



**e-Tec Brasil**  
*Escola Técnica Aberta do Brasil*

# Controladores Programáveis

*Marcos Daniel Zancan*



**Santa Maria - RS**  
**2011**

Presidência da República Federativa do Brasil

Ministério da Educação

Secretaria de Educação a Distância

© Colégio Técnico Industrial de Santa Maria

Este Material Didático foi elaborado pelo Colégio Técnico Industrial de Santa Maria para o Sistema Escola Técnica Aberta do Brasil – e-Tec Brasil.

**Comissão de Acompanhamento e Validação**  
**Colégio Técnico Industrial de Santa Maria/CTISM**

**Coordenador Institucional**  
Paulo Roberto Colusso/CTISM

**Professor-autor**  
Marcos Daniel Zancan/CTISM

**Coordenação Técnica**  
Iza Neuza Teixeira Bohrer/CTISM

**Coordenação de Design**  
Erika Goellner/CTISM

**Revisão Pedagógica**  
Andressa Rosemárie de Menezes Costa/CTISM  
Francine Netto Martins Tadielo/CTISM  
Marcia Migliore Freo/CTISM

**Revisão Textual**  
Lourdes Maria Grotto de Moura/CTISM  
Vera da Silva Oliveira/CTISM

**Revisão Técnica**  
Eduardo Lehnhart Vargas/CTISM

**Diagramação e Ilustração**  
Gustavo Schwendler/CTISM  
Leandro Felipe Aguilar Freitas/CTISM  
Marcel Santos Jacques/CTISM  
Máuren Fernandes Massia/CTISM  
Rafael Cavalli Viapiana/CTISM  
Ricardo Antunes Machado/CTISM

Ficha catalográfica elaborada por Denise Barbosa dos Santos – CRB 10/1456  
Biblioteca Central – UFSM

Z27c Zancan, Marcos Daniel.  
Controladores programáveis / Marcos Daniel Zancan. – 3. ed. –  
Santa Maria : Universidade Federal de Santa Maria : Colégio  
Técnico Industrial de Santa Maria, 2010.  
54 p.: il.  
  
1. Automação industrial. 2. Controlador programável.  
3. Microprocessador. 4. Entrada digital. 5. Entrada analógica.  
6. Dispositivos digitais. I.Título.

CDU: 681.5

# Apresentação e-Tec Brasil

Prezado estudante,

Bem-vindo ao e-Tec Brasil!

Você faz parte de uma rede nacional pública de ensino, a Escola Técnica Aberta do Brasil, instituída pelo Decreto nº 6.301, de 12 de dezembro 2007, com o objetivo de democratizar o acesso ao ensino técnico público, na modalidade a distância. O programa é resultado de uma parceria entre o Ministério da Educação, por meio das Secretarias de Educação a Distância (SEED) e de Educação Profissional e Tecnológica (SETEC), as universidades e escolas técnicas estaduais e federais.

A educação a distância no nosso país, de dimensões continentais e grande diversidade regional e cultural, longe de distanciar, aproxima as pessoas ao garantir acesso à educação de qualidade, e promover o fortalecimento da formação de jovens moradores de regiões distantes dos grandes centros geograficamente ou economicamente.

O e-Tec Brasil leva os cursos técnicos a locais distantes das instituições de ensino e para a periferia das grandes cidades, incentivando os jovens a concluir o ensino médio. Os cursos são ofertados pelas instituições públicas de ensino e o atendimento ao estudante é realizado em escolas-polo integrantes das redes públicas municipais e estaduais.

O Ministério da Educação, as instituições públicas de ensino técnico, seus servidores técnicos e professores acreditam que uma educação profissional qualificada – integradora do ensino médio e educação técnica, – é capaz de promover o cidadão com capacidades para produzir, mas também com autonomia diante das diferentes dimensões da realidade: cultural, social, familiar, esportiva, política e ética.

Nós acreditamos em você!

Desejamos sucesso na sua formação profissional!

Ministério da Educação  
Janeiro de 2010

Nosso contato  
[etecbrasil@mec.gov.br](mailto:etecbrasil@mec.gov.br)



# Indicação de ícones

Os ícones são elementos gráficos utilizados para ampliar as formas de linguagem e facilitar a organização e a leitura hipertextual.



**Atenção:** indica pontos de maior relevância no texto.



**Saiba mais:** oferece novas informações que enriquecem o assunto ou “curiosidades” e notícias recentes relacionadas ao tema estudado.



**Glossário:** indica a definição de um termo, palavra ou expressão utilizada no texto.



**Mídias integradas:** sempre que se desejar que os estudantes desenvolvam atividades empregando diferentes mídias: vídeos, filmes, jornais, ambiente AVEA e outras.



**Atividades de aprendizagem:** apresenta atividades em diferentes níveis de aprendizagem para que o estudante possa realizá-las e conferir o seu domínio do tema estudado.



# Sumário

<b>Palavra do professor-autor</b> .....	<b>9</b>
<b>Apresentação da disciplina</b> .....	<b>11</b>
<b>Projeto instrucional</b> .....	<b>13</b>
<b>Aula 1 – Noções básicas de controladores programáveis</b> .....	<b>15</b>
1.1 Histórico.....	15
1.2 Definição.....	16
1.3 Evolução.....	16
1.4 Aplicações e vantagens.....	17
1.5 Funcionamento.....	17
1.6 Estrutura interna de um CLP.....	19
1.7 Classificação dos CLP.....	21
<b>Aula 2 – Variáveis de entrada e saída</b> .....	<b>23</b>
2.1 Entradas digitais.....	23
2.2 Entradas analógicas.....	24
2.3 Saídas digitais.....	25
2.4 Saídas analógicas.....	26
<b>Aula 3 – Dispositivos de entrada e saída para CLP</b> .....	<b>29</b>
3.1 Dispositivos para entradas digitais.....	29
3.2 Dispositivos para entradas analógicas.....	30
3.3 Dispositivos para saídas digitais.....	32
3.4 Dispositivos para saídas analógicas.....	33
<b>Aula 4 – Instalação e programação</b> .....	<b>35</b>
4.1 Instalação.....	35
4.2 Programação.....	37
<b>Aula 5 – Projetos com controladores programáveis</b> .....	<b>49</b>
<b>Referências</b> .....	<b>53</b>
<b>Currículo do professor-autor</b> .....	<b>54</b>



## Palavra do professor-autor

*“Julgue o seu sucesso por aquilo que você  
teve que abrir mão para consegui-lo.”*

Dalai Lama

Mais uma vez você está diante de um novo desafio, que exigirá persistência, esforço e dedicação. Este caminho a ser trilhado é o mesmo para todos aqueles que buscam realizar seus sonhos e atingir seus objetivos, quer sejam eles pessoais ou profissionais. Tenham cuidado com os atalhos, pois podem ser aparentemente atrativos; entretanto, poderão trazer consequências desastrosas no futuro.

O objetivo principal desta disciplina é oportunizar a vocês, alunos de cursos técnicos da área industrial e tecnológica, conhecimentos sobre o funcionamento, estrutura, instalação, programação e aplicação de Controladores Programáveis. Esta disciplina está dividida em cinco aulas, cujas temáticas relacionam-se conforme o projeto instrucional e a ementa básica da disciplina apresentados a seguir.

Parabenizamos você, estudante, pela escolha por esta área promissora e de inovação constante, salientando nossa confiança em seu potencial, bem como a certeza de que caminharemos juntos na construção e/ou aprimoramento de sua qualificação profissional.

Marcos Daniel Zancan



# Apresentação da disciplina

A automação é uma das mais inovadoras conquistas do ser humano. Desde os primórdios, o homem utiliza a energia química dos alimentos para a manutenção de suas funções vitais, bem como na realização de trabalho através de seus músculos. Em busca da sobrevivência, o homem evoluiu, e foi descobrindo outras formas de energia disponíveis no planeta, utilizando-as em seu benefício, atendendo assim às suas necessidades.

Estas novas modalidades energéticas permitiram a mecanização de diversas atividades, reduzindo drasticamente o trabalho braçal do ser humano, exigindo, porém, atividades de gerenciamento e controle, muitas vezes extremamente monótonas e repetitivas.

Dessa forma, com o desenvolvimento da automação, o ser humano libertou-se do controle de tarefas repetitivas, passando a gerenciar e planejar atividades mais complexas, proporcionais à capacidade cognitiva do cérebro humano.

Neste contexto, os controladores programáveis constituem-se como ferramentas de fundamental importância na automação de processos industriais, sendo amplamente utilizados no controle de processos, independentemente de sua complexidade.



# Projeto instrucional

**Disciplina:** Controladores Programáveis (carga horária: 90h).

**Ementa:** Noções básicas de controladores programáveis, variáveis de entrada e saída, dispositivos de entrada e saída para CLP, instalação e programação e projetos com controladores programáveis.

AULA	OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM	MATERIAIS	CARGA HORÁRIA (horas)
1. Noções básicas de controladores programáveis	Reconhecer, através do histórico e evolução dos Controladores Lógicos Programáveis (CLP), suas aplicações e vantagens. Compreender o princípio básico de funcionamento de um CLP, identificando sua estrutura interna.	Ambiente virtual. Apostila didática. Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios, textos complementares, videoconferência.	10
2. Variáveis de entrada e saída	Reconhecer variáveis digitais e variáveis analógicas. Diferenciar as entradas e saídas digitais e analógicas de um CLP. Identificar os módulos de entrada e saídas digitais e analógicas de um CLP.	Ambiente virtual. Apostila didática. Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios, textos complementares, videoconferência.	10
3. Dispositivos de entrada e saída para CLP	Identificar e diferenciar os dispositivos para entradas e saídas analógicas e digitais de CLP. Relacionar os diferentes dispositivos de entrada/saída às diferentes estratégias de controle.	Ambiente virtual. Apostila didática. Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios, textos complementares, videoconferência.	10
4. Instalação e programação	Compreender as características de instalação de CLP, utilizando diferentes dispositivos para entradas e saídas. Reconhecer diferentes estruturas de linguagem para programação de CLP. Diferenciar funções básicas, combinadas e especiais da linguagem <i>Ladder</i> , compreendendo sua estrutura de funcionamento.	Ambiente virtual. Apostila didática. Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios, textos complementares, videoconferência.	20
5. Projetos com controladores programáveis	Aplicar os conhecimentos de controladores programáveis e linguagem de programação <i>Ladder</i> na solução de problemas de automação industrial. Desenvolver projetos práticos de automação industrial com controladores programáveis, definindo dispositivos de entrada e saída e simulando o funcionamento do programa em <i>Ladder</i> .	Ambiente virtual. Apostila didática. Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios, textos complementares, videoconferência.	40



# Aula 1 – Noções básicas de controladores programáveis

## Objetivos

Reconhecer, através do histórico e evolução dos Controladores Lógicos Programáveis (CLP), suas aplicações e vantagens.

Compreender o princípio básico de funcionamento de um CLP, identificando sua estrutura interna.

Os sistemas de controle estão presentes em praticamente todas as atividades industriais, comerciais e de serviços, sendo a base da automação de processos industriais.

Os **processos industriais** são formados por equipamentos mecânicos, elétricos, eletrônicos, hidráulicos ou pneumáticos que, através de sucessivas operações utilizando matéria-prima e energia, resultará num produto final e resíduos. Dessa forma, os controladores programáveis são vastamente empregados no controle lógico de processos, gerenciando as variáveis de entrada e, através de um programa, definindo ações de controle e operação do processo.

## 1.1 Histórico

O Controlador Programável (CP), também chamado de Controlador Lógico Programável (CLP), e, pela sigla em inglês PLC (*Programmable Logic Controller*), surgiu em função das necessidades da indústria automobilística. Os **painéis eletromecânicos** para controle lógico utilizados anteriormente dificultavam as alterações e ajustes de sua lógica de funcionamento, fazendo as montadoras gastarem mais tempo e dinheiro a cada alteração na linha de produção.



Pesquise mais sobre processos industriais, acessando:  
[http://pt.wikipedia.org/wiki/processo\\_industrial](http://pt.wikipedia.org/wiki/processo_industrial)



### **painéis eletromecânicos**

São constituídos de relés eletromecânicos, contadores, temporizadores, etc, os quais, associando seus contatos abertos e fechados, permitiam implementar lógicas de funcionamento, chamada lógica de relés. A lógica de relés ainda é utilizada atualmente, porém em circuitos de baixíssima complexidade, em que não há necessidade de alterações na lógica de funcionamento.

Desta forma, em 1968, a General Motors desenvolveu o primeiro CLP, com grande versatilidade de programação e fácil utilização, o qual vem sendo aperfeiçoado constantemente, a fim de atender suas diversas aplicações atuais em automação de processos.

## 1.2 Definição

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), o CLP é um equipamento eletrônico digital, com hardware e software compatível com as aplicações industriais.

De acordo com Associação Nacional de Fabricantes de Equipamentos Elétricos dos Estados Unidos da América (*National Electrical Manufacturers Association* – NEMA), o CLP é um aparelho eletrônico digital, que utiliza uma memória programável para armazenar internamente instruções e para implementar funções específicas, tais como lógica, sequenciamento, temporização, contagem e aritmética, controlando, por meio de módulos de entradas e saídas, vários tipos de máquinas ou processos.

