



DIOGO SANCHEZ DE OLIVEIRA

**CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL: UMA
APLICAÇÃO PODEROSA E DE BAIXO CUSTO**

**LAVRAS-MG
2019**

DIOGO SANCHEZ DE OLIVEIRA

**CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL: UMA APLICAÇÃO PODEROSA E
DE BAIXO CUSTO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal de Lavras, como parte das
exigências do Curso de Engenharia de Controle e
Automação, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Fábio Domingues de Jesus

Orientador

LAVRAS -MG
2019

DIOGO SANCHEZ DE OLIVEIRA

**CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL: UMA
APLICAÇÃO PODEROSA E DE BAIXO CUSTO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal de Lavras, como parte das
exigências do Curso de Engenharia de Controle e
Automação, para a obtenção do título de Bacharel.

Aprovado em 13 de junho de 2019

Dr.Sc. Fábio Domingues de Jesus

Dr.Sc. Paulo Vitor Grillo de Souza

B.S. David Augusto Ribeiro

Prof. Dr. Fábio Domingues de Jesus
Orientador

Lavras- MG

2019

AGRADECIMENTOS

À Deus, em primeiro lugar, por sempre me conduzir com as devidas lições de amor, paciência e perseverança, concedendo o dom de realizar a graduação da melhor forma possível, dando forças nos momentos em que as minhas já não eram suficientes.

Aos meus pais Melquizedeque e Elisabete exemplos e fonte de força e apoio incondicionais diários.

Ao meu irmão Murilo fonte de testes de paciência e amor.

À minha avó Idirce por me entender e amar incondicionalmente.

À minha namorada Juliane pelo suporte e motivação nas horas mais difíceis.

Aos amigos e companheiros da graduação que caminharam ao meu lado e dividiram momentos de diversão e estudos ao longo da jornada.

À família da A Casa Lar, que fizeram o papel de família com todo o suporte no meu dia a dia.

À Universidade Federal de Lavras, ao corpo docente e a todos os funcionários;

Ao departamento de engenharia da Universidade Federal de Lavras (DEG);

À Equipe Troia, pelo aprendizado técnico e pessoal durante a vida acadêmica.

Ao meu orientador Dr Fábio Domingues de Jesus pela orientação, disponibilidade e apoio;

Obrigado!

“A utopia está lá no horizonte. Me aproximo dois passos, ela se afasta dois passos. Caminho dez passos e o horizonte corre dez passos. Por mais que eu caminhe, jamais alcançarei. Para que serve a utopia? Serve para isso: para que eu não deixe de caminhar.”
Eduardo Galeano citando Fernando Birri

RESUMO

A automação é inevitável nos dias atuais, ela faz parte de um processo já emaranhado no dia a dia do homem contemporâneo. Devido à sua grande expressividade e crescente demanda, a indústria brasileira vem inovando a cada dia que passa, competindo com as grandes empresas já consolidadas do setor e cativando o público com seus produtos e serviços com excelentes custos/benefícios. Desta forma, a ideia é utilizar o produto nacional que traz dois benefícios principais e muito procurados na hora de uma escolha em um projeto: mobilidade e custo. A mobilidade é entregue com a possibilidade de programação do processo em linguagem de texto, possibilitando inúmeras manobras de aplicação e utilizando uma estrutura de lógica e texto a mesma encontrada em uma programação de Arduino, ofertando uma diversidade de possibilidades. Dando sequência no estudo, a comparação técnica e econômica do conjunto Alpes PI e Siemens foi realizada, a fim de julgar dentre os fabricantes e qual possui melhor custo/benefício para as aplicações citadas. Nas comparações e análises, o resultado obtido mostrou que o uso do CLP nacional é vantajoso. Apesar de serem equipamentos similares, para a utilização em processos que não demandam de controles complexos ou movimentos precisos a escolha do conjunto de CLP e IHM da Alpes PI é a mais viável.

Palavras-chave: CLP; Baixo custo; Tinturaria; Programação industrial, Arduino.

ABSTRACT

Automation is inevitable these days, it is part of a process already entangled in the day-to-day of contemporary man. Due to its great expressiveness and increasing demand, the Brazilian industry has been innovating every day, competing with the big companies already consolidated in the sector and captivating the public with its products and services with excellent costs / benefits. In this way, the idea is to use the national product that brings two main benefits and much sought after when choosing a project: mobility and cost. The mobility is delivered with the possibility of programming the process in text language, allowing numerous maneuvers of application and using a structure of logic and text the same found in an Arduino programming, offering a diversity of possibilities. Following the study, the technical and economic comparison of the Alpes PI and Siemens set was carried out in order to judge from the manufacturers and which has the best cost / benefit for the mentioned applications. In the comparisons and analyzes, the obtained result showed that the use of the national CLP is advantageous. Although they are similar equipment, for the use in processes that do not require complex controls or precise movements the choice of the PLC and HMI set of Alpes PI is the most feasible.

Keywords: PLC; Low costs; Dyeing; Industrial programming; Arduino.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pirâmide da Automação.....	6
Figura 2 - Esquemático de I/O.....	7
Figura 3 - Esquemático da implementação de um conjunto CLP + IHM em um processo industrial.....	8
Figura 4 – Controlador Compacto MCO801 (Marca: Alpes PI).....	9
Figura 5 - Controlador Modular S7 1200 (Marca: Siemens)	9
Figura 6 – Controlador Integrado T200 (Marca: Eliar).....	10
Figura 7 - Esquema de endereçamento de memória.....	12
Figura 8 - Esquema do ciclo de atualização de um CLP	13
Figura 9 - Linguagens de programação	13
Figura 10 - Painel secundário. Equipamento de tingimento.....	14
Figura 11 - Painel de controle. Equipamento de laboratório.....	15
Figura 12 - Painel de controle. Processamento de leite.....	16
Figura 13 - Quadro sinóptico. Equipamento de tingimento	18
Figura 14 - Esquemático de ligação	20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação técnica21
Tabela 2 - Comparação econômica22

