao sequenciamento, mas também realizassem aquisição e manipulação de dados. Com o desenvolvimento do controle analógico, o controlador programável preencheu uma distância que existia entre controle discreto e controle contínuo.

Hoje os CLPs oferecem um considerável número de benefícios para aplicações industriais, que podem ressaltar em economia que excede o custo do CLP e devem ser considerados quando da seleção de um dispositivo de controle industrial. Existem vários tipos de controladores, desde os de pequena capacidade até os mais sofisticados, realizando operações que antes eram consideradas específicas para computadores.

Os novos CLPs reduzem os tempos de parada da máquina de modo a tornarem-se competitivos no mercado. Com o passar do tempo, transformou-se em um equipamento mais

simples de usar, mais confiável e produtivo. Dos anos 1980 em diante deu-se um enorme desenvolvimento na indústria de computadores. O CLP tornou-se especializado, e sua difusão cresceu exponencialmente.

O mercado do CLP cresceu de um volume de cerca de 120 milhões de dólares em 1978 para cerca de 100 bilhões de dólares nos primeiros anos da década de 1990, e ainda hoje está crescendo.

Automação industrial PLC: teoria e aplicações : curso básico / Francesco Prudente. – Rio de Janeiro : LTC, 2011.

### **3.2 Evolução**

Na primeira geração, os CLP's se caracterizavam pela programação estreitamente ligada ao hardware do equipamento. Utilizava-se a linguagem Assembly, que variava de acordo com o processador utilizado no projeto do CLP, isto é, para poder programar era necessário conhecer a eletrônica do projeto do CLP. Deste modo 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. De certa forma, já se poderia caracterizar como um sistema flexível, contudo ainda representava um custo considerável para se alterar a programação do software em sua lógica de acionamento.

A segunda geração é a época em que surgem 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 estados 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.

Na terceira geração a Entrada de Programação passa a figurar nos CLPs, onde um Teclado ou Programador Portátil é conectado, podendo apagar, alterar, gravar o programa do usuário, além de realizar testes (Debug) no equipamento e no programa, permitindo a verificação da operacionalidade do programa inserido antes de se aplicar diretamente na planta. A estrutura física também sofre alterações sendo a tendência para os Sistemas Modulares com Bastidores ou Racks.

Na quarta geração, com a minimização dos custos e a popularização dos microcomputadores (normalmente clones do IBM PC), os CLP's 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 a utilização 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, entre outros.

Atualmente estamos na quinta geração. Existe nos dias de hoje uma preocupação em padronizar protocolos de comunicação para os CLP's, de modo a proporcionar que o equipamento de um fabricante interaja com o equipamento de outro fabricante, não só CLP's, como Controladores de Processos, Sistemas Supervisórios, Redes Internas de Comunicação, entre outros, proporcionando uma integração a fim de facilitar a automação, gerenciamento e desenvolvimento de plantas industriais mais flexíveis e normalizadas, fruto da chamada Globalização. Existem Fundações Mundiais para o estabelecimento de normas e protocolos de comunicação, contudo este assunto deve ser abordado com maior aprofundamento num curso de automação, no qual nesta obra cabe apenas citar sua existência.

### **3.3 Arquitetura básica**

O CLP é um sistema microprocessado, ou seja, é constituído basicamente por um microprocessador (ou microcontrolador), um programa monitor, uma memória de programa, uma memória de dados, uma ou mais interfaces de entrada, uma ou mais interfaces de saída e circuitos auxiliares.

A arquitetura de um CLP é essencialmente a mesma que a de um computador de uso geral. Entretanto, existem algumas características importantes que diferem o CLP dos computadores. De maneira que podemos dizer que todos os CLPs são computadores por definição, mas nem todos os computadores são CLPs, sendo considerados os computadores da indústria.

As principais diferenças em relação a um computador comum estão relacionadas à qualidade da fonte de alimentação, que possui boas condições de filtragem e estabilização, interfaces de E/S (entrada/saída), é imune a ruídos e tem invólucros específico para aplicações industriais. Os CLPs são projetados e construídos para operarem em ambientes industriais;

portanto, devem resistir a altas temperaturas, ruídos elétricos, poluição atmosférica, ambientes úmidos, entre outros.

A segunda distinção é que o hardware e o software foram projetados para serem operados por técnicos não especializados (nível exigido para a manutenção). Usualmente a manutenção é feita pela simples troca de módulos e existem softwares que auxiliam na localização de defeitos. As interfaces de hardware para conexão dos dispositivos de campo estão prontas para o uso e são facilmente intercambiáveis (estrutura modular).

### 3.4 Tipos de CLP

As partes principais (processador, memória, circuitos auxiliares e às vezes a fonte de alimentação) formam o que chamamos de CPU (Unidade Central de Processamento) do CLP. Assim, dependendo de como estas partes estão fisicamente organizadas, podemos ter dois tipos de estrutura: Compacta ou Modular.

Compacta – em que todos os componentes são colocados em uma única estrutura física, isto é, o processador, a memória, a fonte e o sistema de entrada/saída são colocados em um gabinete, ficando o usuário com acesso somente aos conectores do sistema de entrada e saída. Este tipo de estrutura é normalmente empregado para CLPs de pequeno porte.

Figura 3 – Modelo de CLP compacto.



Fonte: <http://www.embarcados.com.br/wp-content/uploads/2014/10/cont2.png>

Modular – em que cada componente ou um conjunto deles é colocado em um módulo. Podemos ter processador e memória em um único módulo com fonte separada ou então estas três partes juntas em um único gabinete. O sistema de entrada/saída é decomposto em módulos de acordo com suas características. Estes módulos são então colocados em racks, formando uma configuração de médio e grande porte.

Figura 4 – Modelo de CLP modular.