## 1.3 Evolução

A evolução dos Controladores Programáveis pode ser dividida em cinco gerações.

Na 1ª geração, a programação era feita em *Assembly*, exigindo do programador o conhecimento completo do hardware do equipamento, isto é, de seus componentes eletrônicos.

Na 2ª geração, surgiram as linguagens de nível médio, com programas para converter em linguagem de máquina o programa desenvolvido pelo usuário.

Na 3ª geração, os CLPs apresentavam entradas de programação, permitindo sua conexão a teclados ou programadores portáteis.

Na 4ª geração, os CLPs apresentavam entrada para comunicação serial, possibilitando sua programação diretamente de um computador. O *software* de programação instalado no computador permitia, além da programação e transferência do programa ao CLP, testar o funcionamento do programa.

Os CLPs de 5ª geração apresentam padrões de protocolos de comunicação, facilitando a interface com outros equipamentos e também com **sistemas supervisórios**.



Pesquise mais sobre sistemas supervisórios, acessando:  
[http://www.centralmat.com.br/artigos/mais/oquesao\\_sistemassupervisorios.pdf](http://www.centralmat.com.br/artigos/mais/oquesao_sistemassupervisorios.pdf)

## 1.4 Aplicações e vantagens

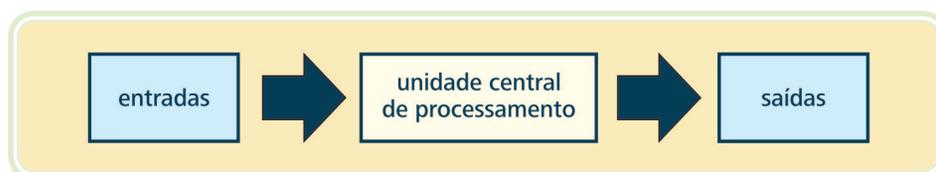
A redução do custo dos CLPs associada à diversidade de fabricantes, modelos e funções programáveis torna-os aplicáveis na automação industrial, comercial e residencial, controlando processos de micro a grande porte, desde o controle do sistema de alarme de uma residência até o controle do processo de soldagem robotizado nas linhas de produção de automóveis.

As principais vantagens dos CLPs em relação aos painéis eletromecânicos são:

- Maior confiabilidade e flexibilidade;
- Utilização de menos espaço;
- Consumo de menos energia;
- Fácil programação/reprogramação;
- Reutilizável para outros processos;
- Maior rapidez na elaboração dos projetos;
- Capacidade de comunicar-se com outros dispositivos.

## 1.5 Funcionamento

Para entendermos o funcionamento básico de um CLP, podemos dividi-lo em três partes básicas: entradas, unidade central de processamento e saídas, conforme mostra a Figura 1.1.



**Figura 1.1:** Estrutura básica de um CLP

Fonte: CTISM

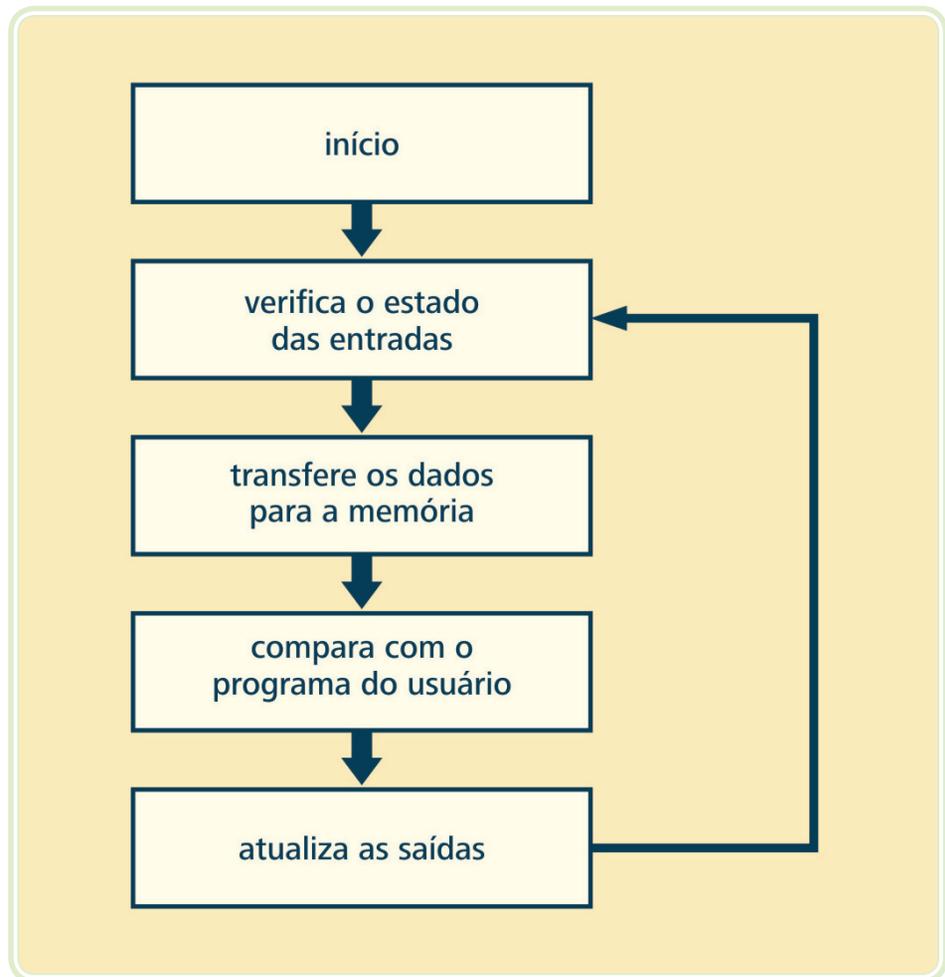
## A-Z

### elementos atuadores

São dispositivos capazes de produzir movimento, tais como cilindros hidráulicos, cilindros pneumáticos, motores elétricos, etc. Porém, além desses dispositivos, o CLP poderá controlar também cargas estáticas, tais como resistências elétricas, lâmpadas, etc.

Nas entradas do CLP são conectados os transdutores, dispositivos que informam eletricamente as variáveis do processo à Unidade Central de Processamento (CPU). Esta, por sua vez, analisa as informações de entrada, a lógica de funcionamento do processo programada pelo usuário, ativando ou desativando as saídas do CLP. As saídas do CLP são conectadas a **elementos atuadores**, dispositivos que interagem com o processo, a fim de controlá-lo.

O controle e o processamento das informações de entrada e saída é feito de forma sequencial, através de ciclos de varredura, conforme mostra a Figura 1.2.



**Figura 1.2: Ciclo de varredura de um CLP**

Fonte: CTISM

### 1.5.1 Início

Ao ligar o CLP, é verificado o funcionamento da CPU, memórias, circuitos auxiliares e existência de programa, desativando todas as saídas.

## 1.5.2 Verifica o estado das entradas

O CLP faz a leitura do estado de cada uma das entradas, verificando se alguma foi acionada. Este procedimento dura alguns micro segundos.

## 1.5.3 Transfere os dados para a memória

Após realizar a leitura do estado das entradas, o CLP armazena as informações obtidas em uma memória chamada "memória imagem das entradas e saídas". Esta memória será consultada pelo CLP durante o processamento do programa do usuário.

## 1.5.4 Compara com o programa do usuário

Ao executar o programa do usuário, o CLP consulta a memória imagem das entradas, atualizando a memória imagem das saídas, de acordo com as instruções do programa do usuário.

## 1.5.5 Atualiza as saídas

Após atualizar a memória imagem das saídas, o CLP atualiza as interfaces ou módulos de saída, iniciando então um novo ciclo de varredura.

## 1.6 Estrutura interna de um CLP

O CLP é um dispositivo microprocessado, constituído por um microprocessador ou um 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, conforme mostra a Figura 1.3.

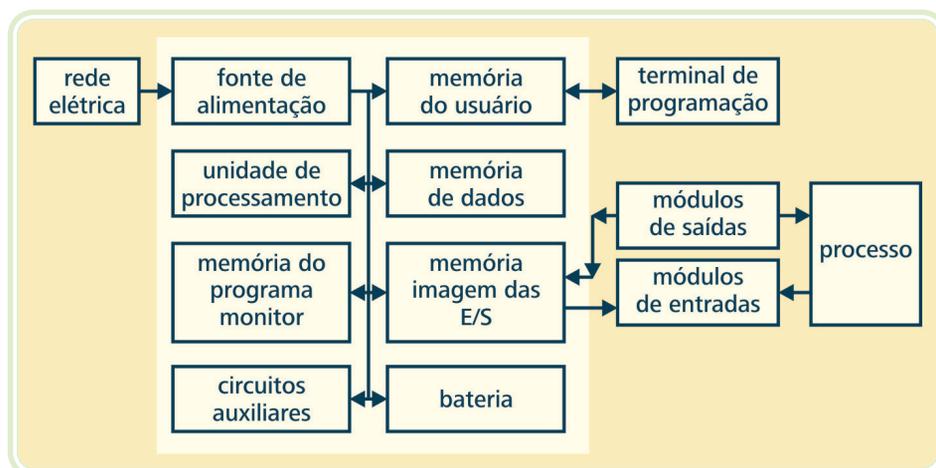


Figura 1.3: Estrutura interna de um CLP

Fonte: CTISM



A diferença básica entre **microprocessador** e **microcontrolador** é que o microprocessador consiste no elemento central de processamento, necessitando, para seu funcionamento, componentes adicionais, tais como memórias. Já o microcontrolador possui todas estas funcionalidades integradas num único *chip*.

### 1.6.1 Fonte de alimentação

A fonte de alimentação de um CLP tem por finalidade converter a tensão de alimentação (110 a 220 Vca) para a tensão de alimentação dos circuitos eletrônicos (5 Vcc para o microprocessador, memórias e circuitos auxiliares e 12 Vcc para comunicação com o programador ou computador), bem como manter a carga da bateria e fornecer tensão para alimentação das entradas e saídas (12 ou 24 Vcc).

### 1.6.2 Unidade de processamento

A CPU é responsável pelo funcionamento lógico de todos os circuitos. Em CLP modulares, a CPU geralmente está contida em apenas uma placa separada das demais. Já em CLP de menor porte, a CPU e os demais circuitos geralmente estão contidos numa mesma placa.

### 1.6.3 Bateria

A bateria utilizada em CLP tem por finalidade manter a alimentação do circuito do relógio de tempo real e manter parâmetros ou programas (quando utilizar memória do tipo RAM), mesmo em falta de energia elétrica.



Pesquise mais sobre os diferentes tipos de memórias, acessando:  
[http://pt.wikipedia.org/wiki/mem%C3%B3ria\\_\(computador\)](http://pt.wikipedia.org/wiki/mem%C3%B3ria_(computador))

### 1.6.4 Memória do programa monitor

O programa monitor é responsável pelo funcionamento geral do CLP, gerenciando todas as atividades do CLP. Este programa não pode ser alterado pelo usuário, sendo armazenado em memórias do tipo PROM, EPROM ou EEPROM, e funciona de forma semelhante ao sistema operacional dos computadores.

### 1.6.5 Memória do usuário

Nesta memória é armazenado o programa desenvolvido pelo usuário, o qual pode ser alterado, tornando flexível a programação. Este programa geralmente é armazenado em memórias do tipo RAM, EPROM, EEPROM E FLASH-EPROM, cuja capacidade varia de acordo com a marca e o modelo de CLP.

### 1.6.6 Memória de dados

Tem por finalidade armazenar os dados do programa do usuário, tais como valores de temporizadores, contadores, senhas, etc. Geralmente, a memória de dados utiliza partes da memória RAM do CLP.

### 1.6.7 Memória imagem das entradas e saídas

Esta memória armazena informações dos estados das entradas e saídas do CLP, funcionando como uma tabela onde a CPU buscará informações durante o processamento do programa de usuário.

### 1.6.8 Circuitos auxiliares

São circuitos responsáveis pela proteção de falhas na operação do CLP, tais como:

- Evitar o acionamento indevido das saídas quando da energização do CLP;
- Evitar perda de informações em caso de desenergização do CLP;
- Evitar erros de processamento, identificando falhas no microprocessador e emitindo informações de erro.

### 1.6.9 Módulos de entradas e saídas

São circuitos de interface destinados a adequar eletricamente os sinais de entrada, a fim de que sejam processados pela CPU, bem como adequar eletricamente os sinais de saída, a fim de que possam atuar nos dispositivos controlados pelo CLP.

## 1.7 Classificação dos CLP

Geralmente os CLPs são classificados de acordo com sua capacidade de entradas/saídas:

- Micro CLP: possui até 16 entradas/saídas, geralmente num único módulo.
- CLP de médio porte: possui até 256 entradas/saídas, podendo ser formado por um módulo básico que pode ser expandido.
- CLP de grande porte: possui até 4096 entradas/saídas, de construção modular, cuja configuração e agrupamento dos módulos são definidos em função das necessidades do processo.