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	4
1.1	Motivação	4
1.2	Objetivo.....	4
1.3	Estrutura do trabalho	4
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	5
2.1	Automação Industrial	5
2.2	Alpes PI.....	7
2.3	Controlador Lógico Programável.....	7
2.3.1	Entradas (sensores)	10
2.3.2	Saídas (atuadores)	11
2.3.3	Endereçamento.....	11
2.3.4	Modo de Execução.....	12
2.3.5	Linguagens de programação	13
2.4	Interface Homem Máquina	14
2.5	Linguagens	16
2.6	Comunicação.....	16
2.7	Ambientes de trabalho	17
3.	ESTUDO DE CASO	17
3.1	Identificando o caso	18
3.2	Comparação entre Alpes PI e Siemens	19
3.2.1	Apresentação dos controladores.....	19
3.2.1.1	Alpes PI – MC0801	19
3.2.1.2	Siemens – S7 1212C	20
3.2.2	Análise técnica	21
3.2.3	Análise econômica	22
4.	CONCLUSÕES	23
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24

1. INTRODUÇÃO

1.1 Motivação

A automação pode se dizer um movimento imprescindível e inevitável para o desenvolvimento da humanidade e que se faz crescente a cada ano que se passa, por isso se tornando um tema muito importante a ser discutido, ensinado e disseminado nos dias de hoje. (Princípios de Mecatrônica, 2005)

Desde os serviços de exploração, das transformações dos minérios e minerais, da produção de energia elétrica, das manufaturas ao consumidor final, há sempre um objetivo em comum: produtos e serviços devem ser oferecidos com a maior qualidade a preços de venda que sejam mais acessíveis à maioria da população. (Princípios de Automação industrial, 2007)

Portanto a motivação deste trabalho é instigar a quem o lê, a utilização da tecnologia a favor da produtividade para os fabricantes e, conseqüentemente da qualidade dos produtos e serviços que chegam aos consumidores finais.

1.2 Objetivo

O objetivo deste trabalho consiste em detalhar as principais características, funcionalidades, vantagens e desvantagens e possíveis aplicações de Controladores Lógicos Programáveis (CLP) da marca ALPES PI.

Objetivos específicos deste trabalho se enquadram em:

- Realizar um descritivo detalhado sobre CLPs, IHMs e suas linguagens de programação para servir como base de futuras implementações ou trabalhos acadêmicos;
- Realizar um comparativo dos aspectos construtivos entre equipamentos de outros fabricantes do mercado;

1.3 Estrutura do trabalho

Os capítulos seguintes deste trabalho estão divididos da seguinte forma:

- Capítulo 2 - Referencial Teórico
- Capítulo 3 – Estudo de Caso
- Capítulo 4 - Conclusão

O Capítulo 2 é composto pelos fundamentos teóricos sobre os produtos de automação em geral e automação industrial, com a intenção de criar um conhecimento básico ao leitor para os capítulos subsequentes.

O capítulo 3 descreve e compara o produto iniciante no mercado com um controlador já consolidado a anos, contando com as especificações detalhadas do CLP e seu modo de funcionamento.

O Capítulo 4 é composto pela análise da comparação e principalmente do custo benefício, seguido das considerações finais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo será abordada toda a fundamentação teórica necessária para compreender os demais capítulos deste texto a fim de instruir o leitor que seja leigo no assunto.

2.1 Automação Industrial

Com a migração das pessoas do campo para as cidades, houve a necessidade de uma maior produção dos bens de consumo, a fim de suprir a necessidade da crescente população. Sendo assim, os primeiros dispositivos de automatização na indústria foram desenvolvidos durante a Revolução Industrial, no qual elementos mecânicos realizavam, perante a uma sequência lógica, tarefas repetitivas automáticas.

No princípio os elementos eram puramente mecânicos com as válvulas, passando para eletromecânicos com os relés, posteriormente com os circuitos integrados (CIs) e atualmente utiliza-se componentes mais complexos e integrados como os CLPs e computadores.

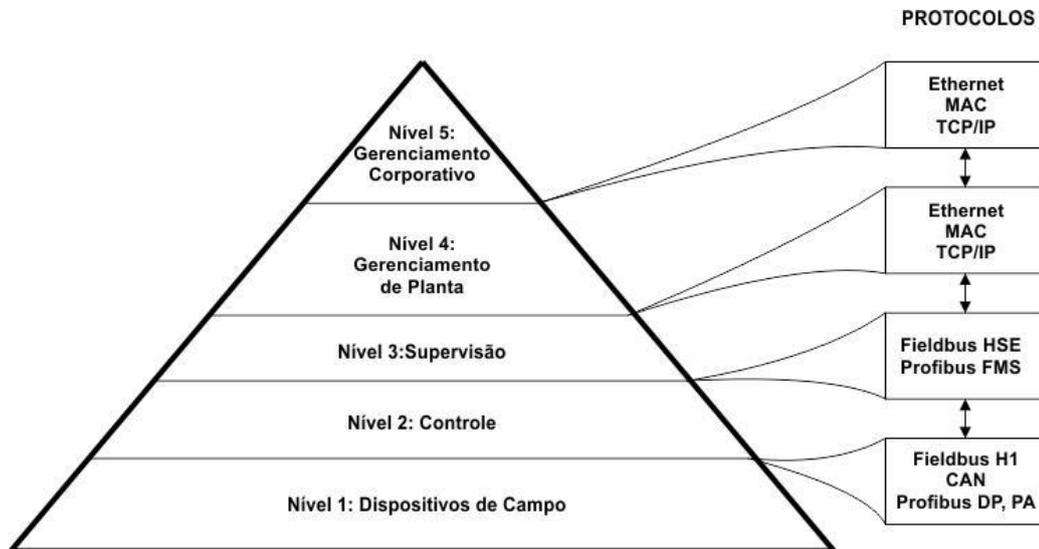
Entende-se por automação, todo e qualquer sistema que por meio de um computador, realize tarefas que antes eram executadas por humanos, a fim de garantir a segurança das pessoas, qualidade dos produtos, rapidez na produção ou redução de custos. (Engenharia de Automação Industrial, 2001).

