



## SISTEMA MÓVEL COMPACTO PARA O ENSINO DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

**Alessandra Taketomi Feitosa** – [taketomi@hotmail.com](mailto:taketomi@hotmail.com)

**Salomão Moraes da Silva Junior** – [salomaomoraes@yahoo.com.br](mailto:salomaomoraes@yahoo.com.br)

**Elves P. Balieiro** - [elves.balieiro@nokia.com](mailto:elves.balieiro@nokia.com)

**Charles Luiz Silva de Melo** – [charles.melo@yahoo.com.br](mailto:charles.melo@yahoo.com.br)

**Roberto Higino Pereira da Silva** – [higino98@hotmail.com](mailto:higino98@hotmail.com)

Universidade do Estado do Amazonas, Escola Superior de Tecnologia

Av. Darcy Vargas, 1200

69055-035 – Manaus – Amazonas

**Resumo:** *Com a evolução dos microcontroladores os CLPs evoluíram ganhando mais aplicações, rapidez e flexibilidade, tornando-se para as empresas um equipamento indispensável nos sistemas complexos de produção. Por outro lado o corpo técnico de automação industrial não cresceu na mesma proporção para atuação nesse seguimento, gerando uma grande necessidade de mão de obra qualificada. O treinamento de profissionais só são possíveis nos grandes centros onde existem laboratórios equipados em automação industrial. Diante das necessidades das empresas tanto da capital como dos municípios do interior é que este trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo de uma maleta didática portátil com o objetivo de ministrar cursos teóricos seguidos de experimentos práticos em automação industrial em locais fora das instituições de ensino, onde há dificuldades de acesso aos laboratórios. Na realidade estará disponível um minilaboratório portátil a essas localidades.*

**Palavras-chave:** *IHM, CLP, Maleta didática portátil.*

### 1. INTRODUÇÃO

No início da industrialização, os processos industriais utilizavam o máximo da força humana. A produção era composta por etapas ou estágios, nos quais as pessoas desenvolviam sempre as mesmas funções, especializando-se em certa tarefa ou etapa da produção. Assim tínhamos o princípio da produção seriada (MAMEDE FILHO, 2001).

Com o surgimento da tecnologia de estado sólido, desenvolvida a princípio em substituição às válvulas a vácuo, alguns dispositivos transistorizados passaram a ser utilizados também em substituição aos relés (SILVEIRA; SANTOS, 2002).

O lançamento dos microcontroladores e microprocessadores foram fundamentais para o surgimento e evolução de novas tecnologias que ajudaram a alavancar a produção. Esses componentes deram maior flexibilidade aos equipamentos e são responsáveis por receber



informações das entradas, associá-las às informações contidas na memória e a partir destas desenvolver uma lógica para acionar as saídas (MORAES; CASTRUCCI, 2007).

Os CLPs são equipamentos eletrônicos de controle que atuam a partir dessa filosofia, pois as mudanças lógicas ocorrem com grande facilidade, sem que sejam necessárias alterações do hardware ou inclusão de componentes eletrônicos ou elétricos. Esta é a principal característica dos sistemas de automação flexíveis e o que faz dos CLPs ferramentas de grande aplicação nas estruturas de automação industrial (MAMEDE FILHO, 2001).

Uma das grandes problemáticas dessa evolução e expansão tecnológica foi que o corpo técnico especializado não cresceu com a mesma proporção e hoje há uma carência de profissionais qualificados na área de automação industrial.

Ao trata-se das cidades interioranas, como os centros de treinamentos não têm laboratórios de automação fora da sede, com isso empresas enfrentam hoje grandes dificuldades em contratar profissionais qualificados em automação industrial.

Levando-se em conta esses argumentos e o custo elevado para se adquirir um equipamento portátil que se equipare a um laboratório é que, com as tecnologias existentes no mercado será possível elaborar uma maleta didática, portátil, compacta, de baixo custo comparado aos disponíveis no mercado e construído exatamente em cima das nossas necessidades.

