

A FUNCIONALIDADE E CONFIABILIDADE DE UM CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL BASEADO EM PIC

Débora Bruna Gomes de Souza¹
Leandro de Oliveira Souza Nunes²

Resumo: Este trabalho busca desenvolver um projeto relacionado aos sistemas atuais de PLC (*Programmable Logic Controller*), um controlador programável utilizado na indústria que dispensa a utilização manual para acionar determinadas funções, porém, a manutenção deste aparelho depende do seu fabricante, o que onera seus custos de manutenção. O objetivo deste projeto é desenvolver um PLC aberto baseado em PIC (Controlador de Interface Periférica), que são microcontroladores de baixo custo, favorecendo a manutenção e reduzindo os custos. Assim, ao desenvolver um protótipo de PLC baseado em PIC procura-se testar sua operacionalidade e confiabilidade dentro de um sistema produtivo industrial, assim avaliando sua segurança no sistema produtivo.

Palavras chave: PLC. PIC. Indústria. Manutenção.

Abstract: This work seeks to develop a project related to current PLC (*Programmable Logic Controller*) systems, a programmable controller used in industry that does not require manual use to activate certain functions. However, the maintenance of this device depends on its manufacturer, which increases your maintenance costs. The project's idea is to develop an open PLC PIC-based (*Peripheral Interface Controller*), which are low-cost microcontrollers, favoring maintenance and reducing costs. Thus, when developing a PIC-based PLC prototype, the aim is to test its operability and reliability within an industrial production system, thus evaluating its safety in the production system.

Keywords: PLC. PIC. Industry. Maintenance.

1. INTRODUÇÃO

O PLC (*Programmable Logic Controller*), controlador lógico programável, é uma peça fundamental utilizada na indústria desde da década de 60 no Brasil, desde então vem

¹ Graduanda em Engenharia Mecânica da Faculdade Ciências da Vida, Sete Lagoas – MG; e-mail: deborabgsouza@gmail.com

² Orientador: Leandro de Oliveira Souza Nunes Graduado em Engenharia de Produção Industrial pela Universidade de Santo Amaro - São Paulo e pós graduado em Engenharia de Automação e Eletrônica Industrial pela Holding Unyleya Educacional. Consultor educacional no desenvolvimento de metodologias de ensino baseado em competências e projetos didáticos para instituições de ensino superior; e-mail: leo.3d@hotmail.com

trazendo muitos benefícios para o setor industrial, dentre eles destaca-se a isenção da mão de obra para acionar determinadas funções no maquinário industrial (LIMA, 2003).

O PLC serve para comandar e monitorar máquinas e/ou processos industriais. Foi desenvolvido com o intuito de atender as demandas da indústria automobilística em meados de 1960, quando ainda eram utilizados grandes painéis elétricos, que não permitiam a programação de controles baseados em lógicas combinacional e sequencial. O PLC surgiu então para resolver esse problema e possibilitar que carros de mesmo modelo, mas que possuíam poucas diferenças, pudessem ser produzidos de forma mais prática e barata, sem precisar modificar todo o sistema fabril. Com o avanço da tecnologia, não demorou muito para que ele se tornasse um equipamento essencial para as linhas de produção.

A ideia deste trabalho foi desenvolver um projeto para solucionar problemas relacionados aos sistemas atuais de PLC, que são de acessos restritos e dependem de seus fabricantes para manutenção, o que acarreta aumento dos custos de operação e manutenção, além de gerar atrasos na produção.

O projeto visa a adaptação de um PLC baseado em PIC (Controlador de Interface Periférica), para o uso industrial, esses modelos são microcontroladores de baixo custo, o que favorece e facilita a manutenção, bem como a reposição de peças, caso necessário (ALCIATORE e HISTAND, 2014). Também se pensou testar tais equipamentos, sua capacidade de operação e confiabilidade em um sistema de produção industrial.

Objetiva-se neste projeto testar um dispositivo PLC microcontrolado por PIC para redução de custos de manutenção e operação, a fim de facilitar o acesso e a manutentabilidade do PLC, verificando a possibilidade de melhoria dos índices de manutenção do equipamento em uma linha produtiva, melhorando seus índices de tempo médio entre manutenção e reparos a fim de atender a demanda do processo de produção. Também tem se por objetivo verificar sua confiabilidade e eficiência na indústria, verificando o seu atendimento a demanda industrial e a sua capacidade operacional dentro deste sistema produtivo.

A proposta deste projeto visa melhorar o processo de manutentabilidade e atendimento do equipamento PLC na indústria, pois o tempo de aplicação de técnicas de manutenção e gerenciamento do equipamento é de grande relevância nos processos produtivos industriais, uma vez que elevam seu custo.