Fonte: [http://folhaindustrial.com.br/wp-content/uploads/2014/02/modular-plc\\_title.jpg](http://folhaindustrial.com.br/wp-content/uploads/2014/02/modular-plc_title.jpg)

## 4 HARDWARE DO PLC

O hardware de um controlador lógico programável é constituído de três componentes fundamentais:

- Unidade central
- Unidade de entrada/saída (I/O)
- Unidade de programação

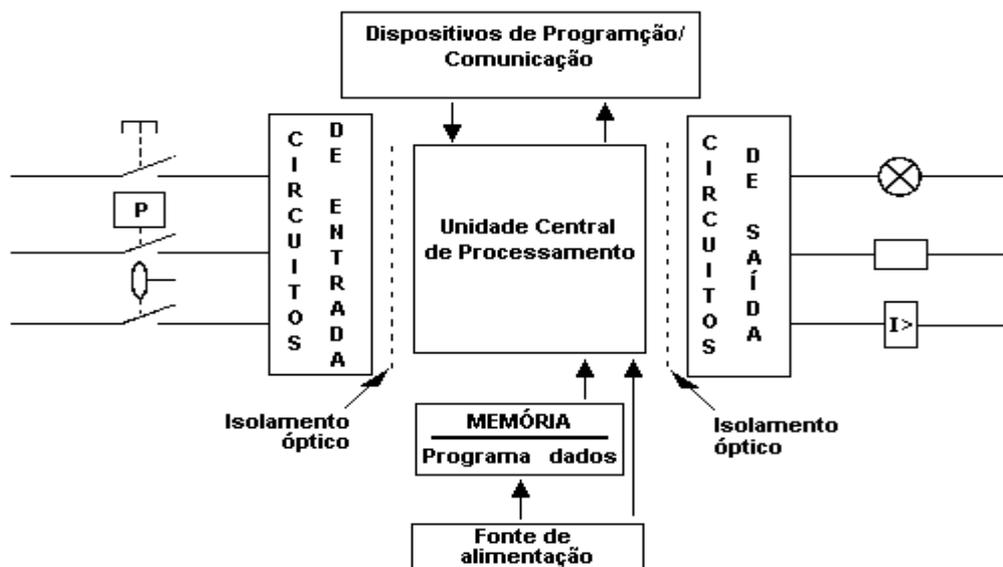
A unidade central é a unidade do CLP que organiza todas as funções de controle.

A unidade I/O refere-se ao nome das iniciais inglesas Input (entrada) e Output (saída) e à interface entre a unidade central e a máquina a controlar.

A unidade de programação é a interface entre homem/máquina. É, substancialmente, o dispositivo que permite escrever o programa na memória do PLC. Essa unidade pode ser um computador PC normal ou simplesmente um teclado.

Além dessas três unidades fundamentais existem outras que permitem a expansão e a potencialização da performance do PLC. Como é o caso do simulador de entradas, que simula o funcionamento do sensor, facilitando assim o rápido ajustamento do software usuário. A impressora que permiti imprimir o programa. Por fim podemos citar os dispositivos de grande memorização de dados que são memórias de elevada capacidade que permitem conservar o programa desenvolvido, mesmo quando não estão instaladas sobre o PLC, como os disquetes, pen drives e memory cards.

Figura 5 – Estrutura básica de um CLP.



Independente da tipologia construtiva do CLP, a unidade central apresenta características principais de estrutura e funcionamento. Esta é constituída de três unidades fundamentais:

- Microprocessador
- Fonte de alimentação
- Memória

#### **4.1 Microprocessador**

É o dispositivo mais complexo de um computador. É muito pequeno, faz muitas atividades e consome pouca energia. Esse dispositivo cumpre operações lógicas e matemáticas muito velozmente, e sobretudo as executa conforme uma sequência predefinida, chamada simplesmente programa. O elenco de todas as operações que um CLP pode executar é chamado de set de instruções, em inglês, instruction set.

Responsável pelo processamento do programa, isto é, coleta os dados dos cartões de entrada, efetua o processamento segundo o programa usuário, armazenado na memória, e envia o sinal para os cartões de saída como resposta ao processamento.

#### **4.2 Fonte de alimentação**

A fonte de alimentação empregada no CLP pode ser de dois tipos; linear ou chaveada; podendo ser interna ou externa. A fonte normalmente tem as seguintes funções básicas:

- Converter a tensão da rede elétrica (110 ou 220 Vca) para a tensão de alimentação dos circuitos eletrônicos (+5Vcc para o processador, memórias e circuitos auxiliares e  $\pm 12Vcc$  para a comunicação com terminal de programação);
- Manter a carga da bateria, nos sistemas que utilizam relógio em tempo real e memória do tipo RAM;
- Fornecer tensão para alimentação das entradas e saídas (12 ou 24 Vcc).

Fonte do tipo tradicional linear: é constituído de um transformador de rede, um circuito retificador, um filtro (circuito composto de resistência, indutor ou capacitor) e um estabilizador (circuito integrado) que mantém estável a tensão.

Fonte chaveada: é assim determinada porque possui um circuito de conversão DC/DC composto de um transistor funcionando como chave para comutar a tensão de rede retificada e nivelada em corrente alternada de alta frequência (geralmente maior que 20 kHz) e sucessivamente transformada de novo em uma tensão contínua do valor desejado. A diferença notável quanto às fontes tradicionais é o peso e o tamanho, que são muito reduzidos; além disso, o rendimento é mais elevado.

A fonte chaveada apresenta, todavia, o inconveniente de gerar distúrbios eletromagnéticos que não existem na fonte tradicional; o mesmo fabricante projeta tais fontes de modo a limitar ao máximo possível a emissão de ondas eletromagnéticas.

## **4.2 Tipos de memória**

A CPU lê os valores das entradas, elabora-os com base em um programa escrito pelo próprio usuário e depois fornece os valores na saída. Deve-se poder “ler” e “escrever” as informações. Os dispositivos que permitem essa operação são as memórias, que a executam por meio de circuitos integrados (chips).

Para entender melhor o funcionamento dos tipos de memórias que são executadas no processamento das informações, analisaremos algumas das características relacionadas aos diversos tipos de memórias. Características como possibilidade de ler e escrever, velocidade de escrever, modalidade de cancelar, comportamento em caso de falta da alimentação elétrica e quantidade de informação memorizável (capacidade).