## Resumo

Nessa aula, identificamos a origem e evolução dos CLP, reconhecendo suas principais aplicações e vantagens no controle de processos. Compreendemos também o princípio básico de funcionamento de um CLP, identificando os componentes de sua estrutura interna.



## Atividades de aprendizagem

1. Como pode ser definido um CLP?
2. Diferencie as cinco gerações da evolução dos CLP.
3. Cite as principais aplicações e vantagens do uso de CLP.
4. Descreva o princípio básico de funcionamento de um CLP.
5. Cite os principais componentes da estrutura interna de um CLP.
6. Como são classificados os CLP?

# Aula 2 – Variáveis de entrada e saída

## Objetivos

Reconhecer variáveis digitais e variáveis analógicas.

Diferenciar as entradas e saídas digitais e analógicas de um CLP.

Identificar os módulos de entrada e saídas digitais e analógicas de um CLP.

Num processo estão presentes variáveis digitais (discretas) e variáveis analógicas. Entende-se por variável analógica aquela que varia continuamente em função do tempo, como, por exemplo, a temperatura de uma sala, a qual pode assumir qualquer valor dentro de uma determinada faixa. Já as variáveis digitais assumem situações binárias, como, por exemplo, motor ligado ou desligado, presença de uma pessoa ou não.

Para que um CLP, através de um programa, controle adequadamente um determinado processo, é necessário que o mesmo possua dispositivos de entrada/saída compatíveis com as variáveis do processo e com as estratégias de controle desejadas.

## 2.1 Entradas digitais

Apesar das variáveis físicas, tais como temperatura, pressão, força, massa, etc, terem comportamento analógico, a maioria dos processos são controlados através de informações digitais, provindas de **sensores**, botoeiras, chaves fim de curso, termostatos, pressostatos, etc, tornando as entradas digitais as mais presentes e as mais utilizadas em CLPs.

As entradas digitais de um CLP estão aptas a identificar a presença ou não de um sinal elétrico provindo de um determinado dispositivo, dentro de uma determinada faixa de valores, reconhecendo a presença do sinal, mas não sua amplitude. Os valores de tensão mais utilizados em entradas digitais são 24 Vcc e 110 a 220 Vca.



Observe que as variáveis analógicas de um processo podem ser controladas por informações digitais, dependendo das necessidades do processo. Por exemplo, podemos utilizar um CLP para controlar a temperatura de uma sala, medindo a temperatura através de um termostato. Quando a temperatura da sala ultrapassar a ajustada no termostato, este comuta seus contatos auxiliares, enviando um sinal à entrada do CLP. Note que o CLP não recebe continuamente a informação da variação da temperatura, mas sim apenas um sinal elétrico informando quando esta ultrapassou o valor de ajuste.

## A-Z

### sensores

São dispositivos que convertem uma grandeza física de qualquer espécie em outro sinal, não necessariamente elétrico. Os elementos sensores são denominados transdutores quando convertem a grandeza de entrada num sinal elétrico.

Para que a CPU possa interpretar corretamente as informações elétricas que chegam às entradas digitais, o CLP dispõe de módulos de entrada, responsáveis pela adequação elétrica dos sinais. A Figura 2.1 mostra exemplos de módulos de entradas digitais.

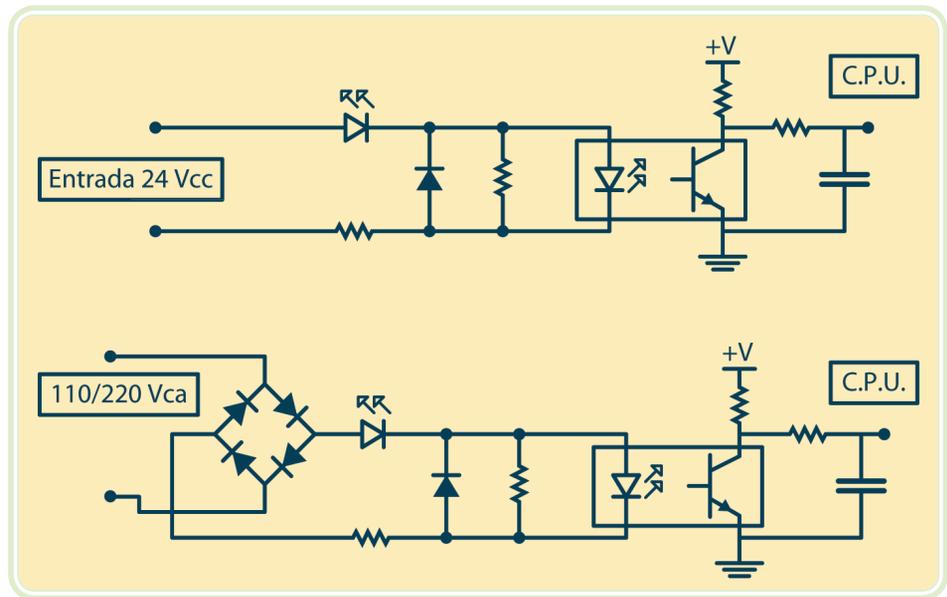


Figura 2.1: Módulos de entradas digitais

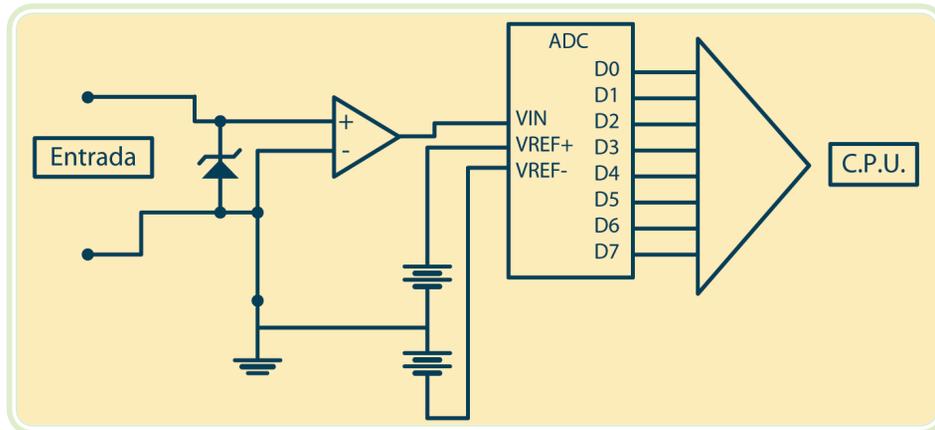
Fonte: CTISM



Saiba mais sobre conversores de sinais analógicos para digitais (ADC):  
[http://pt.wikipedia.org/wiki/conversor\\_anal%C3%BAgico-digital](http://pt.wikipedia.org/wiki/conversor_anal%C3%BAgico-digital)

## 2.2 Entradas analógicas

As entradas analógicas de um CLP são geralmente empregadas em processos que exigem um controle mais preciso, identificando e atualizando a cada varredura o valor instantâneo da variável de entrada. As principais variáveis físicas medidas por entradas analógicas são temperatura e pressão. Para isso, são utilizados dispositivos, tais como sensores de pressão e termopares, que convertem as variáveis físicas em sinais elétricos proporcionais, cujas amplitudes são reconhecidas pelas entradas analógicas do CLP. Esses sinais elétricos podem ser de tensão ou corrente, cuja faixa de valores mais utilizada é, respectivamente, 0 a 10 Vcc e 4 mA a 20 mA. A Figura 2.2 mostra um exemplo de módulo de entrada analógica de tensão, o qual utiliza um **conversor de sinais analógicos para digitais (ADC)**.

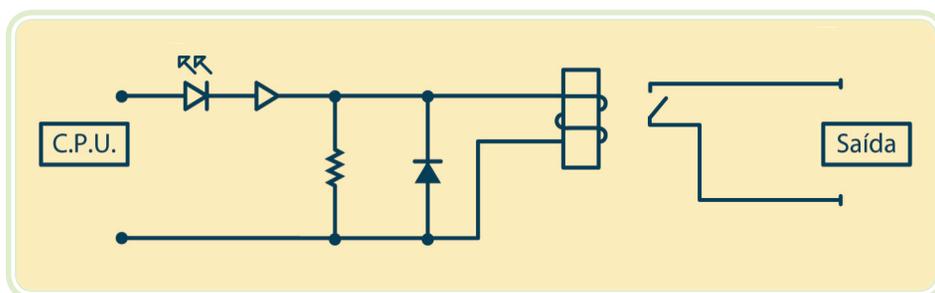


**Figura 2.2: Módulos de entradas analógicas**  
 Fonte: CTISM

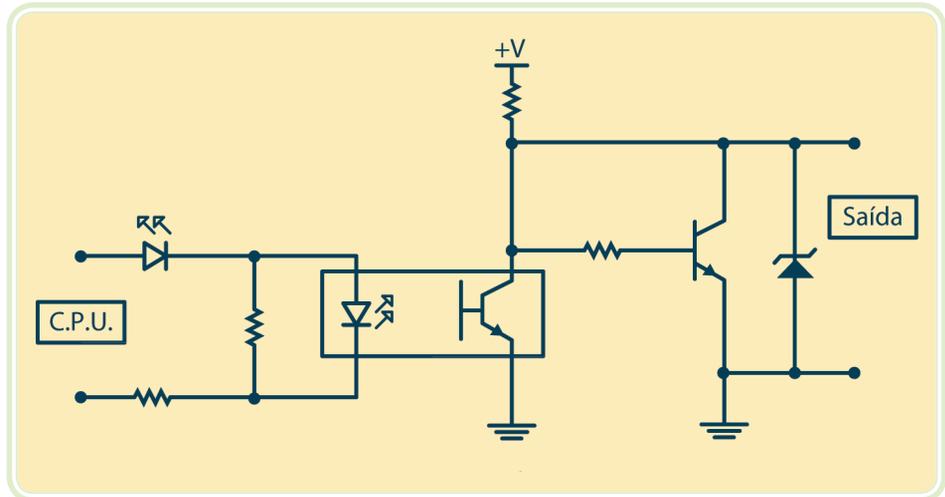
## 2.3 Saídas digitais

As saídas digitais são as mais utilizadas em CLPs devido à sua simplicidade, uma vez que estas poderão assumir somente duas situações, acionada e desacionada. Quando uma saída digital está acionada, esta se comporta como uma chave fechada, energizando o dispositivo atuador. Quando uma saída digital está desacionada, esta se comporta como uma chave aberta, desenergizando o dispositivo atuador.

A comutação das saídas poderá ser à transistor ou à relé, aplicando no dispositivo atuador a tensão fornecida à saída, geralmente 24 Vcc, 127 Vca ou 220 Vca. A Figura 2.3 mostra exemplos de módulo de saída digital à relé e a Figura 2.4 mostra exemplo de módulo de saída digital a transistor.



**Figura 2.3: Módulo de saída digital à relé**  
 Fonte: CTISM



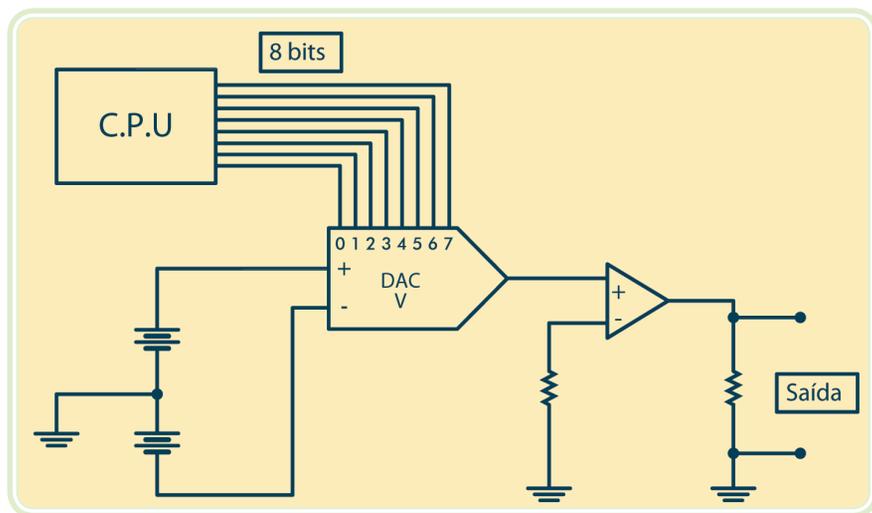
**Figura 2.4: Módulo de saída digital a transistor**  
 Fonte: CTISM



Saiba mais sobre conversores de sinais digitais para analógicos (DAC):  
[http://pt.wikipedia.org/wiki/conversor\\_digital-anal%3%b3gico](http://pt.wikipedia.org/wiki/conversor_digital-anal%3%b3gico)

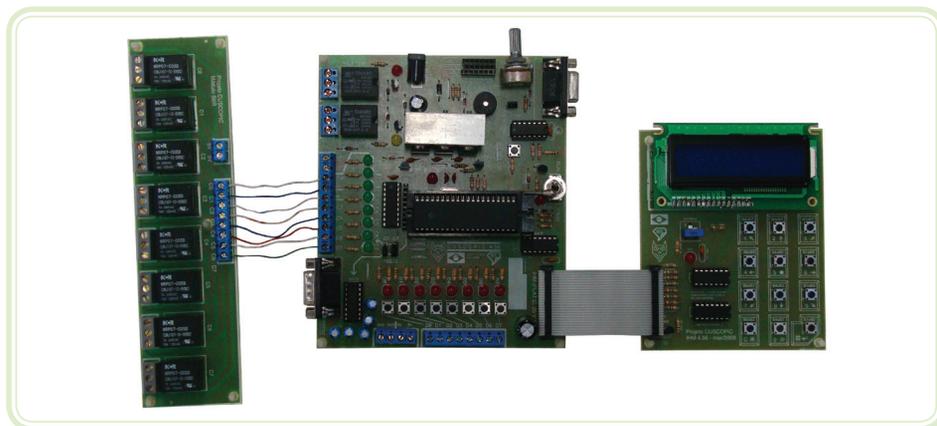
## 2.4 Saídas analógicas

As saídas analógicas de um CLP são geralmente utilizadas em processos que exigem um controle mais preciso, ajustando o funcionamento dos atuadores às necessidades do processo. Os sinais elétricos das saídas analógicas poderão ser de tensão ou corrente, cuja faixa de valores mais utilizada é, respectivamente, 0 a 10 Vcc e 4 mA a 20 mA. Dessa forma, os atuadores receberão das saídas analógicas sinais elétricos variáveis, não apenas energizando os equipamentos, mas, principalmente, definindo a intensidade de sua atuação no processo. A Figura 2.5 mostra um exemplo de módulo de saída analógica de tensão, o qual utiliza um **conversor de sinal digital para analógico** (DAC).