Os dispositivos PLC são equipamentos construídos com sistema fechado, que dependem de seus fabricantes para reposição de peças e muitas vezes manutenção e/ou programação. Estes sistemas geralmente não suportam peças similares de outros fabricantes

desfavorecendo a interoperabilidade. Portanto, a operação, manutenção, implementações e/ou programações de um PLC podem gerar para a empresa, além do custo alto uma onerosidade de tempo, uma vez que depende da disponibilidade de peças, tempo de entrega, instalação e manutenção (DA SILVA, 2007).

MATOS (2017) relata que há uma forte tendência da construção de PLC's abertos, pois a padronização das linguagens permitem a uniformização dos softwares, viabilizando a portabilidade de fornecedores.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 História da automação industrial

Entende-se automação industrial como a aplicação de equipamentos computadorizados ou mecânicos que viabilizam a redução de mão de obra em qualquer processo, reduzindo custos e dinamizando a produção (LIMA, 2003).

Entretanto, Moraes (2013) defende que mecanização é basicamente a substituição da mão de obra humana por uma máquina, e que a automação não substitui o homem, mas cria um sistema em que o homem e a máquina trabalham juntos.

Conforme Silveira e Lima (2003), a história da utilização de máquinas e equipamentos na indústria inicia-se na revolução industrial no fim do século XVIII, porém, a automação industrial já tem origem na pré-história quando o homem tentava mecanizar suas atividades. Exemplo disso é a invenção da roda, moinhos movidos por vento e rodas d'água, que demonstravam as primeiras tentativas do homem de poupar esforço para realizar seu trabalho antes mesmo da automação industrial.

A história da automação industrial tem muitos protagonistas, conforme Lima (2003), o homem nunca se acomodou e sempre procurou novos caminhos para seu desenvolvimento, não somente no âmbito industrial, mas para o avanço da ciência e da engenharia, o que contribuiu importantemente na corrida espacial, aviação comercial, indústria de guerra, entre outras aplicações na indústria.

Relata Medeiros (2003), que a partir da máquina a vapor trazida na revolução industrial, James Watt, desenvolveu o primeiro controlador automático para um processo industrial.

2.2 PLC

Junior (2014) expressa que segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), PLC é um equipamento eletrônico digital com hardware e software compatíveis com aplicações industriais. Contudo, a *National Electrical Manufacturers Association* (NEMA), ressalta que se trata de um aparelho eletrônico digital que utiliza uma memória programável para o armazenamento interno de instruções para implementações específicas, tais como lógica, sequenciamento, temporização, contagem e aritmética, para controlar através de módulos de entrada e saída de vários tipos de máquinas e processos. O PLC surgiu em 1968 e foi um divisor de águas no processo de produção industrial, pois automatizou comandos e controles industriais. Nessa época, a automação era executada quase totalmente por relés com base em lógica fixa, ou lógica *hardwired*, o que resultava em enormes armários de relés eletromecânicos interligados por circuitos elétricos e extensas fiações.