### **4.2.1 Memória ROM**

A sigla inglesa ROM – Read Only Memory – significa literalmente memória só de leitura. Esta é escrita de modo definitivo pelo construtor, que a introduz na máquina e a disponibiliza para tarefas específicas, podendo ser lida apenas pelo microprocessador. Na ausência de energia elétrica, o conteúdo dessa memória não se perde. Essa propriedade da memória ROM a caracteriza como “não volátil”.

### **4.2.2 Memória RAM**

A sigla inglesa RAM – Random Access Memory – significa literalmente memória de acesso livre. A memória RAM pode ser escrita e lida em qualquer momento no

microprocessador. É volátil porque perde o seu conteúdo na ausência de alimentação. Pode transformar-se em “não volátil” com a presença de pequenos acumuladores que mantêm a alimentação quando o aparelho é desligado (bateria de backup). Desse modo os dados são preservados por muitos meses.

#### 4.2.3 Memória EAROM

A sigla inglesa EAROM – Electrically Alterable Read Only Memory – é praticamente uma memória “não volátil” e é reprogramável, ou seja, possível de ser alterada eletricamente porque permite, com um simples sinal elétrico, a modificação de algumas locações das memórias. Hoje são memórias já fora do mercado por serem relativamente lentas; foram substituídas por uma mais utilizada, denominada EEPROM.

#### 4.2.4 Memória EPROM

A sigla inglesa EPROM – Erasable Programmable Read Only Memory – significa literalmente memória só de leitura, podendo ser cancelável e reprogramável. As memórias EPROM são “não voláteis” e podem ser lidas somente pelo microprocessador, mas, ao contrário da memória ROM, podem ser canceláveis e escritas de novo pelo usuário com um aparelho específico, chamado programador de EPROM. A EPROM pode ser cancelada somente expondo-a por alguns minutos a raios ultravioleta (UV), que agem sobre a memória atravessando uma pequena janela do circuito integrado (chip). A vantagem da EPROM está no fato de ela poder ser reutilizada muitas vezes. As desvantagens consistem no grande intervalo de tempo necessário para ser cancelada e no custo adicional do programador de EPROM. É necessária a retirada da memória do CLP para se poder cancelá-la.

#### 4.2.5 Memória EEPROM

Essa memória tem um “E” a mais que a memória EPROM referente ao inglês electrically, eletricamente. De fato, as EEPROM são memórias que têm a mesma característica da memória EPROM, porém são canceláveis eletricamente. A grande diferença entre uma e outra consiste essencialmente no processo de cancelamento e de reprogramação.

Com esse tipo de memória, não é mais necessário retirar fisicamente a memória do CLP; basta simplesmente dar o comando ao sistema via software, que então cancela os dados e

reescreve com simples sinais elétricos. Você poderá perceber que esse tipo de memória parece com a memória RAM, mas na realidade o processo de leitura e escrita é muito mais lento que a memória RAM.

#### 4.2.6 Memória NOVRAM

A sigla inglesa NOVRAM – Non Volatile RAM – significa literalmente RAM não volátil e se associa às características das memórias RAM e EEPROM. As vantagens desse tipo de memórias são notáveis. Elas têm elevada velocidade de acesso aos dados, características típica da memória RAM, e não volatilidade dos dados típica da memória EEPROM. Como desvantagem, o custo ainda elevado.

#### 4.2.7 Memória FLASH

No mundo da microeletrônica, deu entrada muito recentemente essa tipologia de memória. Ela será destinada, nos próximos anos, provavelmente a substituir as memórias ROM e EEPROM e também as grandes memórias de dados (disquete, hard disk). Serão assim eliminadas todas as partes mecânicas necessárias para o uso do suporte magnético. As características das memórias FLASH são grande confiabilidade, consumo reduzido, leveza, possibilidade de ler e escrever com sinais elétricos. Atualmente muitos CLPs possuem já a memória FLASH como suporte obrigatório, com possibilidade de memorizar até alguns Mbyte. São chamadas comumente memory card.

### 4.3 Organização da memória no CLP

No CLP a memória é subdividida em diversas zonas, cada uma apta a uma tarefa diferente. Embora as soluções adotadas pelos fabricantes sejam muito diferentes entre si, pode-se em geral considerar a memória subdividida em quatro partes:

- Memória para o programa usuário (memória de programa);
- Memória para funções internas (memória de dados);
- Memória para o estado das entradas e das saídas (memória de dados); e
- Memória para o software do sistema operacional

#### 4.3.1 Memória para o programa usuário

É onde se armazena o programa da aplicação desenvolvido pelo usuário e pode ser alterada pelo usuário, já que uma das vantagens do uso de CLPs é a flexibilidade de programação.

Inicialmente constituída de memórias do tipo EPROM, hoje utiliza memórias do tipo RAM, cujo programa é mantido pelo uso de baterias ou um capacitor com capacitância elevada, EEPROM ou FLASH, sendo também comum o uso de cartuchos de memória, o que permite a troca do programa com a troca do cartucho de memória. A capacidade desta memória varia bastante de acordo com a marca/modelo do CLP, e é normalmente dimensionada em passos de programa.

As instruções são registradas uma depois da outra, e oportunamente codificada em uma sequência de bits. A CPU lê e executa cada uma dessas instruções segundo um ciclo de scan que parte da primeira instrução até a última, para depois recomeçar novamente.

#### 4.3.2 Memória para a função interna

É a região da memória destinada a armazenar os dados do programa do usuário. Estes dados são valores de temporizadores, valores de contadores, códigos de erro, senhas de acesso, entre outros.

É chamada também de memória de dados e contém os dados necessários para a elaboração lógica e para as funções auxiliares. Trabalha com resultados intermediários produzido pela operação aritmética e booleana. Essa memória é do tipo RAM com tecnologia CMOS.