**Figura 2.5: Módulo de saída analógica**  
 Fonte: CTISM

A Figura 2.6 mostra a placa do circuito eletrônico de um micro CLP comercial, no qual podemos observar, em sua parte inferior, os terminais de entradas digitais, com chaves tácteis e conectores; em sua esquerda, os terminais de saídas digitais ligados a uma placa de relés; na parte superior, os terminais de entradas analógicas (ao lado do potenciômetro) e, no centro, o microprocessador. O sistema é completado por uma placa IHM (interface homem-máquina), instalada à direita da placa principal através de cabo *flat*, com teclado para entrada de dados e comandos e *display* LCD, para visualização de dados e comandos.



**Figura 2.6: Circuito eletrônico de um micro CLP comercial**

Fonte: CTISM

## Resumo

Nessa aula, reconhecemos as variáveis digitais e analógicas de um processo, diferenciando as entradas e saídas digitais e analógicas de um CLP. Identificamos, também, os módulos de entrada e saída digitais e analógicas, os quais permitem ao CLP a correta interpretação das variáveis do processo.

## Atividades de aprendizagem

1. Conceitue variável digital e variável analógica.
2. Diferencie entrada digital e entrada analógica.
3. Diferencie saída digital e saída analógica.
4. Qual a finalidade dos módulos de entrada e saída que integram os CLP? Cite alguns tipos.





# Aula 3 – Dispositivos de entrada e saída para CLP

## Objetivos

Identificar e diferenciar os dispositivos para entradas e saídas analógicas e digitais de CLP.

Relacionar os diferentes dispositivos de entrada/saída às diferentes estratégias de controle.

Dependendo das características, aplicações e classificações dos CLP's, estes poderão possuir entradas e saídas compatíveis com diversos dispositivos, visando identificar adequadamente as variáveis do processo, bem como atuar no mesmo.



Nesta aula serão apresentados os principais dispositivos de entrada e saída para CLP, exemplificando aplicações práticas.

## 3.1 Dispositivos para entradas digitais

Os dispositivos para entradas digitais deverão fornecer às entradas digitais do CLP informações elétricas binárias correspondentes a dois níveis diferentes de tensão, respeitando as especificações de valores do CLP. Como exemplo, podemos ter 0 Vcc para baixo nível (desativada) e 24 Vcc para alto nível (ativada).

Como exemplo de dispositivos para entradas digitais, temos os interruptores, botoeiras, chaves fim de curso, termostatos, pressostatos, sensores digitais capacitivos, indutivos e fotoelétricos, etc, conforme mostra a Figura 3.1.



Visando facilitar aplicações envolvendo lógica de operação, os dispositivos para entradas digitais são compostos de contatos normalmente abertos (NA) e contatos normalmente fechados (NF). A nomenclatura e representação gráfica correspondem à situação de repouso. Dessa forma, considerando um botão pulsante com 1 contato NA e 1 contato NF, ao apertarmos o botão, seu contato NA se fecha e seu contato NF se abre. Ao retirarmos o dedo do botão pulsante, seus contatos voltam à posição de repouso.



Figura 3.1: Dispositivos para entradas digitais: (1) interruptor; (2) botoeira; (3) chave fim de curso; (4) termostato; (5) pressostato; (6) sensor indutivo

Fonte: CTISM



### 3.1.1 Aplicação prática

Consideremos um CLP controlando o funcionamento de um elevador de carga. Neste sistema existem botoeiras para chamar o elevador e para enviar a carga para outro andar, bem como chaves fim de curso, para detectar a posição do elevador em cada andar. Dessa forma, considerando os contatos das botoeiras e chaves fim de curso normalmente abertos (NA), se pressionarmos as botoeiras, ou o elevador tocar nas chaves fim de curso, o CLP receberá um sinal elétrico correspondente à amplitude da tensão que alimenta o circuito de entrada. Esta informação elétrica é interpretada pelo CLP, em função do programa, como uma solicitação para subir/descer o elevador ou parar em determinado andar.

## 3.2 Dispositivos para entradas analógicas

Os dispositivos para entradas analógicas deverão ser compatíveis com as entradas analógicas do CLP, em relação ao tipo de sinal (corrente ou tensão) e a faixa de valores deste sinal, fornecendo ao CLP sinais elétricos variáveis, proporcionais à variação da grandeza física que está sendo medida.



Informações sobre o princípio de funcionamento dos termopares:  
<http://pt.wikipedia.org/wiki/termopar>

Como exemplo de dispositivos para entradas analógicas temos os potenciômetros, sensores de pressão, sensores de vazão, sensores de distância, **termopares**, etc., conforme mostra a Figura 3.2.



**Figura 3.2: Dispositivos para entradas analógicas: (1) potenciômetro; (2) sensor de pressão; (3) termopar; (4) sensor de vazão; (5) sensor de distância**

Fontes: (1) CTISM

(2) [http://www.automacoes.com/2008\\_11\\_01\\_archive.html](http://www.automacoes.com/2008_11_01_archive.html)

(3) [http://www.zurichpt.com.br/?pagina=produtos2.php&categoria\\_id=27&categoria\\_nome=Sensores%20de%20Temperatura](http://www.zurichpt.com.br/?pagina=produtos2.php&categoria_id=27&categoria_nome=Sensores%20de%20Temperatura)

(4) [http://www.tecnicaindustrial.net/Medidor\\_de\\_vazao\\_por\\_turbina\\_tangencial.htm](http://www.tecnicaindustrial.net/Medidor_de_vazao_por_turbina_tangencial.htm)

(5) <http://shop.di-el.de/shop/navigation>

### 3.2.1 Aplicação prática

Consideremos um CLP controlando a temperatura de uma sala. Se utilizarmos um termostato regulado para 20°C acoplado a uma entrada digital, o CLP terá apenas duas informações de temperatura (abaixo de 20°C ou acima de 20°C), o que permite a utilização da estratégia de controle *on-off*, mas não permite a utilização de estratégias de controle mais sofisticadas como proporcional, integral ou derivativa. Porém, se utilizarmos um termopar acoplado a uma entrada analógica, o CLP receberá informações instantâneas da temperatura, interpretando, além do valor atual, a intensidade das variações. Isto permite um controle mais preciso da temperatura, onde, dependendo das saídas do CLP, poderão ser utilizadas estratégias de controle proporcional, integral ou derivativa.



### 3.3 Dispositivos para saídas digitais

Como as saídas digitais comportam-se como chaves abertas ou fechadas, podemos utilizá-las para comutar um circuito elétrico com tensão compatível com os terminais do CLP e com os equipamentos elétricos conectados à saída, acionando-os ou desacionando-os. Entretanto, o CLP é um equipamento lógico, projetado para acionar pequenas cargas elétricas, geralmente dispositivos eletromecânicos ou eletrônicos de acionamentos, tais como **contatores**, lâmpadas de sinalização, *soft-starters*, válvulas eletro-hidráulicas ou eletro-pneumáticas, etc, capazes de acionar cargas elétricas de maior potência, como mostra a Figura 3.3.

#### A-Z

##### contator

É um dispositivo eletromecânico que permite, a partir de um circuito de comando, efetuar o acionamento de cargas elétricas em circuitos de potência. São constituídos de uma bobina, mola e contatos. A bobina é responsável pela produção de força magnética capaz de comutar os contatos. Com a bobina desenergizada, a mola reestabelece as condições de repouso dos contatos. O contator possui contatos de força (para o circuito de potência) e auxiliares (para a lógica de comando). Os contatos de força são do tipo NA, enquanto que os auxiliares podem ser do tipo NA ou NF.



Figura 3.3: Dispositivos para saídas digitais: (1) contator; (2) *soft-starter*; (3) lâmpadas de sinalização; (4) válvula eletrohidráulica

Fonte: CTISM

#### 3.3.1 Aplicação prática

Consideremos um CLP controlando o funcionamento de um sistema de bombeamento d'água. Este sistema possui sensores de nível, motobomba principal, motobomba reserva e lâmpadas de sinalização que indicam caixa d'água vazia e motobomba reserva em funcionamento. Para o acionamento dos motores são utilizados contatores; já as lâmpadas de sinalização são acionadas diretamente pelo CLP. Note que os equipamentos elétricos controlados pelo CLP (motobombas e lâmpadas) possuem somente dois estados operacionais diferentes (ligados ou desligados), em função de suas caracte-

terísticas. Dessa forma, as saídas digitais do CLP manterão ligados ou desligados os contadores responsáveis pela partida dos motores, bem como as lâmpadas de sinalização, caracterizando a estratégia de controle *on-off*.

### 3.4 Dispositivos para saídas analógicas

Os dispositivos para saídas analógicas recebem do CLP sinais elétricos variáveis, de tensão ou corrente, controlando a atuação de um equipamento elétrico. Como exemplo, temos o controle de temperatura, controle de nível, controle de rotação de motores elétricos, etc. Para isto, são necessários circuitos ou equipamentos eletrônicos auxiliares que recebem a informação analógica do CLP, atuando diretamente no funcionamento dos equipamentos elétricos, como, por exemplo, um conversor de frequência, equipamento eletrônico destinado ao controle de rotação de motores de indução. A Figura 3.4 mostra um conversor de frequência.



**Figura 3.4: Conversor de frequência**

Fonte: CTISM



Pesquise mais sobre motor de indução, acessando: [http://pt.wikipedia.org/wiki/motor\\_de\\_indu%C3%A7%C3%A3o](http://pt.wikipedia.org/wiki/motor_de_indu%C3%A7%C3%A3o)

Assista a um filme demonstrando o funcionamento e programação de um CLP comercial: <http://www.youtube.com/watch?v=rmatm5mwxqs&feature=related>

Pesquise mais sobre o conversor de frequência, acessando: [http://pt.wikipedia.org/wiki/conversor\\_de\\_frequ%C3%Aancia](http://pt.wikipedia.org/wiki/conversor_de_frequ%C3%Aancia)

### 3.4.1 Aplicação prática

Consideremos um CLP controlando a rotação de uma esteira transportadora acionada por um motor elétrico de indução. O acionamento do motor é realizado através de um inversor de frequência. Dessa forma, se o CLP enviar um sinal elétrico variável de 0 a 10 Vcc ao conversor de frequência, este, em função da parametrização escolhida, ajustará a velocidade do motor de um valor mínimo a um valor máximo, em resposta à solicitação do CLP.

### Resumo

Nessa aula, identificamos e diferenciamos os dispositivos para entradas e saídas analógicas e digitais de CLP. Isso permitiu relacionar os diferentes dispositivos de entradas e saídas às diferentes estratégias de controle, contextualizando suas aplicações práticas.



### Atividades de aprendizagem

1. Qual a finalidade dos dispositivos de entradas e saídas?
2. Diferencie dispositivos para entradas digitais e para entradas analógicas.
3. Diferencie dispositivos para saídas digitais e para saídas analógicas.
4. Cite aplicações práticas para utilização de dispositivos para entradas e saídas digitais e analógicas.

# Aula 4 – Instalação e programação

## Objetivos

Compreender as características de instalação de CLP, utilizando diferentes dispositivos para entradas e saídas.

Reconhecer diferentes estruturas de linguagem para programação de CLP.

Diferenciar funções básicas, combinadas e especiais da linguagem *Ladder*, compreendendo sua estrutura de funcionamento.

Os fabricantes de CLPs, em seus manuais técnicos, orientam quanto às características de instalação e programação dos CLPs comercializados. Em função dos fabricantes, modelos, classificações e aplicações, poderão existir diferenças significativas nas instruções de instalação e programação.