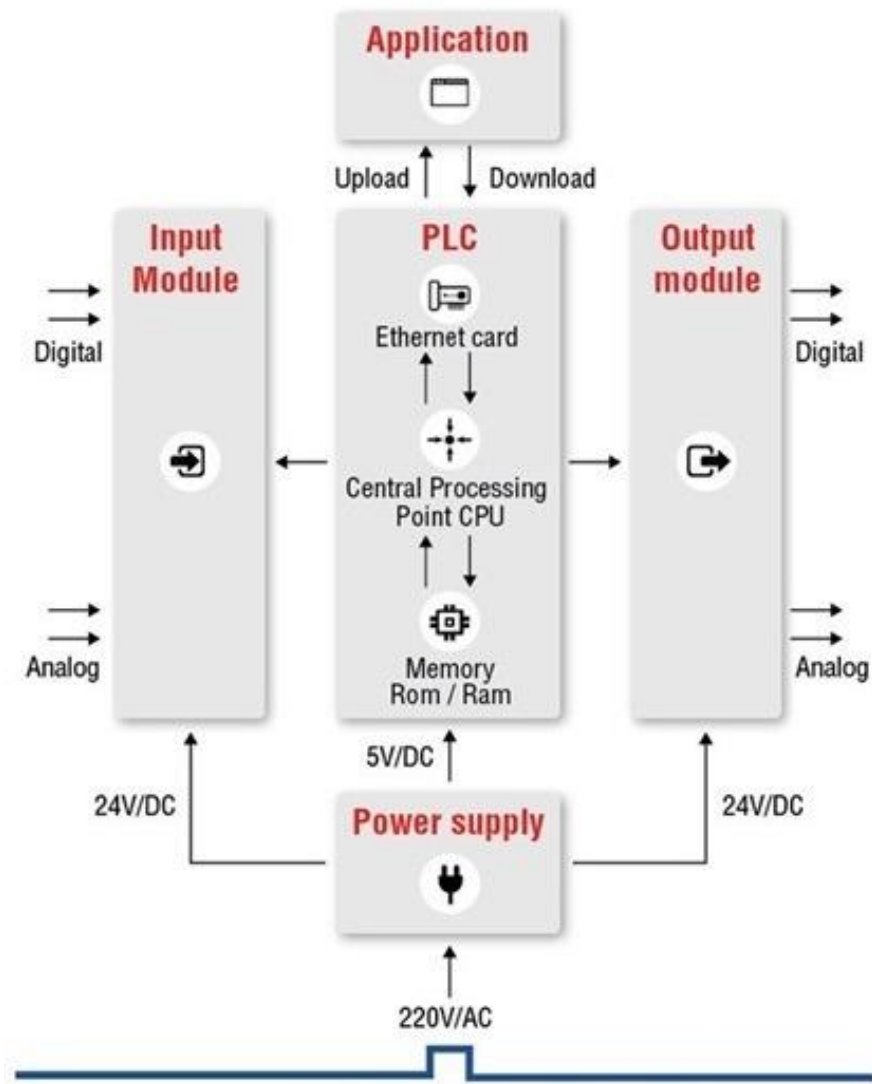
Segundo Lima (2003), o PLC surgiu com o atrativo de controlar processos de manufaturas. A partir da sua eficiência, que trazia por consequência o aumento da lucratividade, qualidade e produtividade fizeram-se criar novos conceitos de produção em escala na indústria automobilística no século XX, por Henry Ford com o conceito da produção em escala (JUNIOR, 2014) e aprimorado em 1969 na *Hydronic Division* da General Motors, sob o comando do engenheiro Richard Morley. Assim a criação do PLC em 1968 veio atender a demanda da complexidade da programação das máquinas e sua aceitação deu-se a grande facilidade em sua programação, que se utilizava da lógica de relés, a linguagem *ladder*, linguagem natural de eletricitistas, era fácil de entender, gerava menos códigos e cabia na pequena memória do PLC.

FRANCHI e Camargo (2013) consideram que o PLC é um tipo de computador característico ao ambiente industrial, onde seus atuadores são conectados a robustos cartões de interface. Atualmente, com o uso de circuitos integrados, é possível utilizar um PLC para circuitos que equivalem a quinze relés.

Já segundo Capelli (2007), o PLC tem o modo de programação versátil. Tem como funções principais: relações lógicas, matemáticas, números inteiros e binários, ponto flutuante (reais), operações trigonométricas, aritméticas, transporte, armazenamento de dados, comparação, temporização, contagem e sequenciamento.

O PLC conjuga a integração entre operação, programação e usuário e disponibiliza poderosas funções aritméticas para manipulação de dados, sendo possível interligar PLC's em rede, trazendo flexibilidade e segurança no sistema inserido (SOUZA, 2008).

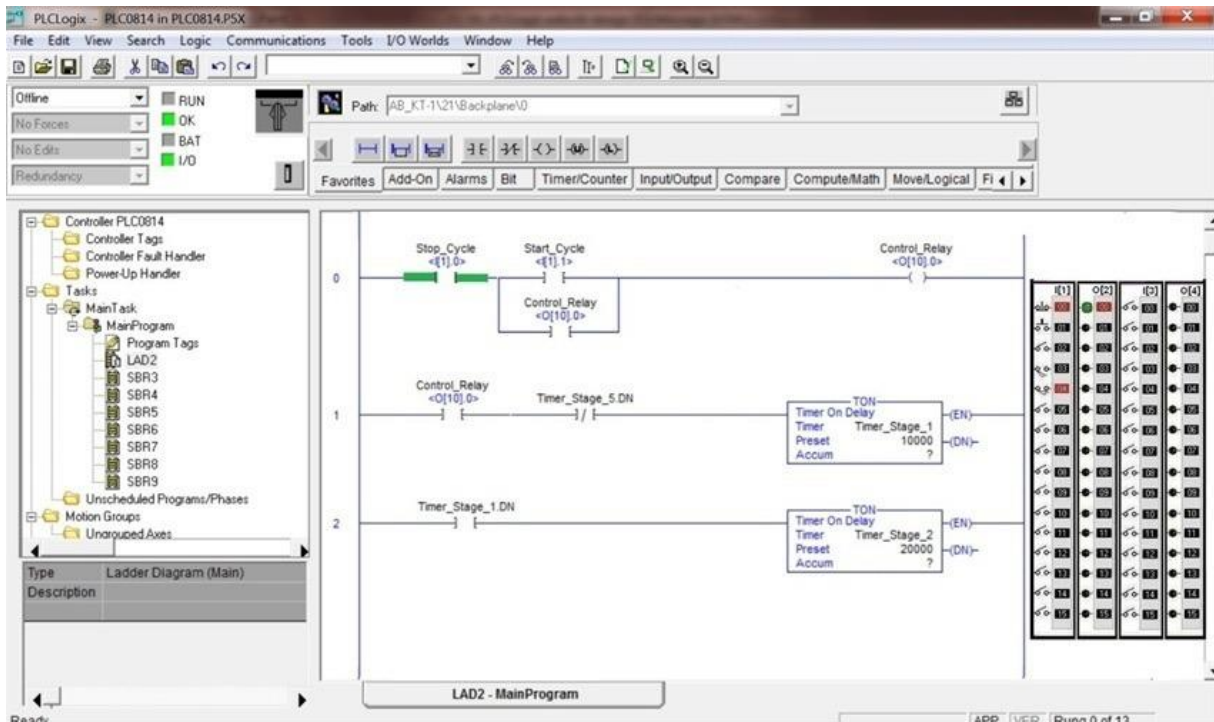
Figura 1 – Arquitetura de um PLC.