É intuitivo pensar que a automação visa apenas a maior produtividade, mas seu conceito vai muito mais além. As premissas de um processo automatizado são: peças com melhores acabamentos, maior gama de produtos oferecidos, garantia de maior segurança aos operadores, além de oferecer uma visão geral da planta por meio de sistemas supervisórios e interfaces homem-máquina (IHM) a fim de manter a supervisão do sistema produtivo com maior qualidade, com gráficos, relatórios, análises, alarmes, gerenciamento, entre outras vantagens oferecidas.

A complexidade crescente dos sistemas automatizados exige a realização de muitas funções, implicando no maior uso de sensores e atuadores como forma do computador interagir com o meio ambiente. A fim de ilustrar as diferentes camadas abordadas pela automação

industrial, é mostrado na Figura 1 os diferentes níveis de automação encontrados numa planta. (Princípios de Mecatrônica, 2005)

Figura 1 - Pirâmide da Automação



Fonte: Adaptado de Diogo (2019).

- Nível 1: também é conhecido como nível das máquinas e dispositivos da planta. É pertencente deste nível os sensores e atuadores do processo;
- Nível 2: é o nível que contempla os dispositivos de controle da planta, que executam de fato a programação desenvolvida. Pertence a este nível os CLPs, PCs, CNCs;
- Nível 3: é nele onde há o controle e supervisão das células do processo. Tem o papel de interface com o usuário, possuindo suporte ao banco de dados e demais informações do processo;
- Nível 4: controle do processo total. Incluindo produção, programação e logística da planta por inteiro;
- Nível 5: nível responsável pela administração geral da empresa, não tão somente do processo produtivo. Aqui são convergidos softwares de força de vendas, gestão financeira e ferramentas integradoras como as Bis (Business Intelligence).

Este trabalho terá seu foco nos níveis 2 e 3.

2.2 Alpes PI

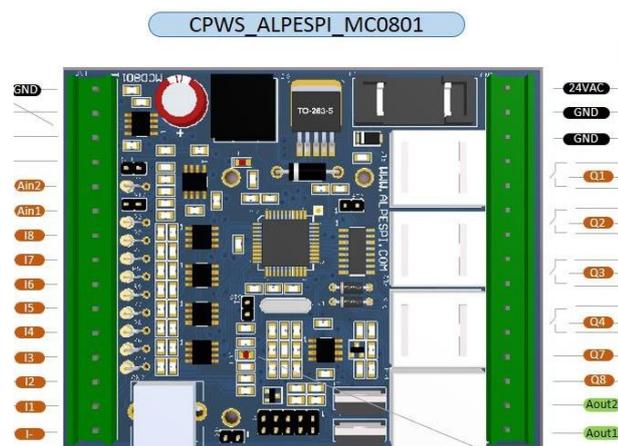
A Alpes Programação Industrial, foi fundada em 2010 com o objetivo de oferecer soluções para a automação industrial. Devido ao compromisso com o cliente, capacidade técnica, qualidade do produto e dos serviços prestados, atualmente a empresa ocupa uma posição de destaque no mercado brasileiro.

No departamento de engenharia a empresa foca no desenvolvimento de novos hardwares, a fim de atender os diversos públicos e na apresentação de soluções via software, modelo que ajuda a sustentar a alta qualidade do processo e o baixo custo do projeto. (Alpes PI, 2018)

Seus controladores são desenvolvidos baseados na arquitetura do Arduino, conferindo à aplicação, facilidade de programação e instalação, amplo material de suporte disponível na internet e versatilidade.

A Figura 2 apresenta um esquemático das entradas e saídas do CLP Alpes PI, que será utilizado no Capítulo 3 Estudo de Caso.

Figura 2 - Esquemático de I/O



Fonte: Alpes PI (2018).

2.3 Controlador Lógico Programável

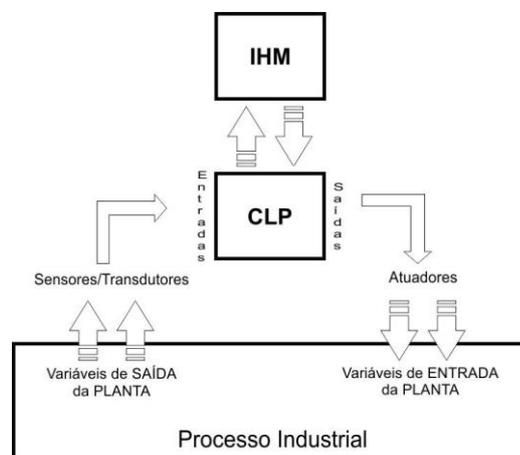
O Controlador Lógico Programável é um dispositivo digital capaz de controlar máquinas e processos. Composto basicamente por um processador, memória e *slots* de entradas e saídas, ele armazena instruções e as executa, podendo energizar/desenergizar, contar tempo, realizar operações matemáticas e manipular dados. (Engenharia de Automação Industrial, 2001)

Esse dispositivo tem como premissa a redução de espaço no ambiente industrial, uma vez que anterior à ele utilizavam-se inúmeros componentes e de grandes dimensões, de modo que se porventura necessitasse de alguma alteração no processo ou na planta, era muito difícil

fazer a alteração. Além de ter sido idealizado para manter um tamanho reduzido perante a lógica de relés, eles se caracterizam por:

- Robustez à poeira, água e impacto;
- Programação por meio de um computador pessoal;
- Linguagens de programação amigável para o desenvolvedor;
- Permite o controle lógico (*on/off*) e dinâmico (PID);
- Conectividade externa.

Figura 3 - Esquemático da implementação de um conjunto CLP + IHM em um processo industrial



Fonte: Adaptado de Diogo (2019).