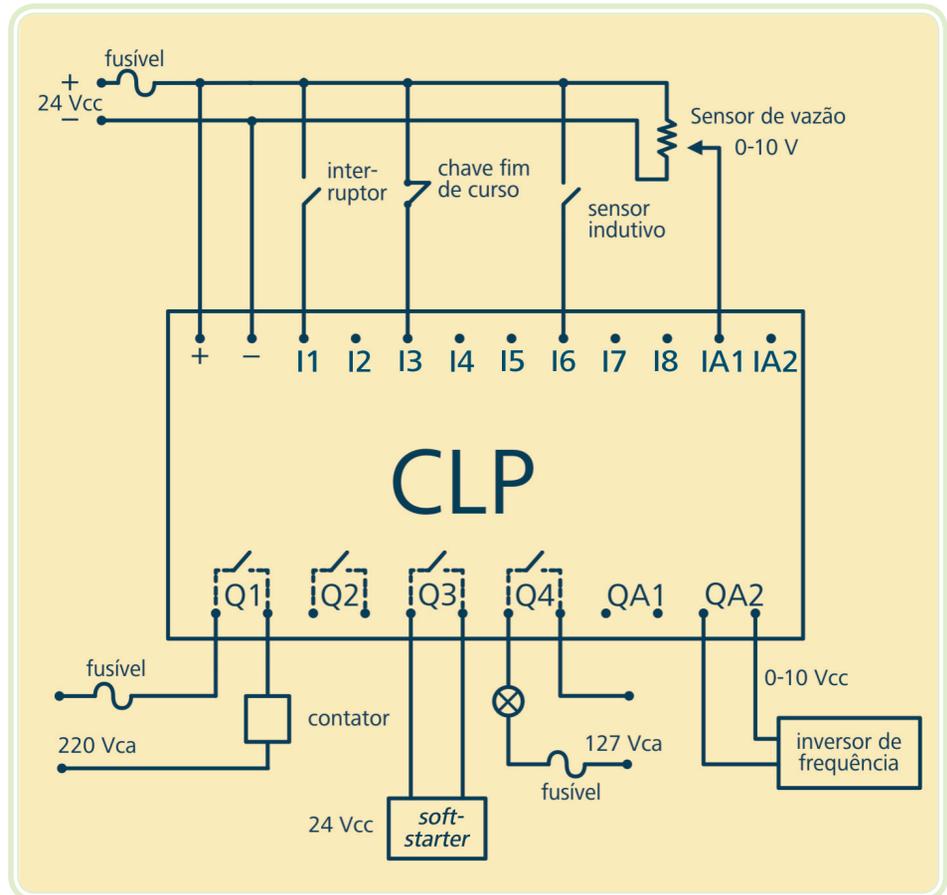


Nesta aula será apresentado um modelo genérico de instalação do CLP, bem como as características básicas da linguagem de programação mais utilizada em CLPs, denominada linguagem *Ladder*.

## 4.1 Instalação

Para o entendimento de um modelo genérico de instalação de um CLP, consideremos um CLP com alimentação em 24 Vcc que possui 8 entradas digitais, 2 entradas analógicas de 0 a 10 V, 4 saídas digitais à relé e 2 saídas analógicas de 0 a 10 V.

Note, na Figura 4.1, que estão sendo utilizadas 3 entradas digitais, 1 entrada analógica, 3 saídas digitais e 1 saída analógica.



**Figura 4.1: Modelo genérico de instalação de um CLP**

Fonte: CTISM

Em relação à Figura 4.1, podemos fazer as seguintes observações:

- a) Poderá ser utilizada uma quantidade inferior de entradas/saídas disponíveis. Não há ordem no uso das mesmas, sendo que o programa definirá quais serão utilizadas.
- b) As entradas digitais I1, I3 e I6 receberão 0 V (baixo nível) ou 24 V (alto nível), dependendo do estado aberto ou fechado dos contatos correspondentes ao interruptor, chave fim de curso e sensor indutivo. Note que está sendo utilizado um contato normalmente aberto (NA) do interruptor e do sensor indutivo, e um contato normalmente fechado (NF) da chave fim de curso. Isto significa que, para as entradas I1 e I6 ficarem em alto nível, deverá ser pressionado o interruptor ou aproximada uma peça metálica do sensor, respectivamente. Em relação à chave fim de curso, está sendo utilizado um contato NF, o que significa que a entrada I3 está constantemente em alto nível, deixando de estar somente quando alguma peça tocar a chave fim de curso.

- c) A entrada analógica IA1 recebe do sensor de vazão um sinal que poderá variar de 0 V a 10 Vcc, correspondente aos limites de vazão do dispositivo. Este sinal de tensão é recebido pelo CLP em apenas um terminal, tendo como referência o terminal negativo da fonte de alimentação.
- d) As saídas digitais à relé comutam independentemente, acionando os circuitos elétricos a elas conectados. Note que a saída Q1, quando fechada, alimenta um contator com tensão 220 Vca. Já a saída Q3 recebe um sinal 24 Vcc de um soft-starter, e, quando fechada, devolve este sinal ao *soft-starter*, o que corresponde a uma solicitação do CLP. Já a saída Q4 alimenta uma lâmpada de sinalização com tensão de 127 Vca.
- e) A saída analógica QA2 produz um sinal que poderá variar de 0 a 10 Vcc, o qual é recebido por um conversor de frequência, que controla a rotação de um motor de indução em função das informações provenientes do CLP.
- f) Como a função principal de um CLP é o controle lógico de um processo, suas saídas possuem limitação de potência. É importante consultar a capacidade máxima de tensão e corrente das saídas, fornecidas pelo fabricante, utilizando sempre dispositivos auxiliares para o acionamento de equipamentos elétricos de potência.

## 4.2 Programação

A programação de um CLP está diretamente relacionada à configuração de instalação. Portanto, o primeiro passo é definir as entradas e saídas que serão utilizadas no processo, bem como os dispositivos a elas conectados. Após isto, a implementação de um programa poderá ser iniciada, a qual, utilizando-se de lógica combinacional e sequencial, relacionará as informações de entrada resultando em ações de saída.

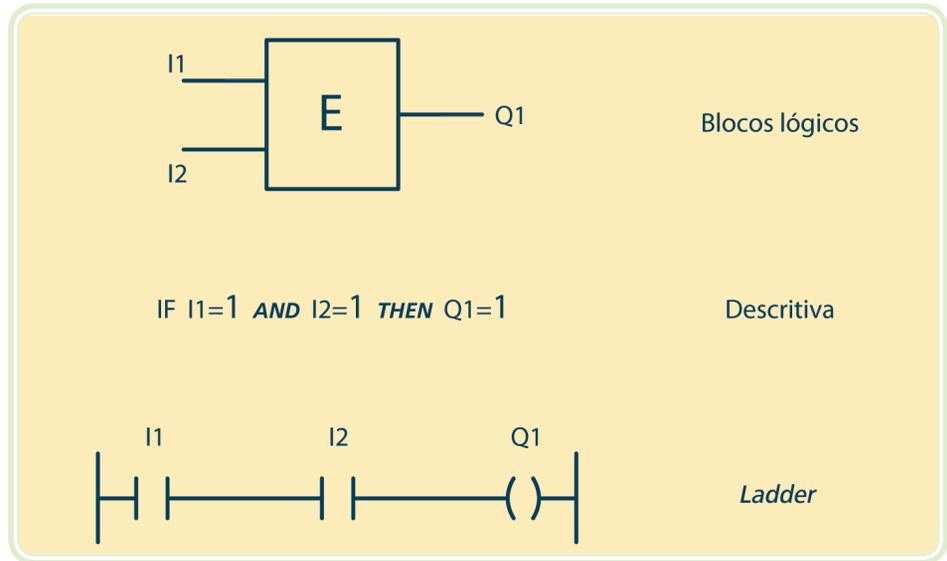
Existem diversas linguagens de programação para CLP, as quais, utilizando um conjunto de símbolos, blocos, figuras, comandos, etc, permitem ao programador manifestar as relações entre as entradas e saídas do CLP.

Na atual geração de CLP, são empregadas linguagens de alto nível, que possuem uma série de instruções de programação pré-definidas. Isto aproxima as linguagens de alto nível da linguagem humana, facilitando assim o trabalho do programador. As chamadas linguagens de programação de baixo nível, ou em linguagem de máquina, exigem maior habilidade do programador, o qual necessitará de uma boa compreensão do hardware do equipamento, programando bit a bit, como é o caso da **linguagem assembly**.



Pesquise mais sobre a linguagem *assembly*, acessando:  
[http://pt.wikipedia.org/wiki/linguagem\\_de\\_programa%C3%A7%C3%A3o\\_de\\_baixo\\_n%C3%ADvel](http://pt.wikipedia.org/wiki/linguagem_de_programa%C3%A7%C3%A3o_de_baixo_n%C3%ADvel)

A Figura 4.2 mostra a estrutura de três linguagens de alto nível diferentes, utilizadas em programação de CLP (blocos lógicos, descritiva e *Ladder*). Observe que ambas apresentam o mesmo programa, onde a saída digital Q1 estará fechada somente se as entradas digitais I1 e I2 estiverem em alto nível ao mesmo tempo.



**Figura 4.2: Estrutura de diferentes linguagens de programação**

Fonte: CTISM

Note que a linguagem *Ladder* reproduz a estrutura de um diagrama elétrico, na qual a combinação de contatos abertos, correspondentes às entradas, permitirá energizar uma determinada carga, que corresponde à saída.

Em função da proximidade da linguagem *Ladder* com a lógica de relés, amplamente utilizada antes do surgimento dos CLP, essa tornou-se uma das linguagens mais empregadas pelos fabricantes de CLP.

### 4.2.1 Funções básicas em *Ladder*

As funções básicas ou fundamentais na linguagem *Ladder* são:

- a) Função *NA*: normalmente aberto (em inglês *NO*);
- b) Função *NF*: normalmente fechado (em inglês *NC*);
- c) Função *E* (em inglês *AND*);
- d) Função *OU* (em inglês *OR*).

### 4.2.1.1 Função NA

A Figura 4.3 mostra a função NA em *Ladder*, bem como o circuito elétrico e lógica digital correspondente.

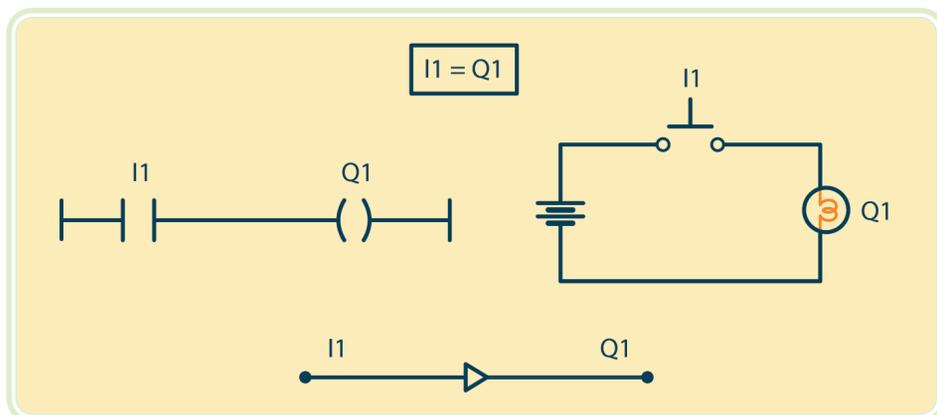


Figura 4.3: Função NA

Fonte: CTISM

Observe que, na função NA, o estado da saída digital é idêntico ao da entrada digital. Assim, quando I1 estiver em alto nível, a saída Q1 estará ativada; e, quando I1 estiver em baixo nível, a saída Q1 estará desativada. A Figura 4.4 mostra o circuito de instalação do CLP para o programa da Figura 4.3.