Arquitetura de um PLC.

Fonte: <https://hidraulicaepneumatica.com/o-que-e-um-plc/>

Figura 2 – Código ladder em um PLC.



Código Ladder em um PLC.

Fonte: <https://ab.rockwellautomation.com/>

2.2.1 Classificação dos PLC's

Os PLCs podem ser classificados conforme sua capacidade. Nano e micro são PLC's que possuem até 16 entradas e saídas, geralmente são compostos por um único módulo com capacidade de memória máxima de 512 passos. PLCs de médio porte têm capacidade de entrada e saída em até 256 pontos, digitais e analógicas permitindo até 2048 passos de memória. E os PLCs de grande porte têm construção modular com CPU principal e auxiliares. Módulos de entrada e saída digitais e analógicas, módulos especializados, módulos para redes locais, permitem a utilização de até 4096 pontos e permite a otimização da memória de acordo com a necessidade do usuário (GEORGINI, 2018).

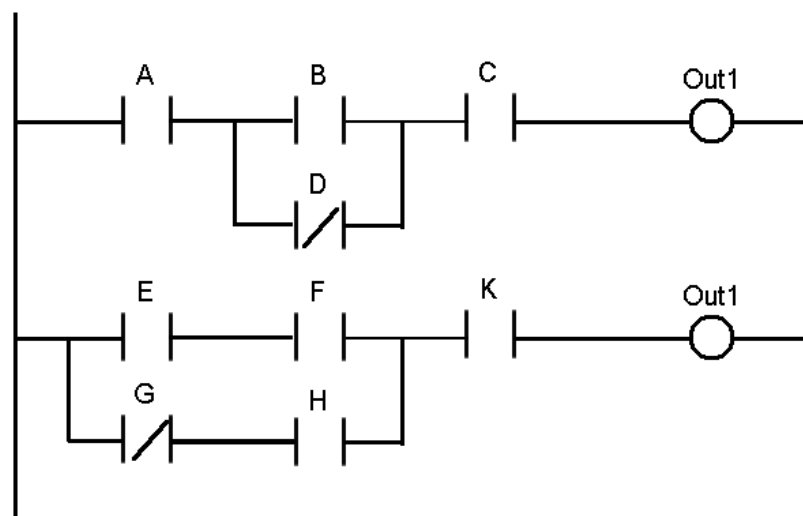
2.3 Linguagem ladder

A linguagem *ladder* é uma linguagem de programação gráfica, muito parecida com a de diagramas elétricos. Padronizada pelo órgão *International ElectroTechnical Commission*

(IEC) dentro da norma IEC 61131-3, publicada em 1993, como forma para a padronização de programação de controladores lógicos programáveis (PLC).

O diagrama *ladder*, primeira linguagem que surgiu para a programação de PLCs por ser uma linguagem fácil de ser entendida, e muito semelhante com as lógicas de contatos de comandos elétricos (CASILLO, 2020).

Figura 3 – Sistema Linguagem Ladder.



Fonte: citysystems.com.br.

2.4 Manutenção industrial

Segundo a ABNT (NBR 5462, 1994), manutenção é o conjunto de medidas e atividades sejam técnicas ou administrativas para manter funcionamento almejado da produção industrial, através de intervenções pertinentes e precisas.

Logo, entende-se a manutenção industrial como um conjunto de ações imprescindíveis para a longevidade das máquinas e equipamentos, mitigando a eminência de manutenções corretivas, ocasionando atrasos na produção. Por consequência, a redução de custos em geral.