Dentro da maleta didática estará disponível um CLP, uma IHM, fonte chaveada, disjuntores, chaves, botoeiras, rede de comunicação, um motor DC e sensores de proximidade (indutivos), ou seja, dentro de uma maleta há um minilaboratório de automação industrial.

Então, o principal fundamento para a elaboração do protótipo didático constituiu-se da necessidade, ou melhor, da falta de laboratórios específicos para o aprendizado acadêmico em automação industrial em municípios fora da capital e em outras localidades fora das instituições de ensino e da carência das empresas e outros estabelecimentos por profissionais qualificados.

O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma maleta didática em automação industrial, o que permitirá uma maior acessibilidade e autonomia para o ensino de automação industrial. Pode-se ressaltar que na comunidade acadêmica de tecnologia eletrônica e demais cursos e outras entidades de ensino, e que estes possam utilizá-la de forma que venha contribuir para o conhecimento teórico e prático em controladores lógicos programáveis de futuros engenheiros.

## **2. METODOLOGIA**

Este trabalho foi realizado na Universidade do Estado do Amazonas (UEA) no campus da Escola Superior de Tecnologia (EST), como projeto de apoio a iniciação científica no curso Superior em Engenharia de Controle Automação Industrial.

A metodologia para o estudo dos componentes eletrônicos consistiu em entender como eles funcionavam, quais eram as aplicabilidades, características e particularidades.

O trabalho foi dividido basicamente em três etapas. A primeira delas consiste na abordagem e detalhamento do funcionamento do Controlador Lógico Programável (CLP). Optou-se pelo CLP da Mitsubishi da série FX0N-24MT-DSS, pelo fato de ser compacto, pequeno, rápido e universal com capacidade de expansão modular, mostrado na Figura 1. Deve-se ressaltar que este CLP consegue trabalhar com três tipos de linguagem, são elas:

Lista de Instruções, Linguagem *Ladder* e Sequência de Gráfico de Funções (SFC). Neste projeto, os experimentos práticos serão programados pela Linguagem *Ladder*.



**Figura 1** – CLP Mitsubishi FX0N-24MT.

Segundo (SILVA, 2006) diz que o CLP é um aparelho eletrônico digital que utiliza uma memória programável para o armazenamento interno de instrução para implementação específica, tais como lógica, sequenciamento, temporização, contagem e aritmética, para controlar, através de módulos de entradas e saídas, vários tipos de máquinas ou processo.

Fanchi (2011) diz que a linguagem *ladder* uma linguagem gráfica baseada na lógica de relés e contatos elétricos para a realização de circuitos de comandos de acionamentos elétricos. Sendo a primeira linguagem utilizada pelos fabricantes, é a mais difundida e encontrada em quase todos os CLPs da atual geração.

Para a programação do CLP FX0N-24MT-DSS utilizamos o software GX Developer da versão 8.78.

A especificação do CLP utilizado para o desenvolvimento da maleta didática em automação industrial é descrita pela tabela 1.

**Tabela 1** – Especificações do CLP Mitsubishi da série FX0N-24MT.

ESPECIFICAÇÃO	
Número de Entradas	14
Número de Saídas	10
Tipo de Saída	Transistor
Alimentação	24 volts
Programação	<i>Ladder</i> e Lista de Instruções

Outra vantagem considerável do CLP é a possibilidade de reprogramação, sem a necessidade de realizar modificações de hardware, permitindo alterar a lógica para acionamento das saídas em função das entradas.

A segunda etapa deste trabalho consiste em abordar e detalhar as utilidades dos componentes de entradas e saídas do CLP, como sensores indutivos, capacitivos, relés, disjuntores e chaves. Também abordando a aplicabilidade da Interface Homem-Máquina (IHM).

A interface homem-máquina são sistemas normalmente utilizados em automação no chão de fábrica. Possui construção extremamente robusta, resistente a umidade, poeira de

acordo com o IP (grau de proteção) e temperatura. Faz parte do sistema supervisores que são sistemas digitais de monitoração e operação da planta que gerenciam variáveis de processo. Estas são atualizadas continuamente e podem ser guardadas em bancos de dados locais ou remotos para fins de registros históricos (MORES; CASTRUCI, 2007).