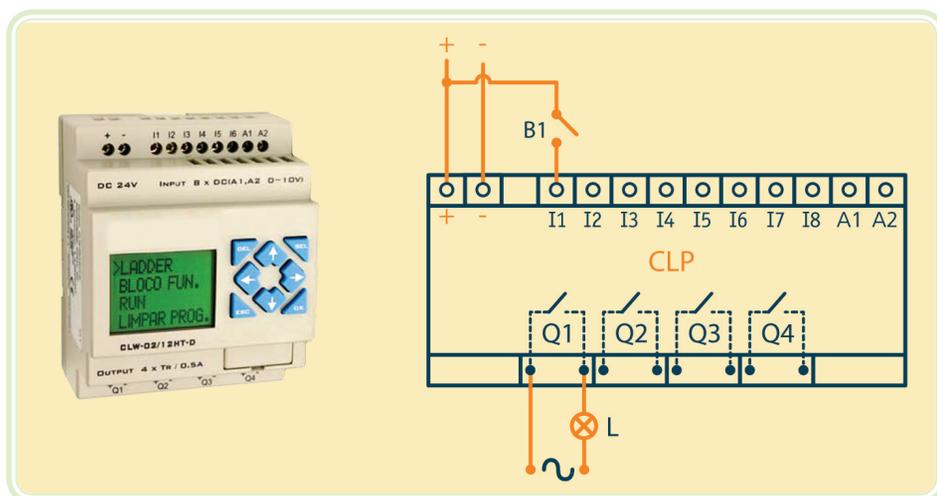
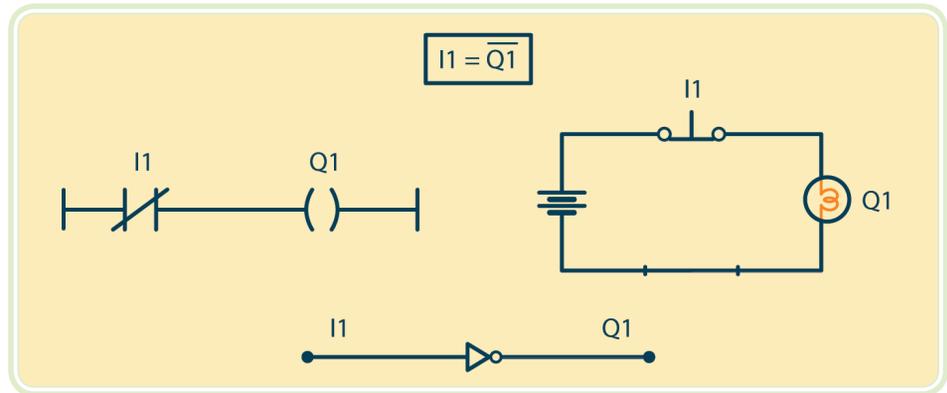


Figura 4.4: Circuito de instalação: função NA e NF

Fonte: CTISM

### 4.2.1.2 Função NF

A Figura 4.5 mostra a função NF em *Ladder*, bem como o circuito elétrico e lógica digital correspondente.



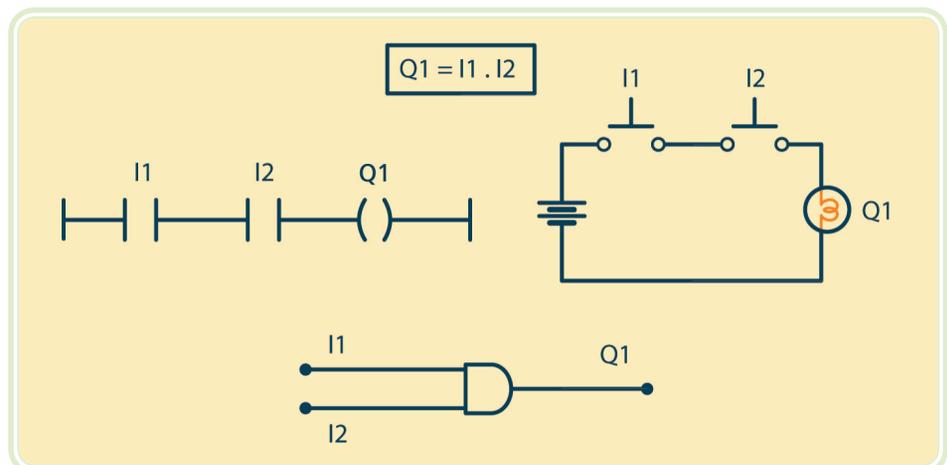
**Figura 4.5: Função NF**

Fonte: CTISM

Observe que, na função NF, o estado da saída digital é inverso ao da entrada digital. Assim, quando I1 estiver em alto nível, a saída Q1 estará desativada; e, quando I1 estiver em baixo nível, a saída Q1 estará ativada. A Figura 4.4 mostra o circuito de instalação do CLP que também é aplicado no programa da Figura 4.5.

#### 4.2.1.3 Função E

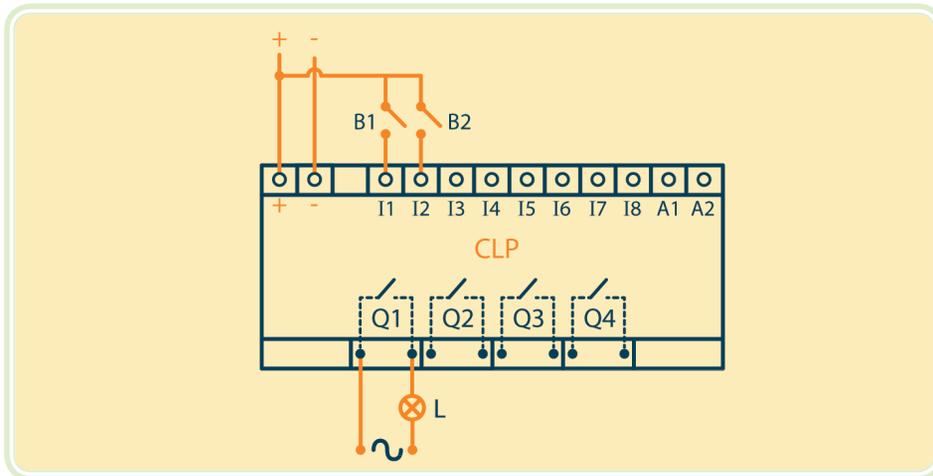
A Figura 4.6 mostra a função E em *Ladder*, bem como o circuito elétrico e lógica digital correspondente.



**Figura 4.6: Função E**

Fonte: CTISM

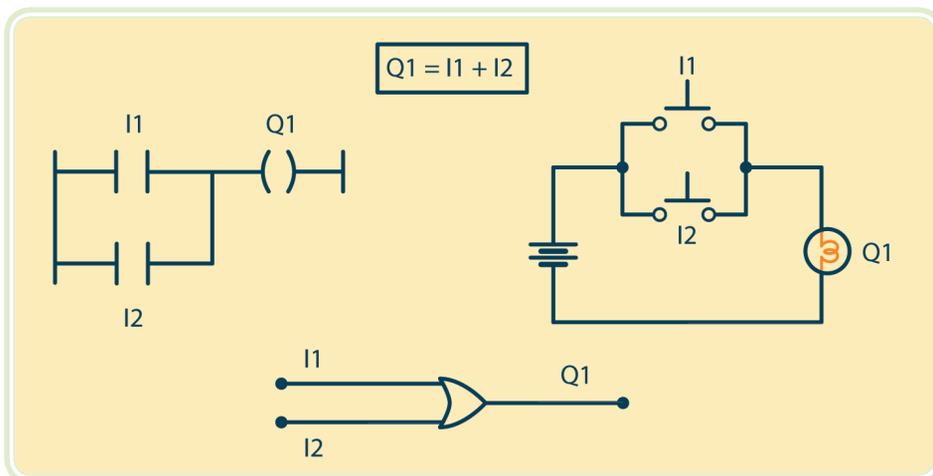
Observe que, na função E, o estado da saída digital depende da combinação das entradas digitais. Assim, quando I1 e I2 estiverem simultaneamente em alto nível, a saída Q1 estará ativada; e, quando qualquer uma das entradas, ou ambas, estiverem em baixo nível, a saída Q1 estará desativada. A Figura 4.7 mostra o circuito de instalação do CLP para o programa da Figura 4.6.



**Figura 4.7: Circuito de instalação: função E**  
 Fonte: CTISM

#### 4.2.1.4 Função OU

A Figura 4.8 mostra a função OU em *Ladder*, bem como o circuito elétrico e lógica digital correspondente.



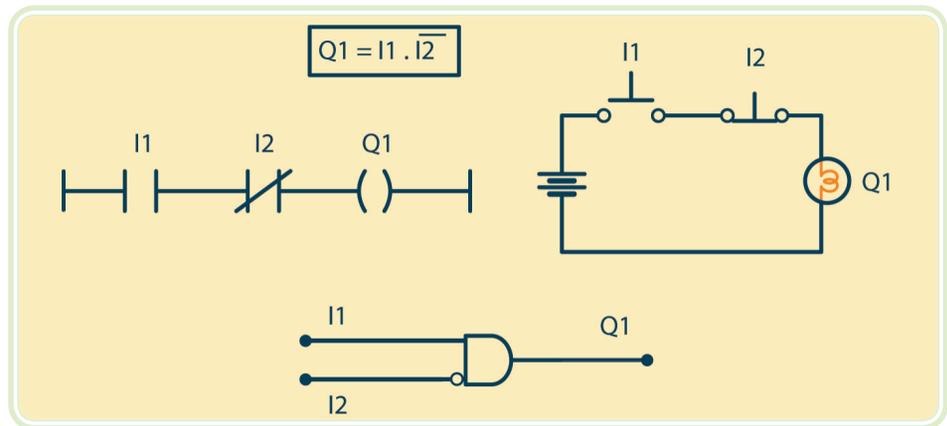
**Figura 4.8: Função OU**  
 Fonte: CTISM

Observe que, na função OU, o estado da saída digital depende da combinação das entradas digitais. Assim, quando I1 ou I2, ou ambos, estiverem em alto nível, a saída Q1 estará ativada; e, somente quando I1 e I2 estiverem simultaneamente em baixo nível, teremos a saída Q1 desativada. A Figura 4.7 mostra o circuito de instalação do CLP que também é aplicado no programa da Figura 4.8.

## 4.2.2 Funções combinadas em *Ladder*

### 4.2.2.1 Função NA-NF série

A Figura 4.9 mostra a função NA-NF série em *Ladder*, bem como o circuito elétrico e lógica digital correspondente.



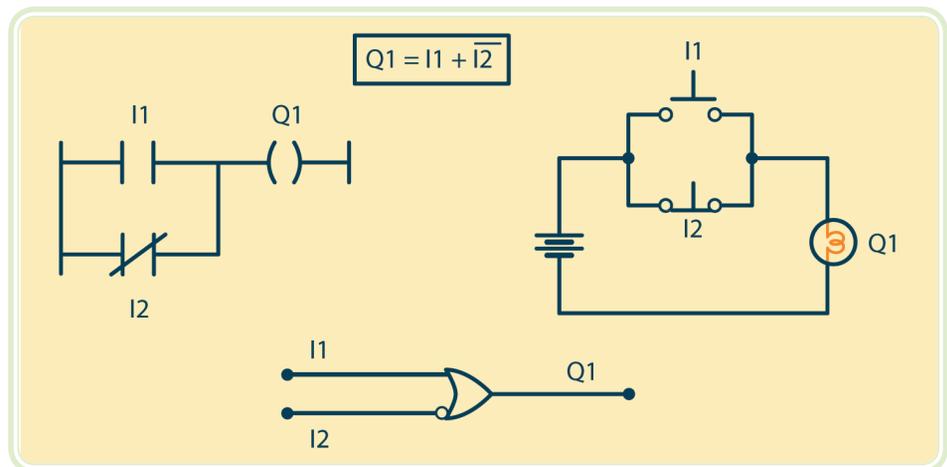
**Figura 4.9: Função NA-NF série**

Fonte: CTISM

Observe que, na função NA-NF série, o estado da saída digital depende da combinação das entradas digitais. Assim, somente quando I1 estiver em alto nível e I2 em baixo nível, teremos a saída Q1 ativada. Para qualquer outra situação, teremos a saída Q1 desativada. A Figura 4.7 mostra o circuito de instalação do CLP que também é aplicado no programa da Figura 4.9.

### 4.2.2.2 Função NA-NF paralelo

A Figura 4.10 mostra a função NA-NF paralelo em *Ladder*, bem como o circuito elétrico e lógica digital correspondente.



**Figura 4.10: Função NA-NF paralelo**

Fonte: CTISM

Observe que, na função NA-NF paralelo, o estado da saída digital depende da combinação das entradas digitais. Assim, somente quando I1 estiver em baixo nível e I2 em alto nível, teremos a saída Q1 desativada. Para qualquer outra situação, teremos a saída Q1 ativada. A Figura 4.7 mostra o circuito de instalação do CLP que também é aplicado no programa da Figura 4.10.

### 4.2.3 Funções especiais

Dependendo das características dos CLP, os fabricantes poderão disponibilizar diversas funções especiais. Neste item serão abordadas as funções especiais mais empregadas, uma vez que o manual de programação dos CLPs instrui quanto ao uso de suas funções de programação.

#### 4.2.3.1 Função SET

Esta função obriga o estado de uma memória ou de uma saída do CLP a ficar ativada. A Figura 4.11 mostra a função SET em Ladder.

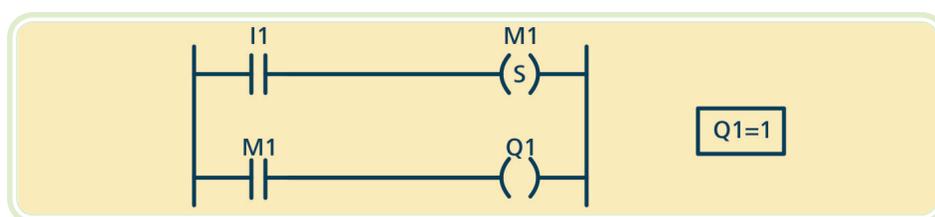


Figura 4.11: Função SET

Fonte: CTISM

Observe que, na função SET, o estado da saída digital depende de uma informação provinda da entrada digital. Quando a entrada I1 estiver em alto nível, a saída Q1 fica em alto nível. Note que, mesmo quando a entrada I1 voltar para baixo nível, a saída Q1 permanecerá em alto nível, usando, necessariamente, uma outra função para desativar a saída.