Souza (2019) salienta que há vários tipos de manutenção industrial que podem ser a manutenção corretiva não programada, que é quando a correção se dá em um componente ou equipamento que apresenta falhas ou baixo desempenho; manutenção corretiva programada, que é o planejamento gerencial da manutenção do equipamento que equipamento que apresenta falhas ou baixo desempenho; manutenção preventiva que ocorre seguindo um plano

previamente elaborado pela empresa, este tipo de manutenção evita ou mitiga falhas futuras; na manutenção preditiva, ela acontece a partir de dados, ações ou informações anteriormente apresentadas e analisadas, a atuação é realizada com base em modificação dos parâmetros de condição ou desempenho, a manutenção detectiva atua na detecção de falhas ocultas ou imperceptíveis aos operadores e setor de manutenção industrial e finalmente a engenharia de manutenção, quando o engenheiro de manutenção atua aplicando técnicas modernas de modo a alcançar uma melhor manutenibilidade, confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos.

3. METODOLOGIA

Segundo Martins (2004), a pesquisa qualitativa é definida como aquela que privilegia a análise de microprocessos, e tem caráter heterodoxo.

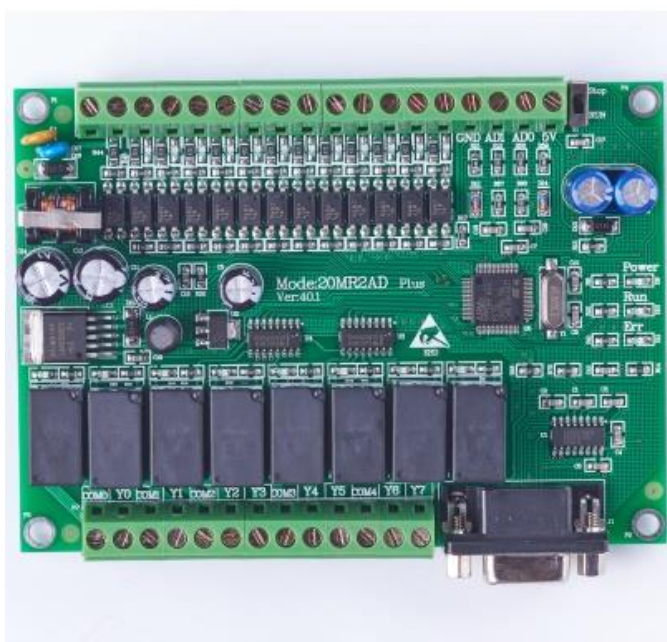
GIL (2017) aborda a pesquisa qualitativa como um procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos.

Para viabilizar a construção de um dispositivo PLC em PIC a fim que seja utilizado e testado em uma indústria, com o intuito de sanar dificuldades pertinentes neste segmento, escolheu-se neste projeto a metodologia de pesquisa qualitativa, experimental e exploratória, além da pesquisa de campo que permite coleta de dados necessários à pesquisa, tais procedimentos serão os norteadores para alcançar tais objetivos.

Conforme Gil (2017), a pesquisa experimental tem como fim selecionar as variáveis que auxiliariam nos resultados aguardados, também permite definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto. Já a pesquisa exploratória permite maior familiaridade com o objeto.

Então, pensou-se na execução deste projeto, a adaptação de um dispositivo PLC de programação em *ladder*, suportando a troca de peças e componentes independente do fabricante e que qualquer profissional habilitado possa fazer os reparos no mesmo. Para adaptação deste modelo de PLC, foi escolhido o Controlador de Interface Programável o PIC, que é um microcontrolador de baixo custo, amplamente utilizado na eletrônica industrial.

Figura 4 – PLC baseado em PIC.



Fonte: <https://www.clpware.com.br/programacao-clp>.

Para efetuar o teste foi montado um sistema pneumático em uma empresa fornecedora de componentes automotivos em Sete Lagoas - MG para testar o protótipo do PLC em um ambiente agressivo, verificando o desempenho do mesmo sob interferência eletromagnética. Abaixo segue a lista de materiais utilizados na montagem do sistema:

Tabela de materiais.

Quantidade	Materiais
1	Cilindro pneumático de dupla ação
1	Válvula 5/2 vias duplo acionamento por solenoide
2	Sensores
1	Fonte chaveada 24 Volts
1	Fonte chaveada 12 Volts
1	Chave seletora de duas posições
1	PLC baseado em PIC