Para a programação dos equipamentos práticos na IHM GT 1030-LBD utilizamos o software *GT Designer 2*.

Segundo Seippel(1983), sensores são dispositivos usados para detectar, medir ou gravar fenômenos físicos tais como calor, radiação, etc., e que responde transmitindo informação, iniciando mudanças ou operando controles. Considerem agora outra definição de sensores2: “São dispositivos que mudam seu comportamento sob ação de uma grandeza física, podendo fornecer diretamente ou indiretamente um sinal que indica esta grandeza”.

Quando operam diretamente convertendo uma forma de energia em outra são chamados de transdutores. Os de operação indireta alteram suas propriedades, como a resistência, a capacitância ou a indutância, sob ação de uma grandeza, de forma mais ou menos proporcional.

As redes de campo surgiram das necessidades de interligar equipamentos usados no sistema de automação, que se proliferavam independentes.

Hoje controladores lógicos programáveis, expansões, IHMs, conversores de frequência (inversor de frequência), medidores de grandeza, controladores de processo, sistemas supervisórios e outros elementos formam redes complexas em fábricas, permitindo que a informação flua de forma instantânea e precisa ao longo de todas as etapas de produção, supervisão, gerenciamento e planejamento (ALBUQUERQUE; ALEXANDRIA, 2009).

Na terceira etapa foi destinada para a implementação da maleta didática. Onde consistia a definição dos componentes utilizados tais como CLP, IHM e os periféricos do CLP e características mecânicas da maleta.

Selecionamos para o protótipo didático duas fontes de alimentação do tipo chaveadas. Sendo uma com saída de 24 VDC e outra com saída de 10 VDC.

Para o desenvolvimento mecânico da maleta, utilizou-se como base a estrutura mecânica de uma maleta convencional, adicionando-se apenas uma chapa de alumínio, esta necessária para a fixação mecânica dos componentes. Nas laterais da maleta foram realizados cortes para a fixação da tomada AC (Alimentação de 110 VAC e 220 VAC) e os fusíveis de proteção para os componentes alimentados por 24 VDC e 10 VDC.

### 3. DESENVOLVIMENTO

O projeto desenvolvido teve como principal intuito a redução de custo e a viabilidade de acesso ao ensino da automação industrial. As etapas de implementação do protótipo passou-se pelas seguintes etapas:

- Estudo teórico geral e específico dos componentes eletrônicos que fariam parte do projeto;
- Definição da maleta;
- Definição dos componentes;
- Preparação da maleta;
- Incorporação de uma chapa de alumínio na maleta para fixação dos componentes;



- Fixação mecânica dos componentes na maleta;
- Criação do circuito elétrico de alimentação da maleta;
- Soldagem dos componentes na maleta;
- Teste ôhmico dos componentes;
- Teste antes de energizar o sistema através de um multiteste para verificação de funcionalidade de cada componente;
- Teste de continuidade das interligações dos componentes;
- Alimentação elétrica do sistema;
- Teste elétrico de cada módulo do sistema;
- Simulação dos experimentos práticos proposto para validar o sistema;
- Análise dos resultados;
- Elaboração dos relatórios

A maleta foi definida de acordo com suas dimensões e resistência. Para o trabalho precisaríamos de uma maleta pequena e que suportasse retrabalhos e se adequasse ao trabalho de fixação dos componentes sem que sua estrutura básica viesse ceder às possíveis pressões mecânicas. Os componentes encontram-se organizados em módulos fixados sobre uma chapa de alumínio e sobre a base da maleta.

As ligações entre os dispositivos são realizados através de fios jumpers e bornes, possibilitando a montagem de diversas combinações de circuitos elétricos de maneira simples.