#### 4.3.3 Memória para o estado das entradas e das saídas

Essa zona da memória do CLP é do tipo estático, ou seja, os dados de entrada e de saída I/O são registrados sempre no mesmo endereço, enquanto nos outros tipos de memória eles são inseridos de forma dinâmica, ou seja, se trabalha na área da memória que naquele momento é livre.

Sempre que a CPU executa um ciclo de leitura das entradas ou executa uma modificação nas saídas, ela armazena os estados de cada uma das entradas e saídas nessa memória. Essa

região da memória funciona como uma espécie de “tabela” onde a CPU irá obter informações das entradas ou saídas para tomar as decisões durante o processamento do programa usuário.

#### 4.3.4 Memória do sistema operacional

O CLP é dotado também de uma memória não volátil do tipo ROM ou EPROM, na qual é armazenado o sistema operacional, ou seja, uma série de programas definidos pelo construtor indispensável para gerenciar o correto funcionamento de todo o hardware. Sem o sistema operacional o CLP é m conjunto de circuitos eletrônicos sem vida.

Funciona de maneira similar ao sistema operacional dos microcomputadores, sendo o programa monitor que permite a transferência de programas entre um microcomputador ou terminal de programação e o CLP, gerenciamento do estado da bateria do sistema e controle dos diversos opcionais.

### **4.4 Unidade de entrada e saída**

Os módulos de entrada são interfaces entre os sensores, localizados no campo, e a lógica de controle de controlador programável. Esses módulos são constituídos de cartões eletrônicos, cada qual com capacidade para receber certo número de variáveis. Podem adequar eletricamente os sinais de entrada para que possam ser processados pela CPU (ou microprocessador do CLP).

Existe uma variedade muito grande de tipos de cartões, para atender às mais diferentes aplicações nos ambientes industriais. São dois tipos básicos de entrada: as digitais e as analógicas.

Os módulos ou interfaces de saída adaptam eletricamente os sinais vindos do microprocessador para que possamos atuar nos circuitos controlados. Da mesma maneira que os módulos de entrada, apresentam dois tipos de interfaces de saídas: as digitais e as analógicas.

#### 4.4.1 Entradas digitais ou discretas

São aquelas que trabalham com apenas dois estados possíveis, ligado ou desligado (0 ou 1), e alguns dos exemplos de dispositivos que podem ser ligados a elas são: botoeiras, chaves fim de curso, sensores de proximidade indutivos ou capacitivos, chaves comutadoras, termostatos, pressostatos, controle de nível (boia), entre outros.

As entradas digitais podem ser construídas para operarem em corrente contínua ou em corrente alternada. As entradas de corrente contínua também são classificadas em tipo N (NPN ou Source) ou tipo P (PNP ou Sink). No caso das entradas do tipo N, é necessário fornecer o potencial negativo da fonte de alimentação ao borne de entrada para que ela seja ativada. No caso do tipo P, é necessário fornecer o potencial positivo ao borne de entrada. Em qualquer dos tipos, é de praxe existir uma isolação galvânica entre o circuito de entrada e a CPU. Esta isolação é feita normalmente através de optoacopladores.

As entradas de 24 Vcc são geralmente utilizadas quando a distância entre os dispositivos de entrada e o CLP não exceda 50m. Caso contrário, o nível de ruído pode provocar disparos acidentais.

#### 4.4.2 Entradas analógicas

As interfaces de entrada analógica permitem que o CLP possa manipular grandezas analógicas, enviadas normalmente por sensores eletrônicos.

As grandezas analógicas elétricas tratadas por estes módulos são normalmente tensão ou corrente. No caso de tensão, a faixa de utilização mais utilizada é: 0 a 10 Vcc, e no caso de corrente, a faixa utilizada é: 4 a 20 mA.

Os principais dispositivos utilizados com as entradas analógicas são: sensores de pressão manométrica; sensores de pressão mecânica (strain gauges – utilizadas em células de carga); taco-geradores, para medição de rotação de eixos; transmissores de temperatura; e termopares.

Outro fato importante que deve ser ressaltado a respeito das entradas analógicas é a sua resolução. Esta é normalmente medida em bits. Uma entrada analógica com um maior número de bits permite uma melhor representação da grandeza analógica. Por exemplo: Uma placa de entrada analógica de 0 a 10 Vcc com uma resolução de 8 bits permite uma sensibilidade de 39,0 mV, enquanto que a mesma faixa em uma entrada de 12 bits permite uma sensibilidade de 2,4mV e uma de 16 bits permite uma sensibilidade de 0,2mV.

Na prática a resolução é de suma importância, pois ela é que permite definir a precisão do controle exercido no sistema, o que será possível observar a partir de um exemplo prático: Supomos que o sistema trata-se de um forno aonde a sua temperatura varia numa faixa de 0 a 1000° C e a faixa de utilização desse CLP seja de 0 a 10 Vcc. Com uma resolução de 8 bits, pode-se obter uma variação de temperatura com uma precisão de 3,90625°C; agora com uma resolução de 12 bits seria possível obter uma variação de 0,24414°C; e com o de 16 bits a

variação seria de  $0,01525^{\circ}\text{C}$ . Sendo assim a placa de entrada analógica a ser utilizada será de acordo com a necessidade de precisão na variação dos estados das entradas a serem controladas.

#### 4.4.3 Saídas digitais

As saídas digitais admitem apenas dois estados: ligado e desligado (0 ou 1). Podemos controlar com elas dispositivos do tipo: Relés; contadores; relés de estado-sólido; solenoides; válvulas; inversores de frequência; entre outros.

Similar as entradas digitais, as saídas digitais também podem ser construídas para operarem em corrente alternada ou em corrente contínua, sendo esta também classificada em tipo N ou tipo P.

Nas saídas digitais de corrente alternada geralmente são utilizados tiristores (por exemplo Triac) no estágio de saída da placa. Podemos também encontrar saídas digitais a relé. Neste caso, elas podem trabalhar com cargas de corrente contínua ou alternada.

Nos três casos, também é de praxe prover o circuito de um isolamento galvânico, normalmente optoacoplado.