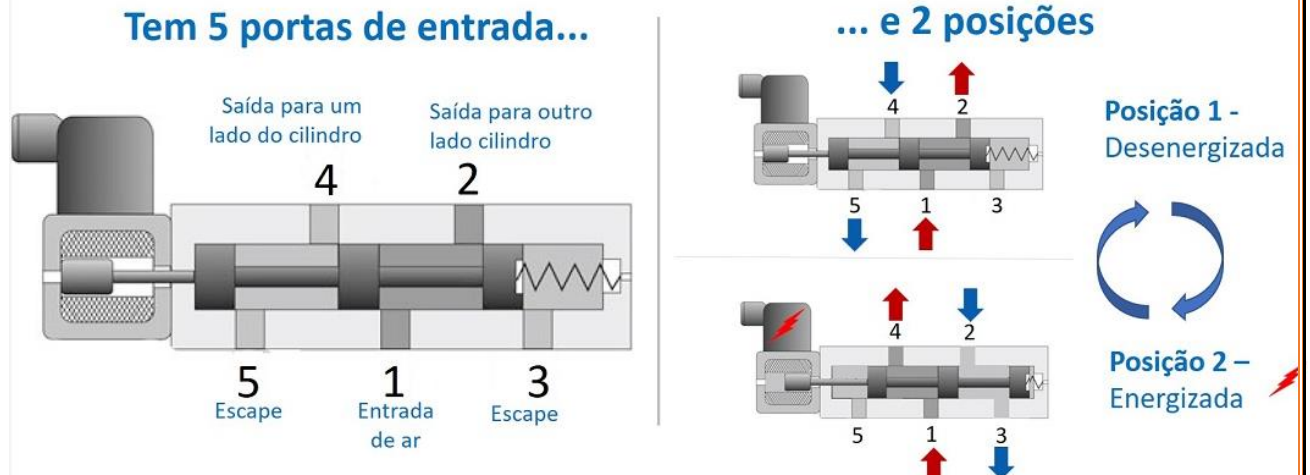
Fonte: Elaborado pela autora.

O primeiro passo foi montar o sistema pneumático, onde uma válvula 5/2 vias foi conectada a um cilindro pneumático de dupla ação e a rede de ar comprimido da fábrica, para que o sistema fosse controlado pelo PLC.

Conforme apresentado na figura abaixo, a válvula solenóide possui cinco portas de entrada e duas posições, onde, a porta 4 é a saída da válvula para o cabeçote dianteiro do cilindro, a porta 2 é a saída da válvula para o cabeçote traseiro e a porta 1 é a entrada de ar comprimido. Quando o PLC envia para solenóide da válvula o comando para que o cilindro seja acionado, a válvula é energizada, injetando ar comprimido pelo cabeçote traseiro, fazendo a haste do cilindro avançar. No momento em que a haste e o pistão avançam o ar comprimido presente na parte dianteira do cabeçote sai pela porta de escape 5.

Figura 5 – Válvula 5/2 vias

Uma válvula solenoide 5/2



Fonte: <https://www.mtibrasil.com.br/como-funciona-valvula-solenoide-52.php>.

Figura 6 – Cilindro dupla ação



Fonte: <https://valvulas.vergoautomacao.com.br/cilindro-pneumatico/cilindro-pneumatico-dupla-acao/cilindro-pneumatico-de-dupla-acao-joinville>.

Foram utilizados dois sensores para identificar o avanço e o recuo da haste do cilindro, os mesmo atuados pelo pistão. O sensor colocado próximo ao cabeçote dianteiro era responsável por identificar a haste avançada, e o sensor colocado próximo ao cabeçote traseiro identificava a haste recuada. No momento que o sensor enviava para o microcontrolador o sinal de haste avançada o mesmo enviava para a solenóide da válvula o sinal para que a haste fosse recuada, mudando o ar comprimido da porta 2 para a porta 4, pelo cabeçote dianteiro, fazendo com que ar comprimido presente na parte traseira do cilindro saísse pela porta de escape 3.

O PLC foi alimentado por uma fonte chaveada de 12 volts e a válvula solenóide foi alimentada por uma fonte de 24 volts. Todo o sistema foi ligado a uma rede elétrica de 127 volts. Sendo utilizado uma chave seletora para acionar e desacionar as duas fontes.

Figura 7 – Fonte chaveada.



Fonte: <https://www.tudoforte.com.br/acessorios-de-cameras-cftv/fontes-de-alimentacao/fonte-chaveada-12v-10a-tipo-colmeia-ideal-para-cftv>.