#### 4.2.3.2 Função RESET

Esta função obriga o estado de uma memória ou de uma saída do CLP a ficar desativada. A Figura 4.12 mostra a função RESET em Ladder.

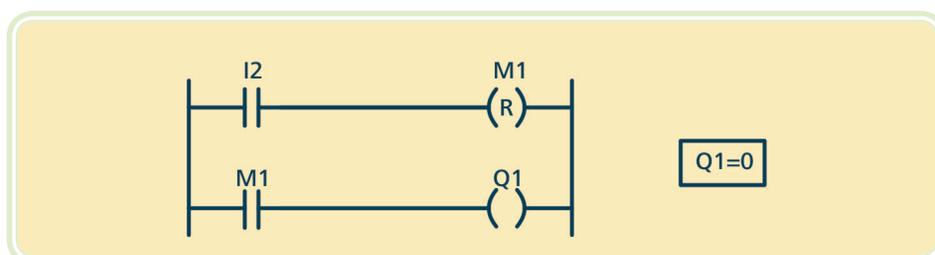


Figura 4.12: Função RESET

Fonte: CTISM

Observe que, na função RESET, o estado da saída digital depende de uma informação provinda da entrada digital. Considerando que no programa da Figura 4.11 utilizou-se a entrada I1 para a função SET, optou-se pelo uso da entrada I2 para a função RESET, como mostrado na Figura 4.12. Assim, quando a entrada I2 estiver em alto nível, a saída Q1 ficará em baixo nível. Note que, quando a entrada I2 voltar para baixo nível, a saída Q1 permanecerá em baixo nível.

### 4.2.3.3 Função temporizador

Esta função tem por finalidade acionar ou desligar uma memória ou uma saída de acordo com um tempo programado.

É importante salientar que os temporizadores possuem vários modos de operação, tais como retardo na energização, retardo na desenergização, retardos memorizáveis, etc, cujas peculiaridades de programação serão aprofundadas através de projetos práticos.

A Figura 4.13 mostra a função temporizador com sua respectiva simbologia em *Ladder*, segundo a norma IEC 1131-3.

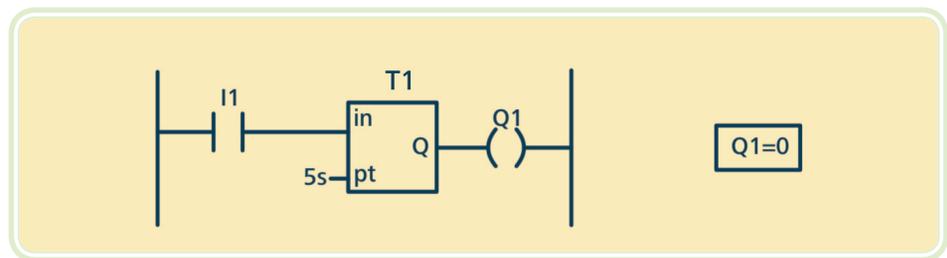


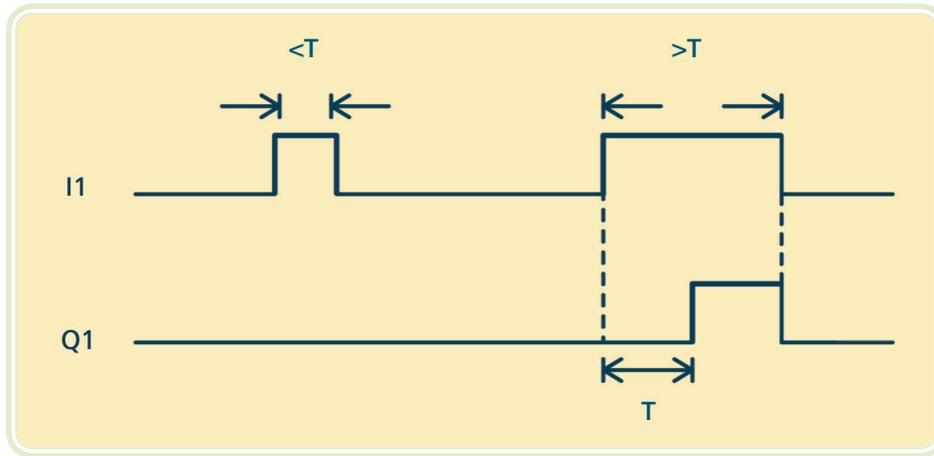
Figura 4.13: Função temporizador

Fonte: CTISM

A seguir, serão apresentados os modos mais básicos de temporização.

#### a) Retardo na energização

Considere, na Figura 4.13, que o temporizador foi configurado na função temporizador com retardo na energização. Desta forma, a saída Q1 será acionada um certo tempo após a entrada I1 ficar em alto nível, neste caso 5 segundos. Quando a entrada I1 ficar em alto nível, esta ativa o elemento temporizador T1 (parametrizado no programa para 5 s). Após 5 segundos, o contato do temporizador fecha-se acionando a saída Q1. Na Figura 4.14 temos o diagrama de tempo do temporizador com retardo na energização.



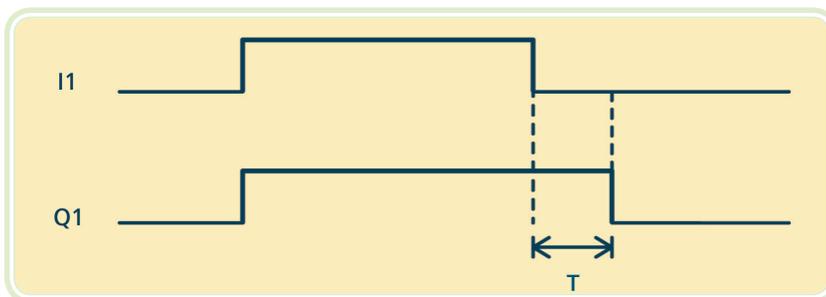
**Figura 4.14: Diagrama de tempo do temporizador com retardo na energização**  
 Fonte: CTISM

Observe na Figura 4.14 que se o tempo em alto nível da entrada I1 for menor que o parametrizado no temporizador, a saída Q1 não será acionada. Desta forma, para que a saída Q1 seja acionada, é necessário que a entrada I1 permaneça em alto nível por um tempo superior ao parametrizado T. Observe ainda que, no modo retardo na energização, quando a entrada I1 for para baixo nível, a saída Q1 será desacionada imediatamente.

#### b) Retardo na desenergização

Considere, na Figura 4.13, que o temporizador foi configurado na função temporizador com retardo na desenergização. Desta forma, a saída Q1 será acionada imediatamente quando a entrada I1 ficar em alto nível, entretando, quando a entrada I1 for para baixo nível, a saída Q1 permanecerá acionada pelo tempo parametrizado T. Na Figura 4.15 temos o diagrama de tempo do temporizador com retardo na desenergização, onde T é o tempo de atraso no desligamento da saída Q1.

Os demais modos de temporização partem basicamente destes dois tipos de retardo, cujas configurações variam dependendo do CLP.



**Figura 4.15: Diagrama de tempo do temporizador com retardo na desenergização**  
 Fonte: CTISM

### 4.2.3.4 Função contador

Esta função tem por finalidade ativar uma memória ou uma saída após uma determinada contagem de eventos. A Figura 4.16 mostra a função e simbologia do contador em *Ladder*, segundo a norma IEC 1131-3.

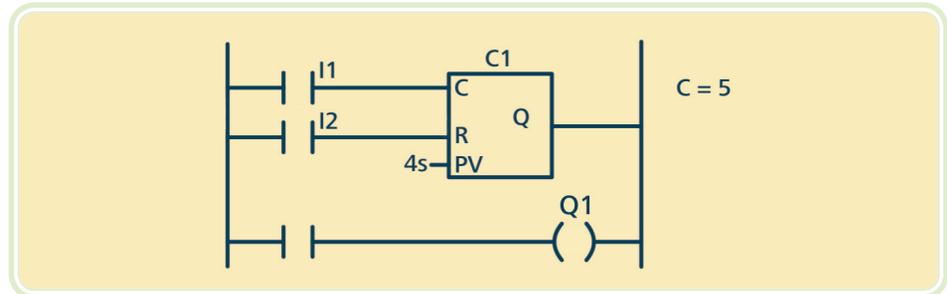


Figura 4.16: Função contador

Fonte: CTISM

Observe que, na função contador, a entrada I1 recebe pulsos provindos de chaves externas ou sensores, enviando para o contador C1. No programa, C1 foi parametrizado para 4 contagens. Após C1 receber 4 pulsos (quatro energizações/desenergizações), o contato NA do contador C1 fecha-se, acionando a saída Q1.

O contador pode ser crescente, decrescente ou até mesmo crescente/decrescente (*up/down*). Para a última finalidade, o bloco contador é composto de mais uma entrada que fará a contagem regressiva, conforme Figura 4.17.

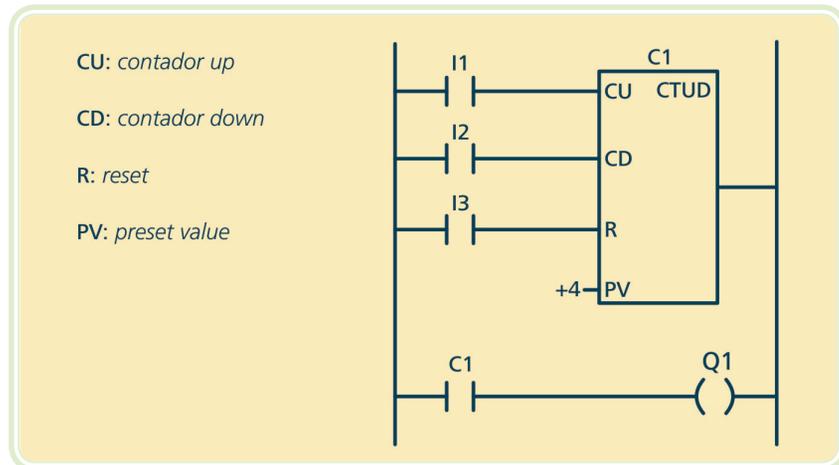
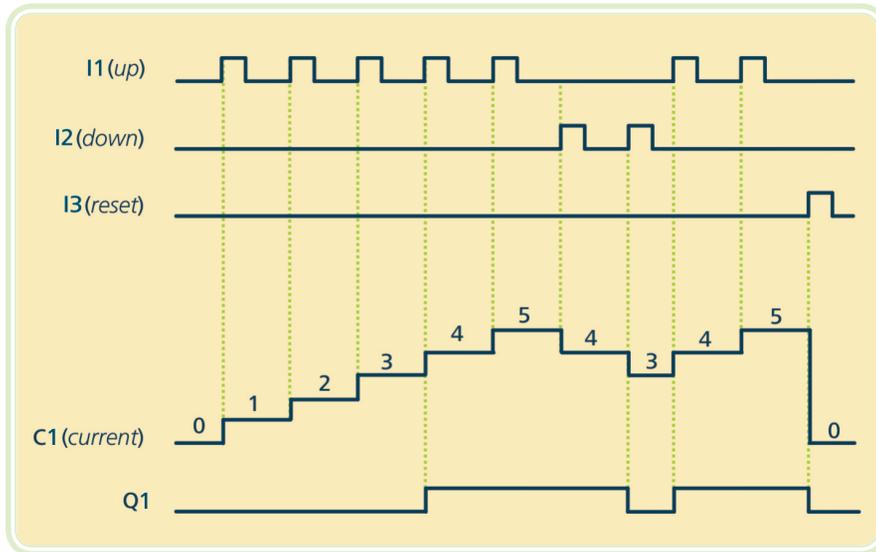


Figura 4.17: Contador *up/down*

Fonte: CTISM

Analisando a Figura 4.17, observamos que I1 faz a contagem crescente, I2 a contagem decrescente, e I3 aciona o reset. Na Figura 4.18 temos o diagrama de tempos do contador *up/down*.



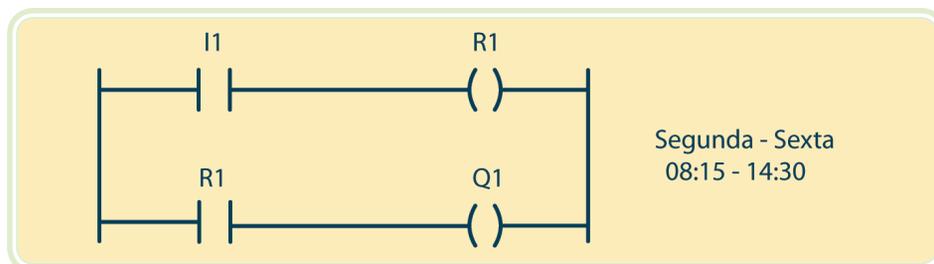
**Figura 4.18: Diagrama de tempos do contador up/down**

Fonte: CTISM

Note que, após concluir o ciclo de contagem (4 contagens), Q1 fica acionado, independentemente do estado de I1. A saída Q1 pode ser desativada resetando o contador C1.

#### 4.2.3.5 Função relógio

Esta função tem por finalidade ativar/desativar uma memória ou uma saída em horários e dias da semana específicos. A Figura 4.19 mostra a função relógio em *Ladder*.