Todo projeto de automação industrial necessita de algum tipo de controlador para garantir que o processo seja realizado de forma segura e também garantir a qualidade do produto final, seja ele de complexidade baixa como um liga/desliga de um ar condicionado conforme chega a uma determinada temperatura, até plantas complexas, como a de geração de energia nuclear. Para qualquer tipo de complexidade o sistema de controle pode ser dividido em sensores (transdutores), atuadores e controlador, sendo estes abordados individualmente nos itens subsequentes.

Para especificar um CLP é necessário saber a quantidade de entradas e saídas do processo, ou seja, quantos sensores e atuadores serão fundamentais para o trabalho. Mesmo assim é imprescindível escolher as características desses dispositivos de entradas e saídas, como sendo analógicas ou digitais, tensão correta, frequência de operação e linguagem de escrita. (Controladores Lógicos Programáveis, 2008)

Os CLPs podem ser divididos em três grandes tipos:

- Compactos: CLPs que possuem em um único elemento a fonte de alimentação, entradas e saídas, processador e memória. Geralmente utilizados para pequenas e médias aplicações;
- Modulares: CLPs dispostos em uma estrutura modular, ou seja, há um *rack* onde dispõem-se os módulos que podem ser de processamento e memória, entradas, saídas, contadores, rede, entre outros;
- Integrados: CLPs compactos com o adicional da IHM.

Figura 4 – Controlador Compacto MCO801 (Marca: Alpes PI)



Fonte: Diogo (2019).

Figura 5 - Controlador Modular S7 1200 (Marca: Siemens)



Fonte: Catálogo Siemens (2019).

Figura 6 – Controlador Integrado T200 E (Marca: Eliar)



Fonte: Eliar (2019).

2.3.1 Entradas (sensores)

Um sensor pode ser definido como um aparato que altera sua característica física interna conforme um fenômeno externo (Princípios de mecatrônica, 2005). Também é conhecido como um dispositivo de entrada, pelo fato de receber sinais, excitação ou variação do meio externo, provendo informação para sistema de automação.

Os sensores possuem características que podem ser:

- Analógico: é a representação de uma grandeza contínua que assume valores entre dois limites bem definidos, tendo como exemplo a pressão de um pneu ou a temperatura de um termômetro;
- Digital: é aquele que pode receber valores finitos dentro de uma determinada escala, um contador é um bom exemplo;
- Binário: é um sinal digital que pode assumir apenas dois valores, zero ou um, alto ou baixo, ligado ou desligado;
- Linearidade: é o grau de proporção encontrado no sensor. Quanto maior seu grau, mais fiel e rápida será sua resposta ao sinal gerado e a grandeza física;
- Faixa de atuação: é o intervalo de operação do sensor, ou seja, o intervalo em que ele pode ser operado sem que seja danificado;
- Acurácia: razão entre o valor real e o medido;
- Resolução: relacionado ao detalhamento do sinal;
- Repetibilidade: variação de valores lidos quando uma mesma quantidade é medida diversas vezes;

- Range: faixa entre os limites superior e inferior que o dispositivo é capaz de medir;
- Sensibilidade: associado a acurácia, resolução, repetibilidade e range.

Dentro de uma variedade enorme de sensores disponibilizados pelo mercado, podemos citar os principais e mais utilizados:

- Botão;
- Fototransistor;
- Sensor de interrupção de luz;
- Fotodiodo;
- Chave fim de curso;
- Ultra-sônico;
- Temperatura;
- Velocidade;
- Posição;
- Tacômetro;
- Pressão;
- Vazão;
- Aceleração;
- Posicionamento.

2.3.2 Saídas (atuadores)

Atuadores ou saídas, podem ser definidos como elementos de saída que alteram a grandeza controlada através de impulsos elétricos, ou seja, mecanismos que são modificados pelo controlador.

Atuadores podem ser encontrados na forma de motores, resistências, freios, válvulas, sistemas pneumáticos e hidráulicos.

2.3.3 Endereçamento

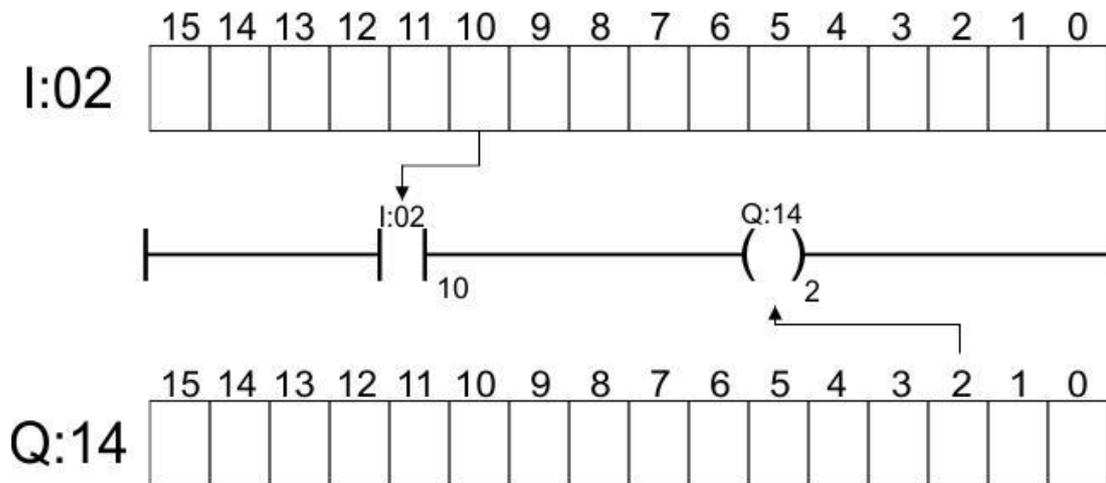
O endereçamento de variáveis é muito semelhante em todos os controladores. As variáveis de entradas e saídas são escritas em regiões de memórias específicas. É utilizado o método a seguir com a elucidação na Figura 7:

I:02/10 e Q:14/02

Onde,

- A primeira letra indica se a variável é de entrada (I) ou saída (Q - em alguns controladores pode ser a letra O), que vai indicar em qual região de memória será escrita a variável;
- Os próximos dois dígitos indicam a localização do módulo de entrada ou saída no CLP;
- Os últimos dois dígitos indicam o endereço do bit.