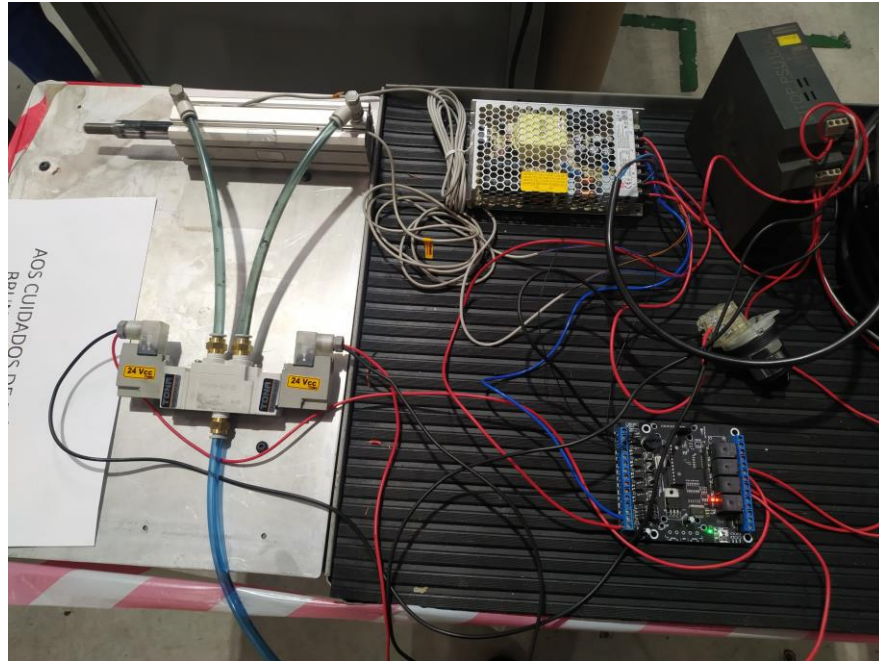
Figura 8 – Chave seletora.



Fonte: <https://www.magazineluiza.com.br/chave-seletora-manopla-curta-22mm-2-posicoes-fixas-xb5ad21-schneider/p/fe1g9a77j8/ed/apml/>.

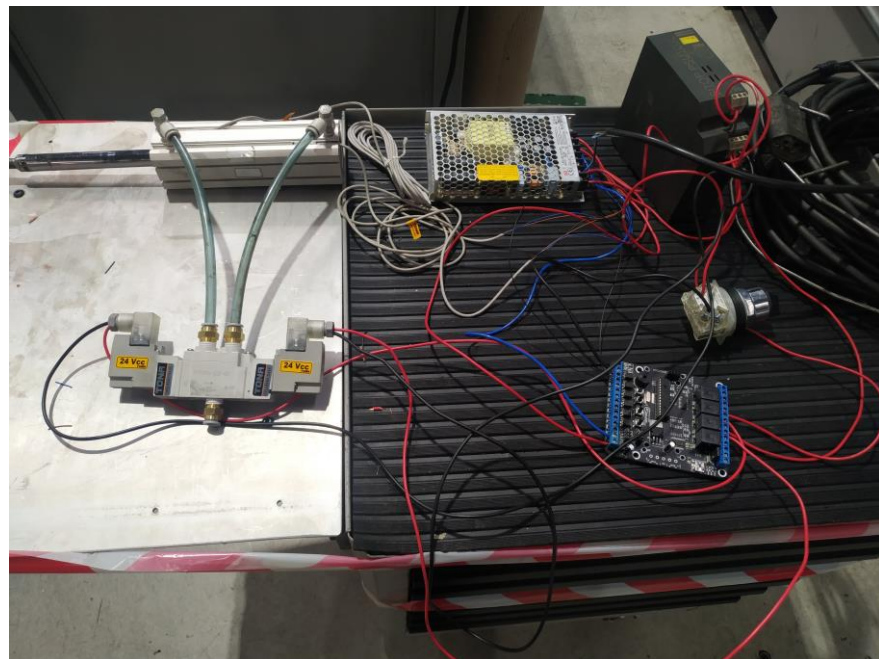
Na imagem 1 é possível visualizar o cilindro recuado, já na imagem 2 o mesmo cilindro se encontra acionado.

Imagem 1 - Cilindro recuado.



Fonte própria.