**Figura 4.19: Função relógio**

Fonte: CTISM

Observe que, na função relógio, a entrada I1 habilita o funcionamento do relógio. Enquanto a entrada I1 manter acionado o relógio R1, este, através de seu contato NA, ativa/desativa Q1 em função dos parâmetros de dia da semana e intervalo de horário parametrizados no programa. Assim, a saída Q1 será ativada às 08h15min e desativada às 14h30min, de segunda-feira a sexta-feira. Note que desativando o relógio R1 pela entrada I1 interrompe o controle da saída Q1, tornando-a desativada.

## Resumo

Nessa aula, foram apresentadas as características de instalação de CLP, bem como diferentes estruturas de programação. Destaque especial foi dado à Linguagem *Ladder*, em função de sua importância e utilização, apresentando, de forma geral, suas principais funções básicas, combinadas e especiais.



## Atividades de aprendizagem

1. Cite as principais características de instalação de CLP.
2. Diferencie linguagem de alto nível de linguagem de baixo nível.
3. Explique a estrutura da linguagem *Ladder*.
4. Cite as principais funções de programação em *Ladder*.

# Aula 5 – Projetos com controladores programáveis

## Objetivos

Aplicar os conhecimentos de controladores programáveis e linguagem de programação *Ladder* na solução de problemas de automação industrial.

Desenvolver projetos práticos de automação industrial com controladores programáveis, definindo dispositivos de entrada e saída e simulando o funcionamento do programa em *Ladder*.

Após o entendimento da estrutura básica de funcionamento de um CLP, das variáveis e dispositivos de entradas e saídas, bem como da linguagem de programação *Ladder*, estamos aptos a projetarmos soluções para automação industrial utilizando CLP.

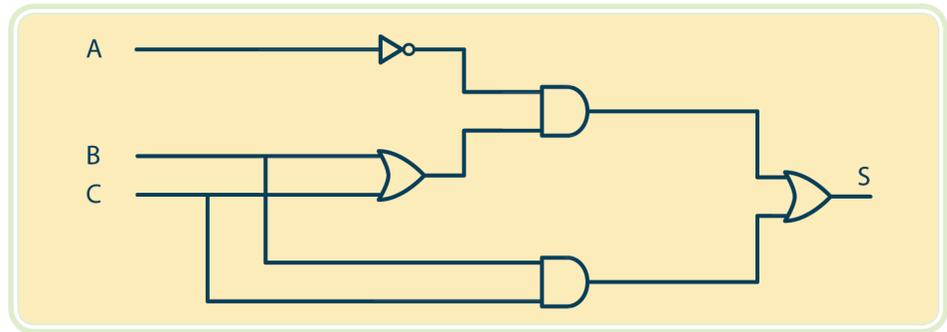
Para isto, disponibilizaremos no ambiente virtual de ensino-aprendizagem o manual de programação, bem como o software simulador, em versão gratuita, de um modelo de CLP comercial com programação em linguagem *Ladder*.

Através do ambiente virtual de ensino-aprendizagem serão fornecidas instruções de programação e simulação, visando à familiarização do aluno com o software. Após isso, serão disponibilizadas atividades práticas de programação, envolvendo o projeto de soluções automáticas com CLP. A avaliação desta aula consistirá na análise dos projetos desenvolvidos pelos alunos.

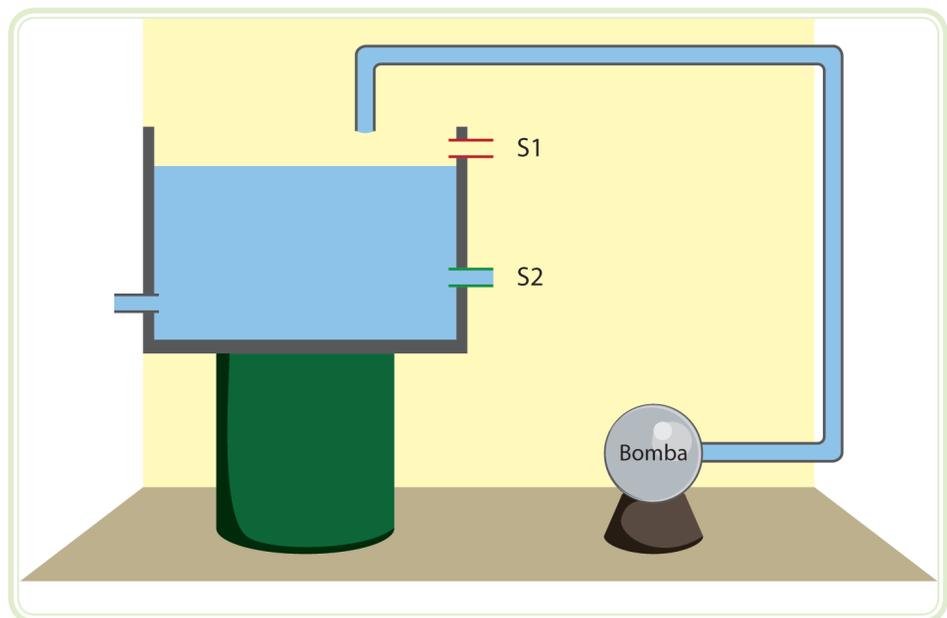
## Atividades de aprendizagem

1. Dado o circuito digital abaixo, obter o circuito equivalente em linguagem *Ladder*.





2. A figura seguinte mostra o funcionamento de um reservatório de água, cujo nível deve ser mantido entre um valor máximo e mínimo, fornecidos por dois sensores de nível, S1 (contato NA em nível máximo) e S2 (contato NA em nível mínimo). A bomba centrífuga usada para encher o tanque deverá ser ligada quando o sensor S2 for desativado (nível mínimo), e desligada quando o sensor S1 for ativado (nível máximo). Um interruptor Ch1 deverá ser usado para interromper manualmente este controle automatizado e uma lâmpada de sinalização L1 deverá permanecer ligada enquanto o sensor de nível mínimo S1 estiver desativado. Projete uma solução para este processo, apresentando diagrama de instalação do CLP, bem como o programa desenvolvido.

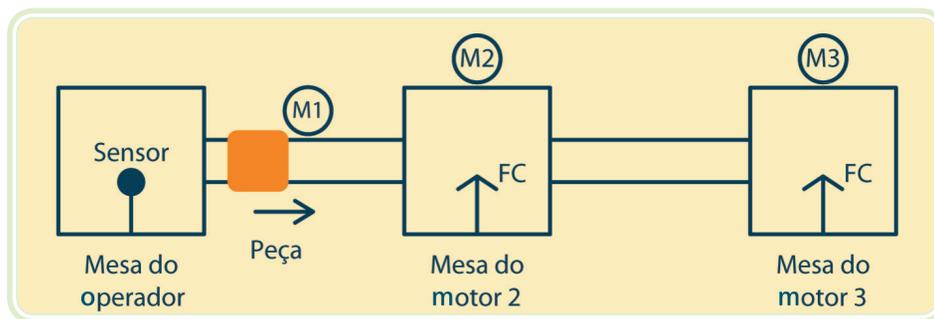


3. O esquema abaixo representa o funcionamento de uma esteira movida através do motor trifásico M1 que deverá deslocar uma determinada peça desde a mesa do operador até os motores trifásicos M2 e M3 e após, retornar a peça para a mesa do operador. As posições normais

de parada da peça na mesa do motor 2 e mesa do motor 3 serão controladas através de chaves de fim de curso (FC); na mesa do operador o início e o fim do processo será controlado por sensor. Este sistema deverá conter um botão de emergência que desligue todos os motores acionados, independente da posição em que se encontra a peça. Seguindo a seqüência de funcionamento abaixo, projete um sistema de controle para este processo, apresentando o diagrama de instalação do CLP, bem como o programa desenvolvido.

Seqüência de funcionamento:

1º - O operador coloca a peça e o sensor aciona a esteira (M1) que leva a peça até a mesa do motor M2;



2º - Ao chegar a mesa do motor M2 a esteira para e o motor M2 liga e permanece durante 10s;

3º - Após 10s, o motor M2 desliga e a esteira leva a peça até a mesa do motor M3;

4º - Ao chegar a mesa do motor M3 a esteira para e o motor M3 liga e permanece durante 15s;

5º - Após 15s, o motor M3 desliga e a esteira retorna a peça até a mesa do operador;

6º - Ao chegar à mesa do operador, a esteira desliga e o operador retira a peça.

- Um determinado processo é constituído de duas esteiras, sendo que a esteira 1 tem apenas um sentido de deslocamento, enquanto a esteira 2 possui dois sentidos de deslocamento. A esteira 1 transporta a peça

para avaliação de altura e posteriormente para a esteira 2. A esteira 2, em função do teste de altura feito anteriormente, desloca a peça para o lado relativo a sua situação, isto é, boa ou ruim. Após a identificação e deslocamento de 5 peças ruins, uma lâmpada de sinalização L1 deverá ser acionada, desligando apenas quando a contagem for reiniciada (*reset*) através de um botão pulsante B1.

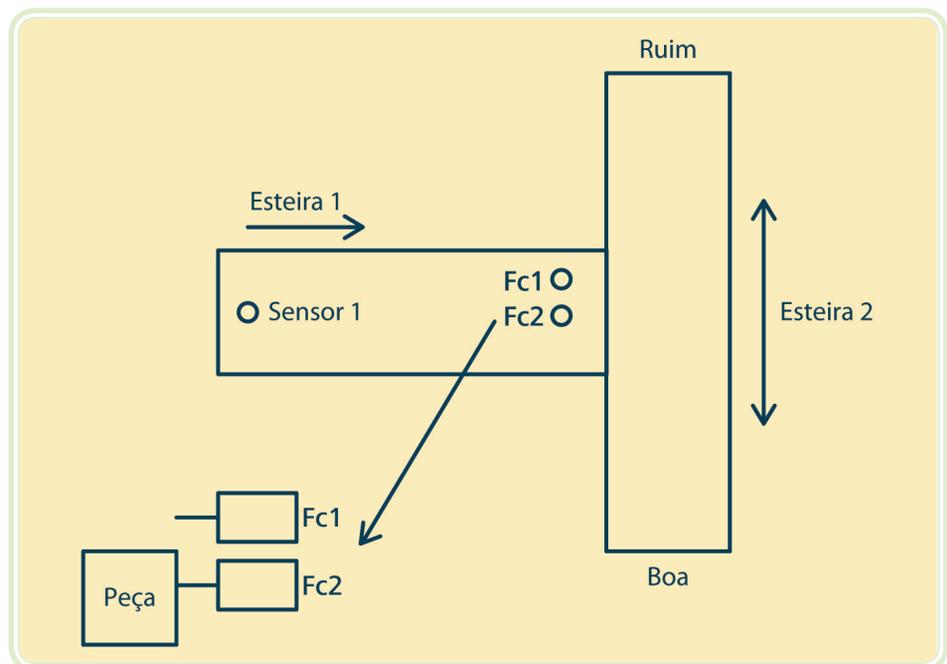
A sequência completa de funcionamento, conforme esquema abaixo, é a seguinte:

1º - O operador coloca a peça na esteira 1, sendo esta ligada pelo sensor 1;

2º - Ao passar pelas chaves fim de curso 1 e 2, a esteira 2 deverá ligar no sentido referente às condições da peça, isto é, se a altura estiver abaixo da FC2 ou acima da FC1 será ruim; já se estiver entre a FC1 e FC2 será boa.

3º - Após a peça passar pelas chaves fim de curso FC1 e FC2, a esteira 1 deverá desligar, pois a peça já passou para a esteira 2.

4º - Após ligada, a esteira 2 permanece durante 5 segundos, tempo suficiente para deslocar a peça até seu destino.



## Referências

CAPELLI, A. **Mecatrônica Industrial**. São Paulo: Editora Saber, 2002.

MARTINS, G. M. **Princípios de Automação Industrial**. Santa Maria: UFSM, 2010.

Programa Prodenge/Sub-programa Reenge. **Curso de Controladores Lógico Programáveis**. UERJ.

SILVA, M. E. **Controladores Lógico Programáveis – Ladder**. FUMEP/EEP/COTIP, 2007. (Apostila Didática).

SILVA, M. E. **Curso de Automação Industrial**. FUMEP/EEP/COTIP, 2009. (Apostila Didática).

## Currículo do professor-autor



**Marcos Daniel Zancan** é natural de Ivorá-RS e professor do Colégio Técnico Industrial (CTISM) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). É Técnico em Eletromecânica pelo CTISM, graduado em Engenharia Elétrica pela UFSM, graduado em Formação Pedagógica – Licenciatura Plena em Ensino Profissionalizante pela Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pelo Centro Universitário Franciscano (UNIFRA) e Mestre em Engenharia de Produção pela UFSM. No CTISM, ministra as disciplinas de Eletrotécnica, Acionamentos Elétricos e Automação e Controle. Atualmente, atua também como Diretor do Departamento de Ensino, membro da equipe do PROEJA, membro do Núcleo de Ensino a Distância e participa de projetos de extensão, ministrando cursos de capacitação para eletricitistas da geração, transmissão e distribuição de energia elétrica nas áreas de eletricidade e de segurança do trabalho.