Figura 7 - Esquema de endereçamento de memória



Fonte: Adaptado de Diogo (2019).

2.3.4 Modo de Execução

A execução do CLP é do tipo cíclica, ou seja, um modelo *scan*, onde ao dar o *start*, ele:

- Lê os estados das variáveis de entrada;
- Realiza processamento (programa);
- Atualiza as saídas;

A Figura 8 exemplifica este processo.

Figura 8 - Esquema do ciclo de atualização de um CLP

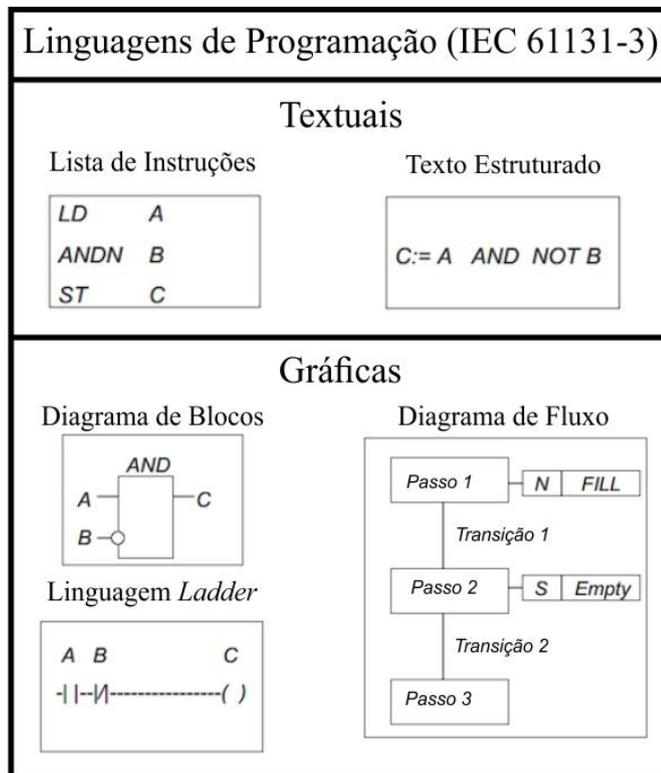


Fonte: Diogo (2019).

2.3.5 Linguagens de programação

O *International Electrotechnical Committee* (IEC) é quem padroniza as linguagens de programação por meio da norma IEC 61131-3 *Programming Languages* e as define em cinco, conforme a Figura 9.

Figura 9 - Linguagens de programação



Fonte: Diogo (2019).

Este trabalho irá focar na linguagem de Texto Estruturado (ST).

As linguagens em texto estruturado são de alto nível, isso significa que são baseadas na forma de programação moderna, como uma ferramenta poderosa e com capacidade de atender às programações mais complexas. As primeiras linguagens desse tipo foram baseadas em Pascal, mas hoje em dia podem ser encontradas em C, C++ e Python.

2.4 Interface Homem Máquina

Interface Homem Máquina (IHM) é todo aquele dispositivo que tem como função mostrar ou alertar, seja por vias sonoras ou visuais, o operador de um equipamento.

No início da automação industrial um painel com botoeiras e luzes era responsável por concentrar os eventos que ocorriam no processo. Mais tarde veio seu substituto, o painel sinóptico, mais complexo e menor em tamanho, ainda continha botões, visores de inversores de frequência e telas de cristal líquido com dados de temperatura e pressão por exemplo. Em ambos os casos, por meio de sinais luminosos o operador tinha conhecimento se uma bomba estava ligada, uma válvula estava fechada ou um alarme estava acionado.

As figuras 10 e 11 apresentam dois modelos encontrados na indústria. Um painel secundário, onde apenas funções de uma determinada parte do processo é observada e atuada e um painel principal, onde todas as funções e possibilidades de interação homem-máquina são possíveis.

Figura 10 - Painel secundário. Equipamento de tingimento



Fonte: Diogo (2017).

Figura 11 - Painel de controle. Equipamento de laboratório



Fonte: Diogo (2019).

Com o crescimento da complexidade dos sistemas houve a necessidade de redução ainda mais de espaço, promovendo uma otimização do espaço fabril. Assim as IHMs mais atuais nasceram.

Geralmente confeccionada em uma tela de cristal líquido (LCD), é um dispositivo que concentra a maioria, senão todas as funções anteriormente encontradas em um painel. IHMs hoje em dia podem ser *touchscreen*, viabilizando a comunicação e interferência do humano com o processo produtivo.

Uma IHM deve ser um aparelho extremamente robusto, sendo capaz de resistir a ambientes agressivos, local onde é instalado. Além disso, sua interface e comando devem ser amigáveis para a utilização, evitando má interpretação e lógica que iniba ações indesejadas.

Figura 12 - Painel de controle. Processamento de leite



Fonte: Casca D'Anta (2019).

2.5 Linguagens

Assim como CLPs, as IHMs são programáveis. É comum cada fabricante possuir seu próprio ambiente de desenvolvimento, mas o modo de operação é sempre igual.

As telas devem ser criadas em programas de criação de imagem e salvas em formato de imagem. Depois as imagens são exportadas para o programa do fabricante, onde cada área da imagem poderá receber variáveis que irão escrever ou ler no CLP conectado.

2.6 Comunicação

É necessário realizar a troca de informações entre o CLP e o IHM (modelo básico de construção), ou seja, para que haja a intervenção, supervisão e interação entre o operador e o sistema é necessário que haja uma ligação entre ambos.