#### 4.4.4 Saídas analógicas

Os módulos ou interfaces de saída analógica convertem valores numéricos em sinais de saída em tensão ou corrente. Mantendo o padrão utilizado, que no caso de tensão, normalmente de 0 a 10 Vcc, e no caso de corrente, de 4 a 20 mA. Estes sinais são utilizados para controlar dispositivos atuadores do tipo: Válvulas proporcionais; motores C.C.; servomotores C.C.; inversores de frequência; e posicionadores rotativos.

### 4.5 LED de sinalização

De uma forma geral, podemos visualizar as principais funções na parte frontal do controlador através de LEDs de sinalização que indicam o estado operacional do equipamento. Estas funções normalmente são encontradas independente da arquitetura física do controlador, isto é, se em forma modular ou compacta.

Apesar da indicação de algum defeito ou falha no sinalizador de determinada função do CLP, nem sempre o acendimento do sinalizador irá parar o processamento.

#### 4.6 Módulos especiais

Além dos módulos de entrada e de saída dos tipos digitais e analógicos, também é fabricada toda uma série de módulos para aplicação particular que satisfaz a exigência da fábrica automatizada. Esse é o caminho seguido por quase todos os fabricantes de CLP. Os benefícios desses módulos especiais são:

- Liberar a CPU do peso da gestão de tais funções especiais, de modo tal que trabalhe somente com operação fundamental de controle;
- A possibilidade de oferecer aplicação (controle eixo, comunicação, contagem veloz e outros) com uma velocidade de resposta muito elevada.

Esses módulos são substancialmente dispositivos de pré-elaboração dos sinais, porque são dotados de um microprocessador próprio. São construídos para satisfazer as exigências de funções particulares e para reduzir a carga de trabalho da CPU do CLP, mas, sobretudo, permitem ampliar notavelmente a utilização do CLP em âmbito industrial. Como por exemplo:

- Módulos de contagem rápida, quando a frequência dos sinais de entrada assume valores relevantes a entrada normal não consegue satisfazer a exigência desse tipo de caso, dado que o scan do CLP é lento demais em relação a comutação dos sinais de entrada.
- Módulos para interfaceamento dos termopares, são confeccionados de modo a poder detectar sinais diretamente dos termopares, que níveis baixíssimos de tensão
- Módulo Controle Eixo, é destinado a todas as aplicações nas quais é preciso posicionar um corpo móvel.
- Módulo ASC II, permite a troca de informações em ASC II entre CLP e eventuais periféricos. Este código permite, por meio da utilização de 8 bits, codificar qualquer caractere alfanumérico e determinados caracteres de controle.
- Módulos de comunicação, possibilita a troca de dados, mensagens e informação entre vários CLPs
- Módulos PID são empregados nas aplicações em anel fechado em que determinada característica funcional do processo deve ficar invariável.
- Módulos Input/Output Remotos, quando ocorrem aplicações em que uma série de máquinas é gerida.

## 5 SOFTWARE DE UM CLP

### 5.1 Normalização

Existe a tendência da utilização de um padrão de linguagem de programação onde será possível a intercambiabilidade de programas entre modelos de CLPs e até de fabricantes diferentes.

A grande vantagem de se ter o software normalizado é que conhecendo um, são conhecidos todos, o que propicia economia em treinamento e garante que, por mais que um fornecedor deixe o mercado, a empresa nunca ficará sem condições de crescer ou repor equipamentos.

Esta padronização está de acordo com a norma IEC 1131-3. Na verdade, esse tipo de padronização é possível utilizando-se o conceito de linguagem de alto nível, em que através de um compilador, se pode adaptar um programa para a linguagem de máquina de qualquer tipo de microprocessador, isto é, um programa-padrão, que pode servir tanto para o CLP de um fabricante A como para o de um fabricante B.

A norma IEC 1131-3 prevê quatro linguagens de programação e duas formas de apresentação. As linguagens são:

- Ladder Diagram – programação como esquemas de relés;
- Boolean Blocks – blocos lógicos representando portas “E”, “OU”, “Negação”, “OU-EXCLUSIVA”, etc.
- Structured Control Language (SCL) – linguagem que vem substituir todas as linguagens declarativas tais como linguagem de instruções, BASIC estruturado e inglês estruturado; e
- Instruction List (IL) – linguagem textual que se assemelha ao assembly (lista de instruções)

As formas de representação são:

- Programação convencional;
- Sequential Function Chart (SFC) – evolução do Grafset francês.

## 5.2 Linguagens de programação

Na execução de tarefas ou resolução de problemas utilizando CLP, é necessária a utilização de uma linguagem de programação, através da qual o usuário irá escrever sua aplicação (programa).

A linguagem de programação é uma ferramenta necessária para gerar o programa, que vai coordenar e sequenciar as operações que o CLP deve executar. Alguns CLPs possibilitam a apresentação do programa usuário em uma ou mais formas.

Normalmente podemos programar um CLP através de um software que possibilita a sua apresentação ao usuário em quatro formas diferentes:

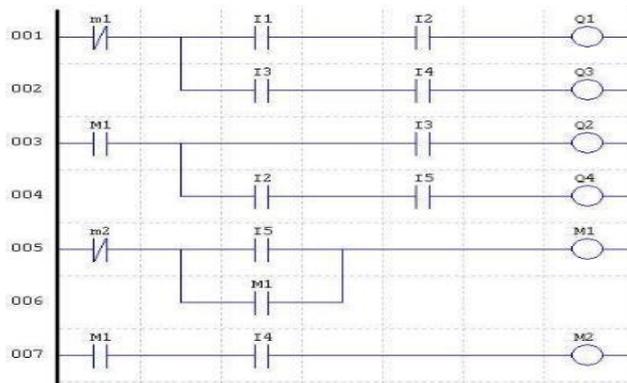
- Linguagem LADDER;
- Linguagem FBD (Function Block Diagram);
- Linguagem IL (Instruction List); e
- Linguagem ST (Structured Text).