### 3.1. Características Mecânicas da Maleta

A maleta mede 40 cm de comprimento por 26 cm de largura e 9.5 cm de altura, foi escolhida devido o seu design reduzido e ter a construção constituída de material resistente com revestimento metálico na parte interna. Possui uma alça para transporte e proteção de alumínio nos cantos;

Sua estrutura interna é toda reforçada com madeira, tanto nas laterais quanto nas partes superiores e inferiores (base);

Tampa superior livre para que não haja contato com os componentes fixados na base. Na lateral direita temos uma tomada e dois suportes de fusíveis para a alimentação e proteção do sistema.

Para compor a maleta foi incluso uma chapa de alumínio, esta necessária para a fixação mecânica dos componentes. A chapa tem o formato e tamanho interno da maleta, com 3 mm de espessura. Nesta foi feito os cortes de acordo com a disposição dos componentes dentro da maleta.

### 3.2. Composição da Maleta Didática Portátil

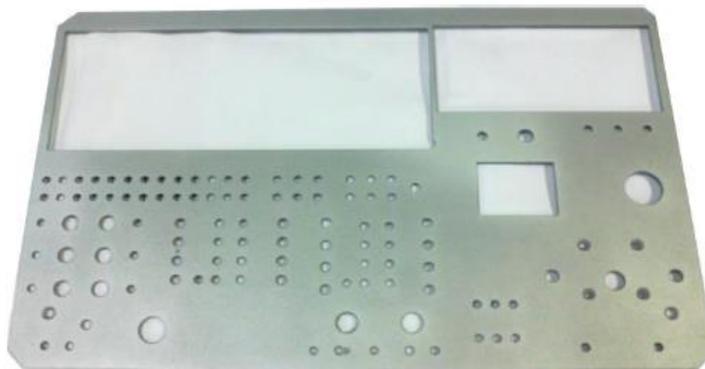
A maleta é composta por:

- Um CLP FX0N da Mitsubishi;
- Uma IHM GT 1030-LBD da Mitsubishi ;
- Módulos de chaves: 8 chaves *push-buttons* do tipo N/A e 8 chaves liga desliga; 1 chave *push-buttons* para ser usada como dispositivo de emergência;
- 3 chave do tipo liga desliga para habilitar os 24 VDC, 10VDC e IHM.
- Possui 80 bornes para conexões;
- Todas as entradas possuem indicação luminosa e bornes de 3 mm permitindo acesso externo;

- Módulo de indicação luminosa dos pontos de saída digital através de leds;
- Módulo com dois potenciômetros multivolta para aplicação linear de sinal analógico;
- Módulos de fontes de tensão, sendo um módulo com uma saída de tensão fixa de 24 VDC / 3 A e um módulo fonte de tensão 10 V/ 1 A. As duas fontes são protegidas contra curto-circuito através de fusíveis;
- Um motor DC para simulação de experimentos como exemplo de uma cancela;
- Dois sensores indutivos de proximidade do tipo PNP para auxiliar nos experimentos analógicos;
- Uma tomada AC com três pinos (F, N, G) para energização da maleta, podendo esta ser alimentada tanto por 110VAC quanto por 220VAC;
- Um disjuntor para ligar e desligar o sistema elétrico;
- Ventoinha para refrigeração dos componentes;
- Dois fusíveis de 2<sup>a</sup>, sendo um para proteção da fonte de 24 VDC e o outro para a fonte de 10 VDC.

### 3.3. Instalações Mecânicas dos Componentes na Maleta Didática Portátil

Para a fixação e instalação dos componentes como as chaves e botoeiras foi elaborado uma chapa de alumínio fora das instalações da EST. Na chapa, que tem o formato e tamanho das dimensões internas da maleta, foram feito cortes de acordo com a disposição dos componentes eletrônicos e da quantidade de bornes dentro da maleta, conforme apresentado na Figura 2. Aos componentes que o usuário não precisa manipular durante a operação e programação não foram feito cortes, estes estarão ocultos por baixo da chapa.



**Figura 2** – Chapa de Alumínio retrabalhada.

Após os cortes foram feitas medidas dos furos com paquímetro e comparados com as reais dimensões de cada componente. Com a aprovação da chapa foi feita a pintura com tinta metálica, por esta não deixar digitais e facilitar a limpeza.