A fim de operar com uma rede robusta e confiável, a automação industrial apoderou-se de protocolos com normas e regras estabelecidas, para fazer a comunicação entre seus

dispositivos da rede. Alguns protocolos utilizados atualmente são: ControlNet, Profibus FMS, Fieldbus HSE e Modbus.

2.7 Ambientes de trabalho

Foi visto até agora que tanto para CLPs quanto para IHMs é necessário programar.

A programação é toda a base lógica de funcionamento, sendo fundamental sua utilização para a troca de sistemas de relés até os microcontroladores disponíveis hoje em dia.

Sendo assim, a programação dos dispositivos teve que acompanhar a evolução ao longo dos anos, para a cada dia ser mais familiar, intuitiva e com melhores ferramentas (APIs, debuggers...)

3. ESTUDO DE CASO

Neste capítulo haverá a apresentação de dois CLPs e a comparação técnica e de custo entre ambos, para posteriormente concluir qual recomenda-se utilizar em determinados projetos.

Para compararmos dois produtos é necessário colocá-los no mesmo ambiente, lado a lado, portanto os seguintes cenários foram levados em consideração:

- Estudos e trabalhos aplicados em universidades e cursos técnicos;
- Aplicações em domótica;
- Aplicações em indústrias de pequeno e médio porte;
 - Tinturarias;
 - Estações de Tratamento de Água (ETAs);
 - Processos de dosagem;
- Aplicações em máquinas e equipamentos de diversos setores industriais;

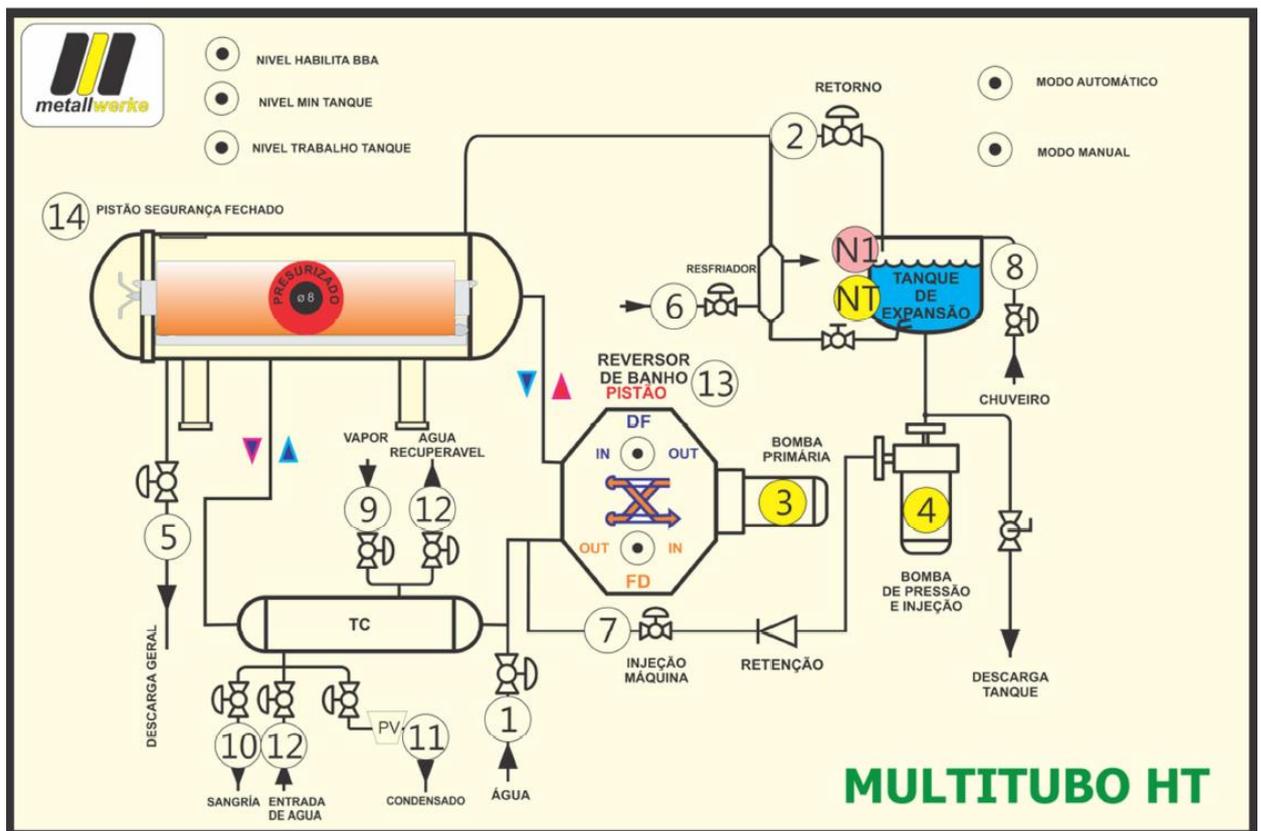
A comparação excluí os seguintes cenários:

- Aplicações em Processos Industriais complexos;
 - Controles de fornos de siderurgia;
 - Processos de fabricação do cimento;
- Aplicações em veículos autônomos;
- Aplicações em braços robóticos e robótica móvel.

3.1 Identificando o caso

A fim de contextualização, uma máquina de tinturaria servirá de estudo. O equipamento tem como função tingir fios em bobinas, que por sua vez tem como receita básica de tingimento adicionar água, corante, elevar a temperatura do sistema até 120°C pressurizando-o e por fim reduzir a temperatura até extinguir-se a pressão para liberar a retirada da bobina tingida. O processo pode ser representado como no quadro sinóptico apresentado na Figura 13.

Figura 13 - Quadro sinóptico. Equipamento de tingimento



Fonte: Metal Werke (2019).