### 5.2.1 Linguagem LADDER

A linguagem de contatos, também designada por linguagem “ladder”, é uma linguagem totalmente gráfica, apropriada para o tratamento lógico simples e de tipo combinatório. Utiliza os símbolos gráficos dos contatos normalmente fechados e normalmente abertos e das bobinas. Assim, um programa em linguagem de contatos não se apresenta sob a forma de uma lista de instruções, mas sim como um esquema elétrico clássico.

Nas redes de contatos podem ser inseridos blocos de funções temporizadores, contadores, registros e outros. Além disso, blocos de operações lógicas ou aritméticas pré-programadas.

*Figura 6 – Esquema de programação LADDER.*



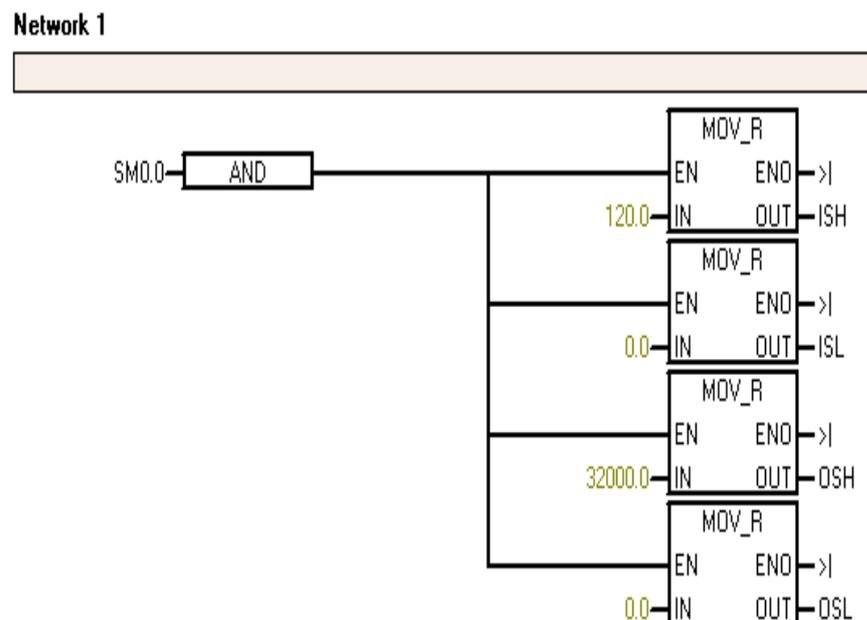
Fonte: <http://s3.amazonaws.com/magoo/ABAAAfYOUAL-24.jpg>

### 5.2.2 Linguagem FBD (Function Block Diagram)

Mesma linguagem utilizada em lógica digital, em que sua representação gráfica é feita através das chamadas portas lógicas.

Figura 7 – Linguagem FBD

#### Diagrama de Blocos de Função (FBD)



Fonte: [http://3.bp.blogspot.com/-N7Dy5KP5t\\_w/UUTE--5kIDI/AAAAAAAAAME/tMTzEEDxtvw/s1600/Ex+FBD.png](http://3.bp.blogspot.com/-N7Dy5KP5t_w/UUTE--5kIDI/AAAAAAAAAME/tMTzEEDxtvw/s1600/Ex+FBD.png)

### 5.2.3 Linguagem IL (Instruction List)

Esta linguagem “lista de instruções” baseia-se nas regras da álgebra booleana. Utiliza instruções que executam operações ou funções lógicas simples, tais como E (AND) lógico, OU (OR) lógico, OU EXCLUSIVO (XOR), etc. Além de funções pré-programadas (temporizadores, contadores, passo a passo, registros). Esta linguagem é, sobretudo, utilizada para sistemas de automação simples comandados por CLPs de pequeno porte.

Figura 8 – Programação por Lista de Instruções.

### Lista de Instruções (STL)

```

Network 1
LD      SM0.0
MOVR   120.0, ISH
MOVR   0.0, ISL
MOVR   32000.0, OSH
MOVR   0.0, OSL

Network 2   Network Title
Network Comment
LD      I0.0
MOVR   30.0, IV

Network 3   Network Title
Network Comment
LD      I0.1
MOVR   60.0, IV

Network 4   Network Title
Network Comment
LD      I0.2
MOVR   90.0, IV

```

Fonte:<http://1.bp.blogspot.com/->

[hYRyI4xcWDI/UUTe7yF1NuI/AAAAAAAAAL8/wVdzv2YdLsk/s1600/Ex+STL.png](http://1.bp.blogspot.com/-hYRyI4xcWDI/UUTe7yF1NuI/AAAAAAAAAL8/wVdzv2YdLsk/s1600/Ex+STL.png)

#### 5.2.4 Linguagem ST (Structured Text)

Texto estruturado é uma linguagem evoluída, que proporciona inúmeras opções: programação de função simples, tais como testes ou ações sobre bits, palavras e blocos de funções, e também programação de funções mais complexas, tais como operações lógicas ou aritméticas, manipulações de tabelas de dados, etc.

Figura 9 – Exemplo de Texto Estruturado

```

Texto Estruturado
IF (TEMP > 20) THEN
    HEATER := OFF;
    COOLER := ON;
ELSIF (TEMP < 19)
    HEATER := ON;
    COOLER := OFF;
END_IF;

```

Fonte:<http://1.bp.blogspot.com/->

[vitPF32rw7o/UUTfDJyQYSI/AAAAAAAAAMM/LJd\\_LA2jAkQ/s1600/Ex+SCL.png](http://1.bp.blogspot.com/-vitPF32rw7o/UUTfDJyQYSI/AAAAAAAAAMM/LJd_LA2jAkQ/s1600/Ex+SCL.png)

### 5.3 Modos de Operação

A Unidade Central de Processamento (CPU) é responsável pelo processamento do programa, isto é, coleta os dados dos cartões de entrada, efetua o processamento segundo o programa do usuário, armazena na memória, e envia o sinal para os cartões de saída como resposta ao processamento.