Nas laterais da maleta também foram feitos cortes para fixação da tomada AC (Alimentação de 110 VAC e 220 VAC) e os fusíveis de proteção para os componentes alimentados por 24 VDC e 10 VDC, conforme apresentado na Figura 3.



**Figura 3** – Vista Lateral da Maleta.

Após a aprovação da chapa e a pintura, realizou-se a fixação mecânica dos componentes, fixou-se a chapa na maleta, acrescentaram-se as fontes de 24 volts e de 10 volts, um disjuntor e uma ventoinha para resfriamento do equipamento.

Com os componentes fixados na chapa foi feito as ligações elétricas de cada componente utilizando solda comum e a técnica de estanhar primeiramente os terminais antes de soldar. Na Figura 4 apresenta a maleta didática portátil.



**Figura 4 – Maleta Didática Portátil.**

### **3.4. Manutenção Preventiva e Corretiva**

Os fios jumpers que ligam os componentes fixos na base com os componentes fixos na chapa foram dimensionados para facilitar as manutenções preventivas ou corretivas. O técnico que for executar a manutenção poderá posicionar a chapa ao lado esquerda da maleta, ou seja, a chapa poderá virar do lado direito para o esquerdo em até 180°, apresentado na Figura 5. Com isso o técnico terá totais acessos durante a manutenção tanto para a base da maleta como para a chapa de alumínio. A troca ou ressolda de qualquer componente é facilitado com esse sistema.



**Figura 5 – Vista da Maleta durante a manutenção corretiva ou preventiva.**

### 3.5. Teste de Funcionalidade do Sistema

Neste teste verificamos cada etapa do circuito energizado.

**Primeiro passo:** Energizamos a maleta portátil através de um cabo de força de três pinos ligados diretamente entre a rede elétrica local e a tomada AC da maleta, lembrando que esta é bivolt, podendo ser energizada tanto em 110VAC quanto em 220VAC. Depois ligamos o disjuntor D1 (esquerda para direita). Com este passo observou-se que a lâmpada L1 acendeu indicando que a maleta estava recebendo a tensão normal da rede elétrica local;

**Segundo passo:** A chave CH 03 foi acionada (esquerda para direita). Com esta chave habilitada e ventoinha funcionou normalmente, indicando que a fonte chaveada de 10VDC de saída estava trabalhando normalmente. Com esta chave acionada foram feitos testes de funcionalidade do motor DC o qual girou normalmente;

**Terceiro passo:** Ligamos o borne vermelho positivo no borne + 24V da fonte FX2N-20PSU. Também conectamos o borne preto negativo ao borne - 24V da fonte FX2N-20PSU. Com este passo estava energizado 24VDC na chave CH 01. Acionamos a CH 01 (esquerda para direita). Com a tensão de 24VDC disponível fez-se os testes de funcionalidades nas lâmpadas, nas chaves liga-desliga e nas chaves *push-button*. Também foram feitos testes de funcionalidade do CLP e dos sensores indutivos;

**Quarto passo:** Ligando a IHM. Conectou-se os bornes +24V da fonte com o borne 24VDC da IHM. O -24V da fonte com o 0V da IHM. Acionamos a chave CH 02 (esquerda para a direita) com estes passos a IHM estava energizada.

### 3.6. Segurança do Equipamento

Em respeito à segurança do usuário foi incluído no circuito elétrico uma chave *push-button emergency stop*. Com isso, em um eventual problema elétrico ou mecânico que ponha em risco o sistema e o operador, basta pressionar a chave de emergência que o sistema irá interromper a energia elétrica para os circuitos de 24VDC e 10VDC. Neste sistema também foi feito teste de funcionalidade o qual operou dentro do esperado.

### 3.7. Simulação do Experimento Prático

Será exposto um dos experimentos feitos com a maleta por este englobar a aplicação com o CLP e a IHM ao mesmo tempo, os dois controlando um motor DC com reversão. Incluiu-se também neste experimento as lâmpadas sinalizadoras que indicarão o momento exato em que o motor faz a reversão.