Neste sistema, em (1) é a entrada principal de água para encher a máquina. Em (2) é o retorno de banho do corpo da máquina para o tanque de expansão. (3) é o conjunto motor + bomba principal, que faz a circulação de água por todo o equipamento. (4) é o conjunto motor + bomba secundário, responsável por injetar a solução do tanque de expansão para dentro da máquina bem como proporcionar o aumento de pressão do equipamento. Em (5) está representado a descarga geral do equipamento. (6) é o conjunto de válvulas manual para resfriar a água do retorno de banho, caso a máquina esteja pressurizada, ou seja, com sua temperatura a cima de 100°C e há a necessidade de retornar o banho. (7) é a válvula que controla a injeção da solução do tanque de expansão para a máquina e (8) a entrada de água para o tanque de

expansão. (9), (10), (11) e (12) são responsáveis pelo sistema de resfriamento da máquina, o trocador de calor, com entrada de vapor, sangria, saída de condensado e fluxo de água limpa, respectivamente. (13) é um mecanismo de reversão do banho, onde ora o fluxo de água é direcionado de dentro para fora da bobina e ora é direcionado de fora para dentro. Há também sensores de nível no tanque externo (N1 e NT), um pressostato no corpo da máquina e um pistão utilizado como trava de segurança.

3.2 Comparação entre Alpes PI e Siemens

Nesta seção é feita a apresentação e comparação técnica e econômica dos controladores escolhidos para este trabalho. Apresentados em ordem alfabética de fornecedor:

- Alpes Programação Industrial – MC0801;
- Siemens – S7 1212-C.

3.2.1 Apresentação dos controladores

3.2.1.1 Alpes PI – MC0801

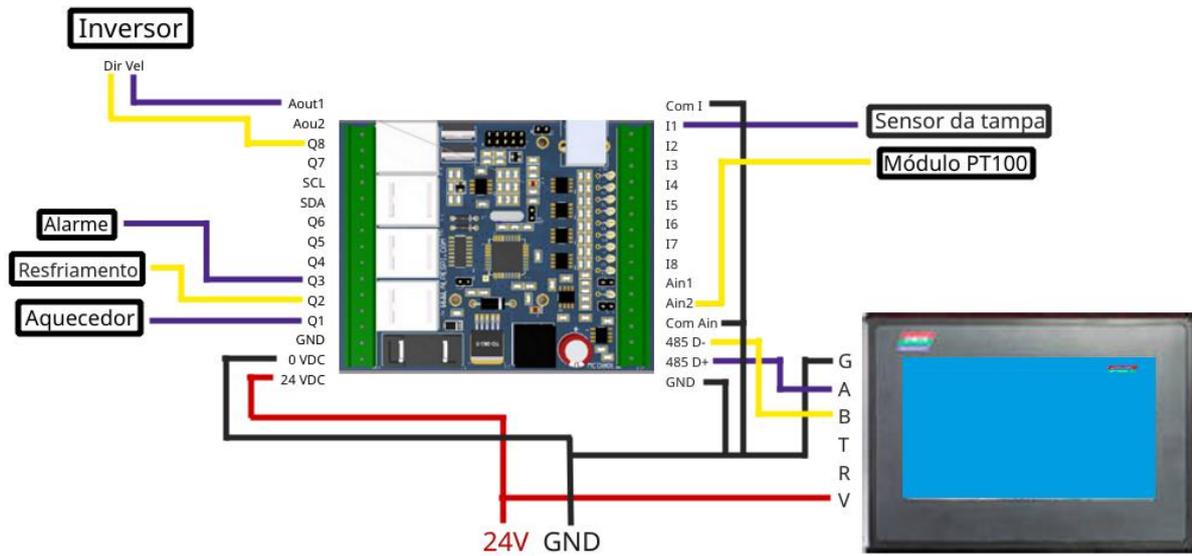
O controlador MC0801 da Alpes PI é o controlador de menor tamanho da empresa. Compacto e funcional é extremamente versátil e robusto. Desenvolvido para aplicações de processos industriais, ele é o mais indicado para o custo benefício, o qual pode ser adquirido por pequenos e médios produtores garantindo sua utilização e fácil manejo por um profissional ou técnico da área de automação.

Sua excepcional facilidade de programação devido à utilização da plataforma mais difundida em automação dos últimos tempos, o Arduino, viabiliza este hardware na maioria das execuções.

A semelhança de aplicação pode ser constatada no Anexo I, onde há um código desenvolvido para o controlador com a estruturação de texto idêntica à uma programação de Arduino.

Um esquemático inicial para o equipamento de tingimento em questão, está apresentado na Figura 14:

Figura 14 - Esquemático de ligação



Fonte: Diogo (2019).

Onde a bomba (3) é ligada na saída analógica para a velocidade e em uma saída digital para mudar sua direção. Quando há eventos, o alarme é acionado por uma saída digital, bem como os processos de resfriamento e aquecimento. Um sensor que indica a tampa fechada é lido na entrada I1. O módulo do sensor de temperatura PT100 é ligado na entrada analógica A2 e a IHM nos bornes 485.

3.2.1.2 Siemens – S7 1212C

O controlador S7 1212C da Siemens é o controlador mais compacto e simples da empresa. Com o tamanho reduzido é versátil para a utilização em pequenos e médios projetos.

Os controladores da marca são conhecidos por serem confiáveis por estarem a muito tempo no mercado de automatização de processos, porém tende a ser manipulado apenas por especialistas da área, por necessitar de softwares e estruturas de linguagens muito restritos à empresa.

3.2.2 Análise técnica

Para comparação das especificações técnicas entre os controladores foi desenvolvida a Tabela 1:

Tabela 1 - Comparação técnica

CARACTERÍSTICAS	ALPES PI	SIEMENS
Alimentação	24 VDC	24 VDC
Entradas digitais	8 x 24VCC	8 x 24VCC
Saídas digitais	8 x 24VCC	6 x 24VCC
Entradas analógicas	2 x 0-10VCC ou 2 x 4-20mA	2 x 0-10VCC
Saídas analógicas	2 x 0-10VCC ou 2 x 4-20mA	-
Resolução analógica	10 bits	14 bits
Plataforma de programação	Diversas	TIA Portal
Comunicação 485	Sim	Sim
Comunicação USB	Sim	Não
Comunicação Ethernet TCP/IP	Sim	Sim
Comunicação WiFi	Módulo	Módulo Expansível
Mestre/escravo	Sim	Sim
Memória de trabalho	32 KB	50 KB
Frequência de chaveamento	10 KHz	100KHz
CPU	ATMega32u4	Siemens

3.2.3 Análise econômica

A Tabela 2 coloca lado a lado o custeio para a aquisição e implementação de cada um do conjunto CLP+IHM, para se fazer uma comparação real dos custos de implantação de um sistema automatizado.