Geralmente, cada CLP tem uma CPU, que pode controlar vários pontos de E/S (entradas e saídas) fisicamente compactadas ou não compactadas (modular).

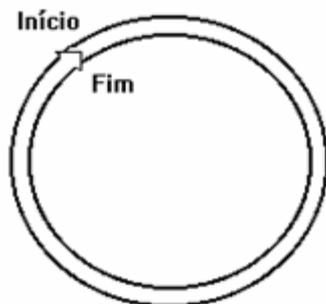
Este processamento poderá ter estruturas diferentes para a execução de um programa, como:

- .Processamento cíclico
- .Processamento por interrupção
- .Processamento comandado por tempo
- .Processamento por evento

#### 5.3.1 Processamento cíclico

É a forma mais comum de execução que predomina em todas as CPUs conhecidas, e de onde vem o conceito de varredura, ou seja, as instruções de programa contidas na memória são lidas uma após a outra sequencialmente do início ao fim, daí retornando ao início ciclicamente.

*Figura 10 – Processamento cíclico*



Fonte: <http://s3.amazonaws.com/magoo/ABAAAgb94AI-2.jpg>

#### 5.3.2 Processamento por interrupção

Certas ocorrências no processo controlado não podem, algumas vezes, aguardar o ciclo completo de execução do programa. Neste caso, ao reconhecer uma ocorrência deste tipo, a

CPU interrompe o ciclo normal de programa e executa um outro programa chamado de rotina de interrupção.

Esta interrupção pode ocorrer a qualquer instante da execução do ciclo de programa. Ao finalizar esta situação, o programa voltará a ser executado do ponto onde ocorreu a interrupção.

Uma interrupção pode ser necessária, por exemplo, numa situação de emergência em que procedimentos referentes a esta situação devem ser adotados.

Figura 11 – Processamento por interrupção



Fonte: <https://encrypted-tbn2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcS8-A6omwz2eSXJvK58Y2L1e8PC2OvFn4rOTBe9omZa8DkUAsz>

### 5.3.3 Processamento comandado por tempo.

Da mesma forma que determinamos execuções não podem ser dependentes do ciclo normal de programa, algumas devem ser executadas a certos intervalos de tempo, às vezes muito curto, na ordem de 10 ms.

Este tipo de processamento também pode ser encarado como um tipo de interrupção, porém ocorre a intervalos regulares de tempo dentro do ciclo normal de programa.

### 5.3.4 Processamento por evento

Este é processado em eventos específicos, como no retorno de energia, falha na bateria e limite do tempo de supervisão do ciclo da CPU.

## 5.4 Inicialização do CLP

No momento em que é ligado o CLP executa uma série de operações pré-programadas, gravadas em seu Programa Monitor:

- Verifica o funcionamento eletrônico da CPU, memórias e circuitos auxiliares;
- Verifica a configuração interna e compara com os circuitos instalados;
- Verifica o estado das chaves principais (RUN, STOP, PROG etc.);
- Desativa todas as saídas;
- Verifica a existência de um programa de usuário; e
- Emite um aviso de erro caso algum dos itens acima falhe.

## 5.5 Princípio de funcionamento

O princípio fundamental de funcionamento de um CLP é a execução por parte da CPU de um programa 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.

Após a execução dessas operações pré-programadas durante sua inicialização, a CPU passa a trabalhar continuamente scaneando um programa. O scan consiste em um ciclo executado uma série de passos. Há mais do que três passos, porém descreve-se aqui os mais importantes, que normalmente estão checando o sistema e atualizando o contador interno corrente e valores do timer.

Passo 1: Verifica estados das entradas – Primeiramente o CLP olha em cada entrada para determinar se está ligada ou desligada. Então registra os dados de cada canal de entrada, tanto digitais como analógicos, em suas correspondentes posições de memória para serem usados durante o próximo passo.

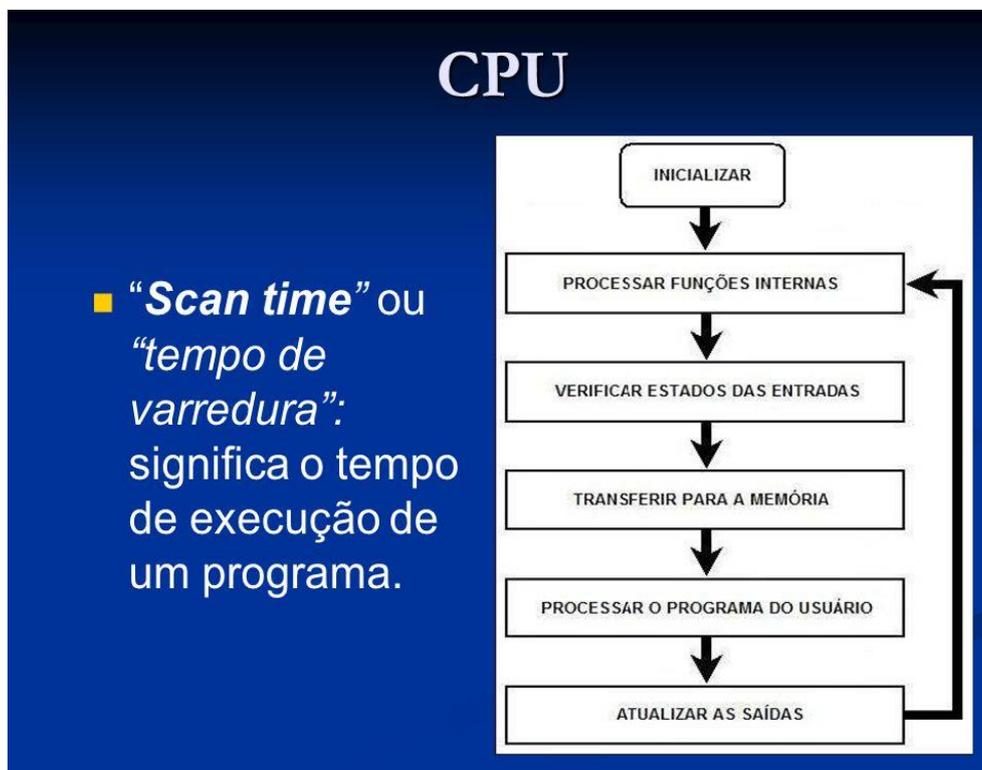
Passo 2: Executa o programa – A seguir o CLP executa o programa, uma instrução de cada vez, que é programada pelo usuário. Uma vez já conhecido os valores das entradas digitais/analógicas e com o programa de acordo com as necessidades do usuário serão aplicadas operações em bits e registradores produzindo o resultado esperado, ajustando-se ao mesmo tempo novos valores de bits e registradores internos. Armazena-se então os resultados de execução para uso durante o próximo passo.