Com o CLP, inicia-se o processo acionando um dos botões *push-button*. O motor passará 5 vezes pelo sensor indutivo e quando vai para a sexta volta faz a reversão.

Com a IHM, como ela é *touchscreen*, criou-se um botão de start e após pressionarmos o start começa o processo de o motor girar. O dog do motor passará 5 vezes no sensor e depois ocorrerá a reversão. Na tela também mostrará as contagens de 1 a 5 voltas e depois o inverso.

Houveram outros experimentos como: Simulação de um semáforo com uma via e duas vias, estrela triângulo, controle do motor DC simulando uma esteira onde uma peça para sempre em um mesmo ponto, etc.

Para realizarmos o experimento 1 utilizamos o software *GX Developer* para programar o CLP e o software *GT Designer 2* foi utilizado para programar a IHM..

#### 4. ANALISE DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos dos experimentos foram todos alcançados. A maleta didática portátil funcionou conforme o esperado tendo em vista que não apresentou anomalias durante os experimentos práticos, onde todos os acionamentos dos comandos foram plenamente executados conforme a programação elaborada na IHM e no CLP.

Os CLP's se tornaram equipamentos cada vez mais presentes em todos os campos da automação, o que torna cada vez mais necessária a formação de profissionais capazes de aplicá-los de forma eficiente na solução dos mais diversos problemas.

Comisso a partir do conceito desta maleta didática portátil possa ser tornar mais acessível à utilização de práticas de automação industrial voltada pra a programação desses tipos de controladores.

#### 5. CONCLUSÃO

Com os objetivos alcançados com os testes de continuidade, ôhmicos e de funcionalidade, foi feito o teste final de aceitação da maleta didática através de experimentos práticos utilizando todos os recursos da maleta.

Durante os experimentos constatou-se com satisfação que o sistema portátil funcionou dentro das expectativas podendo ser este de grande utilidade e importante ferramenta na aplicação de cursos teóricos seguidos de exercícios práticos fora das instituições de ensino, onde inexistem laboratórios de automação industrial.

Por a maleta ser bivolt poderá esta ser utilizada em qualquer localidade onde há energia elétrica, deixando este de ser um entrave para a não realização do curso técnico.

#### 6. REFERENCIAS

ALBUQUERQUE, Pedro Urbano Braga; ALEXANDRIA, Auzuir Ripardo. **Redes Industriais**. São Paulo: Ensino, 2009.

FRANCHI, Claiton Moro; CAMARGO, Valter Luís Arlindo de. **Controladores Lógicos Programáveis - Sistemas Discretos**. São Paulo: Editora Érica. 2008.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações elétricas industriais**. 6 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

MORAES, Cícero Couto de; CASTRUCCI, Plinio de Lauro. **Engenharia de automação industrial**. 2 ed. São Paulo: LTC, 2007.

SEIPPEL, Robert G. **Transducers, sensors & detectors**. [S.I]: [S.ed.], 1983.

SILVA, Daniel Soares. Apostila Criativa Automação Industrial S.A. **Curso Básico de PLC**. São Paulo: ITA, 2006.

SILVEIRA, Paulo Rogério da; SANTOS, Winderson E. dos. **Automação e controle discreto**. 4. ed. São Paulo, SP: Érica, 2002.



## MOBILE COMPACT SYSTEM FOR TEACHING INDUSTRIAL AUTOMATION

***Abstract:** With the evolution of microcontrollers PLCs have evolved gaining more applications, speed and flexibility, making it an essential for business equipment in complex production systems. On the other hand the staff of industrial automation has not grown in proportion to operate in this segment, creating a great need for skilled labor. The training professionals are only possible in large centers where there are laboratories equipped in industrial automation. To the needs of companies both in the capital and the municipalities of the interior is that this work presents the development of a prototype of a portable briefcase with the didactic purpose of ministering followed theoretical courses with practical experiments in industrial automation in locations outside of educational institutions, where there is difficult access to laboratories. Actually a portable mini-lab will be available to these locations.*

***Key-words:** HMI , PLC, didactic Laptop Briefcase*