Tabela 2 - Comparação econômica

	ALPES PI		SIEMENS	
CLP	CLP MC0801	R\$ 900,00	CLP S7 1212C	R\$ 1.500,00
IHM	7" touch screen colorido	R\$ 400,00	6" touch screen colorido	R\$ 4.300,00
Software para programação	Qualquer IDE ¹	R\$ 0,00	TIA Portal	R\$ 1.950,00
Custo médio de implementação	-	R\$ 2.500,00	-	R\$ 18.000,00
Total	-	R\$ 3.800,00	-	R\$ 25.750,00

¹ IDE: Integrated Development Environment

Os custos de implementação de *software* foram levantados no mercado, com a mão de obra menos especializada que requer a programação para o controlador nacional e a mão de obra mais especializada para os controladores Siemens.

Relacionando os custos encontra-se a razão:

$$r = \frac{25.750}{3.800} = 6,78$$

Ou seja, a utilização de um produto Siemens é quase sete vezes maior que a aplicação com um Alpes PI.

Vale ressaltar que para esta comparação não é necessário contabilizar custos em comum, como: investimento na máquina, mão de obra para operar, insumos (água, tratamento de água, corantes, produtos químicos, fio não tinto), preço de venda da bobina de fio tinto e produtividade. A produtividade também não é afetada nesta aplicação, já que as mesmas quantidades de bobinas de fios serão tingidas em ambos os casos, segundo o fabricante da máquina.

4. CONCLUSÕES

Este trabalho propôs a utilização de um CLP (controlador lógico programável) de baixo custo para pequenas e médias aplicações em máquinas, equipamentos ou processos industriais.

O estudo foca na utilização de um controlador que pode, principalmente, ser programado mais facilmente que os controladores já consolidados no mercado, com a facilidade de aplicação e um grande suporte da comunidade em ascendência do Arduino.

Após o estudo realizado, foi possível concluir que, monetariamente o investimento no conjunto da Alpes PI é aconselhado, uma vez que seu valor está por volta de sete vezes menor em comparação ao concorrente. Pode-se dizer também, que tecnicamente o CLP da Alpes PI é competitivo, uma vez que para os processos industriais destacados no texto não se fazem necessários à utilização de controles complexos, movimentos precisos ou apurações com alta resolução.

Em contrapartida, a utilização do fabricante nacional não consegue, ainda, oferecer suporte internacional para o seu produto, assim como a legião de técnicos especializados Siemens e sua aplicação em processos mais finos pode não se tornar viável, uma vez que seu poder de memória, frequência de chaveamento e resolução de entradas analógicas podem não atender as demandas da aplicação.

Em ambos os casos há prós e contras, mas a utilização do controlador de baixo custo cobre uma boa parte da aplicação nas indústrias, comércios e processos brasileiros.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MORAES, C. **Engenharia de Automação Industrial**. LTC. 2 Ed. Rio de Janeiro. 2007

ROSÁRIO, J. **Princípios de Mecatrônica**. Pearson. São Paulo. 2005

FRANCHI, C. **Controladores Lógicos Programáveis: Sistemas Discretos**. Érica. 1 Ed. São Paulo. 2008

MARTINS, G. **Princípios de automação Industrial**. Apostila. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2007

SIEMENS. **Módulos de sinal**. Disponível em:

<<https://w3.siemens.com.br/automation/br/pt/automacao-e-controle/automacao-industrial/simatic-plc/s7-cm/SIMATIC-S7-1200/Modulos-de-Sinal/Pages/Modulos-de-sinal1217-9691.aspx?tabcardname=m%C3%B3dulos%20anal%C3%B3gicos&ismobile=true>

> Acesso em: 25 mai. 2019

ALPES PI. **Produtos Alpes PI**. Disponível em:

<<http://alpespi.com/produtos/m%C3%B3dulo-de-controle>> Acesso em: 10 fev. 2019

ELIAR. **Controller T200 E**. Disponível em: < <http://eliar.com/en/t-200-e-textile-dyeing-controller/> > Acesso em: 15 jun. 2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS. **MANUAL DE NORMALIZAÇÃO E ESTRUTURA DE TRABALHOS ACADÊMICOS: TCCS, MONOGRAFIAS, DISSERTAÇÕES E TESES**. 2a edição revista, atualizada e ampliada. 2016

ANEXO I

Exemplo do código de programação para realizar a leitura de um sensor de temperatura e avaliar para acender um led caso exceda o parâmetro estipulado, ao mesmo tempo em que as informações são escritas na tela de uma IHM.

```
#include <Arduino.h>
#include <CLP_header.h>
#include <DWIN_Comm_485.h>

#define VP_ON 0
#define VP_Temperatura 2
int BTN_Liga = 0;

DWIN_Comm mydwin(19200, &Serial1, pin_ENTX);

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    Serial1.begin(19200);
    pinMode(pin_Q1, OUTPUT);
}

void loop() {
    int temperatura = mydwin.read(VP_Temperatura);
    delay(200);
    BTN_Liga = mydwin.read(0x0012);
    delay(500);
    mydwin.write(0x006, 50);
    if (temperatura != 0) {
        Serial.println(temperatura);
        Serial.println(BTN_Liga);
        delay(1000);
    }
    if ((temperatura>80) && (BTN_Liga == 1)) {
        digitalWrite(pin_Q1, HIGH);
    }
    else{
        digitalWrite(pin_Q1, LOW);
    }
}
}
```