Passo 3: Atualizar estados das saídas – Por fim o CLP atualiza a condição das saídas, baseado em estados encontrados nas entradas durante o passo 1 e os resultados de execução do seu programa durante o passo 2. Baseado no passo 2, poderia agora ligar a primeira saída porque a primeira entrada estava ligada e seu programa disse para ligar a primeira saída quando esta condição fosse verdadeira ou aplicar uma operação matemática para conversão de variáveis analógicas para unidades de engenharia a cada valor de varredura do programa.

Depois do passo 3, o CLP volta para o passo 1 e repete os passos continuamente; assim seu programa é um loop infinito.

Um tempo de scan é definido como o tempo que o CLP leva para executar os três passos. Esse tempo é influenciado pela quantidade de entradas e saídas e principalmente pela lógica programada pelo usuário. A maioria dos CLPs têm um tempo típico de scan na ordem de poucos milissegundos, ou seja, a cada ciclo todos os sinais aplicados às entradas são lidos e transferidos para a unidade de memória interna, associam a correspondente lógica de funcionamento sobre esses dados armazenados sobre esses dados armazenados e fazem a transferência destes dados da memória para cada saída correspondente e então aplicados aos terminais de saída serão executados com um tempo inferior a 250 milissegundos.

Figura 12 – Princípio de funcionamento do CLP.



Fonte: [http://images.slideplayer.com.br/3/1256061/slides/slide\\_6.jpg](http://images.slideplayer.com.br/3/1256061/slides/slide_6.jpg)

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo remete à conclusão de que o Controlador Lógico Programável tem a função de executar o principal papel no controle de processos sequenciais na Automação. O intuito desta obra foi o ensinamento teórico dos componentes e suas respectivas funções.

Este equipamento foi um dos precursores de diversos processos que podem ser automatizados de forma simples, rápida e confiável, além de permitir a integração de todos os setores de uma instituição, fornecendo à administração informações em tempo real que agilizam a tomada de decisões. Considerando a abundância de oferta de equipamentos, torna-se essencial dominar as características do hardware e os recursos de programação do CLP, a fim de tornar as aplicações mais eficientes.

Quanto a sua relevância no âmbito naval, deve-se ressaltar que assim como os demais setores da indústria, a indústria naval tende sempre a acompanhar os avanços tecnológicos, empregando essas novas tecnologias dentro dos navios. A utilização a bordo de modernos dispositivos de automação se tornou uma realidade nos dias atuais, pois vem atendendo a parâmetros de segurança e proteção ambiental cada vez mais rigorosos, principalmente tornando os sistemas mais rápidos aliados ao menor custo ao proprietário, redução da mão-de-obra e aumento da eficiência dos processos.

Assim, levando em consideração a sua capacidade de trabalhar com qualquer tipo de sinal, pode-se afirmar que um CLP é o elemento ideal para se controlar automaticamente um sistema, ou processo, seja ele, analógico ou digital. Como consequência disso, hoje torna-se cada vez mais comum sua visualização no ambiente de trabalho, estando presente em praticamente todos os quadros elétricos dos navios mais modernos.

Quanto a sua utilização efetiva a bordo, esses controladores podem ser encontrados em todos os ambientes do navio, como por exemplo: convés, praça de máquinas, passadiço, nos sistema de comando multiplexado para comando de pontes rolantes e guinchos, no sistema de controle do leme e no supervisor do telégrafo da máquina. Sendo aplicados nas manutenções preventivas e corretivas, nos reparos e assistência técnica de comandos eletroeletrônicos e sistemas interfaces eletro hidráulicos e servocontrolados. Tem uso importante também com relação às máquinas, na automação, supervisão e regulagens de sistema de segurança, instrumentação, controles pressurizados e excitatrizes com indicações remotas e comunicações interfonadas. Além disso, pode atuar na central de governo, no controle de alarme e segurança para navegação, sinalização e sistemas interfaceados com a praça de máquinas.

O objetivo desta obra foi esclarecer dúvidas com relação a este novo equipamento que está cada vez mais presente a bordo, permitindo obter uma base de conhecimento para o entendimento de sua operação. Entretanto, vale ressaltar que o aperfeiçoamento dos CLPs tem sido uma constante. O mercado oferece novos e melhores produtos que agregam valores ao mesmo tempo em que reduzem o custo das soluções baseadas no mesmo. Portanto, é indispensável uma atualização contínua por intermédio de contato com fabricantes e fornecedores.

## REFERÊNCIAS

Albuquerque, Hildebrando. **Controlador lógico programável**. CIAGA, APMA. Rio de Janeiro. 2009.

Apostila de **Automação Industrial Básica** do curso de automação do SENAI – Rio de Janeiro – 2011 – 2ª edição

Apostila de **Automação Industrial Avançada** do curso de automação do SENAI – Rio de Janeiro – 2011 – 2ª edição

Ferreira, William. **Estudo sobre controle automático utilizando Controlador Lógico Programável**. CIAGA, APMA. Rio de Janeiro. 2010.

Prudente, Francesco. **Automação industrial PLC: teoria e aplicações : curso básico** – Rio de Janeiro : LTC, 2011.

**SCHNEIDER ELETRIC**. Disponível em: <<http://www.schneider-electric.com.br>>. Acesso em: 08 de Jul. 2015.