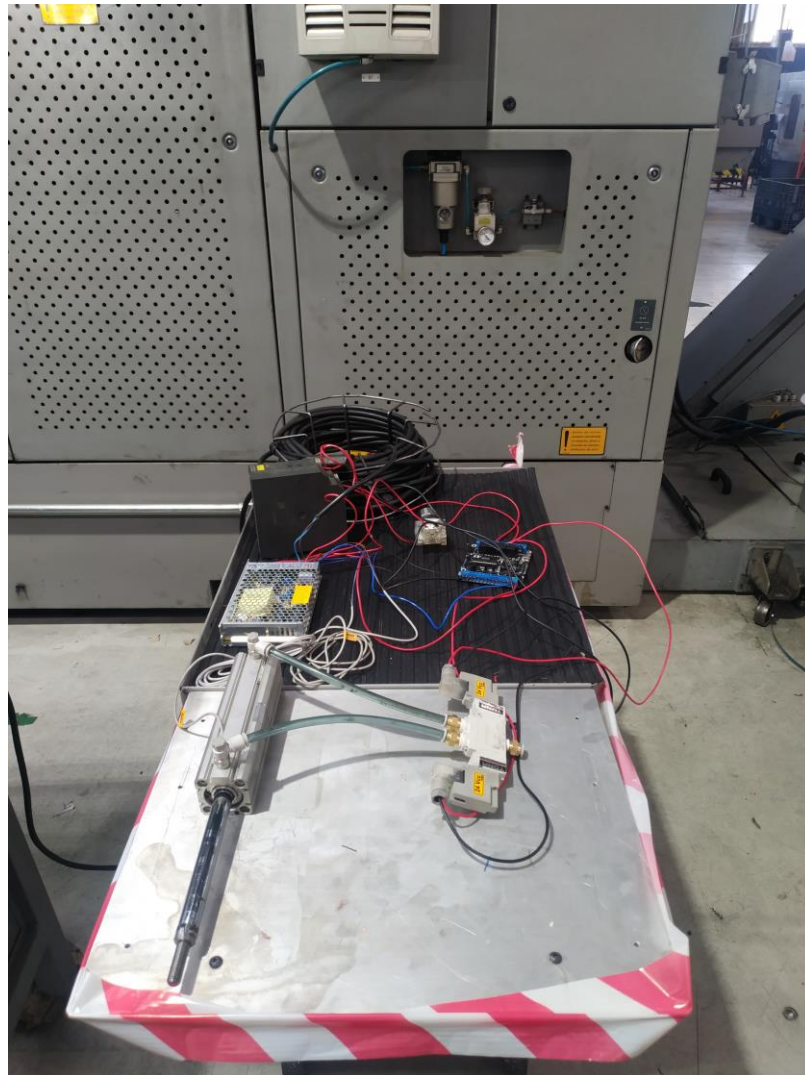
Imagem 2 - Cilindro avançado.



Fonte própria.

Todo esse sistema foi montado sobre uma bancada horizontal no centro de um galpão de usinagem, próximo a tornos CNC, conforme apresentado na imagem 3, de modo que o microcontrolador ficasse exposto a todo tipo de adversidades do ambiente. O seu funcionamento foi monitorado a cada uma hora durante um período de 5 dias.

Imagem 3 - Sistema montado.



Fonte própria.

4. ANÁLISE DE DADOS

Durante o monitoramento do desempenho do PLC em um ambiente agressivo, com interferências de poeira, umidade, óleo, vibrações e ondas eletromagnéticas foi possível

verificar que o PLC baseado em PIC é confiável em áreas industriais, uma vez que desempenhou perfeitamente sua programação dentro do período observado.

Os testes realizados no primeiro momento foram para verificar a funcionalidade do sistema. Quando o sistema foi acionado o microcontrolador enviou o sinal a solenóide da válvula para que a mesma fosse acionada, fazendo com que a haste do cilindro avançasse, o sensor de haste avançada se acionou fazendo com que a haste do cilindro recuasse, e assim consecutivamente. Esse primeiro teste foi realizado por 8 horas seguidas, sem que o sistema apresentasse falha.

O segundo teste foi realizado para testar a confiabilidade do PLC em desempenhar seu papel por um longo período. O sistema ficou em funcionamento por 24 horas consecutivas não apresentando superaquecimento ou falha funcional.

Durante os testes os equipamentos não apresentaram falhas, não sendo possível calcular o tempo médio de manutenções e reparos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao realizar os testes com o sistema PLC, verifica-se a confiabilidade do sistema e sua eficácia, uma vez que funcionou por 24 horas seguidas sem apresentar superaquecimento ou falhas operacionais, isto comprova que de fato o PLC baseado em PIC funciona. O teste deste protótipo comprovou que investir neste sistema é uma proposta rentável para a indústria pois dentro da própria empresa pode-se desenvolver tais equipamentos com um custo mais acessível.

Durante as análises realizadas não foi possível calcular o tempo médio de manutenções e reparos, devido ao período em que ocorreu os testes, sendo necessário um estudo mais demorado para a verificação das melhorias nos índices de manutenção, porém o mercado exige agilidade e economia na produção de bens e serviços, sendo uma das melhores formas de atender essa demanda é aplicando a tecnologia para resolver problemas, utilizando ferramentas para automação de processos, uma vez que, o investimento nesse setor não visa apenas a redução de mão de obra, ele também possui uma relação direta com a ergonomia, trabalhos e movimentos repetitivos, operações em áreas de risco, sejam por produtos químicos, material radioativo, ou ainda, sequências produtivas que impossibilitam o homem de garantir quantidade e qualidade dos produtos.

Existem várias opções no mercado que conseguem ajudar a indústria e a incrementação do sistema de PLC baseado em PIC também poderia ser uma opção neste mercado competitivo.

REFERÊNCIAS

ALCIATORE, David G. HISTAND, Michael B. **Introdução à mecatrônica e aos de medição**. Porto Alegre: Ed. AMGH Editora Ltda, 2014.

CAPELLI, Alexandre. **Automação industrial: controle de movimento e processos contínuos**. São Paulo: Ed. Érica, 2007.

CASILLO, Danielle. **Linguagem Ladder** . Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró. RN. 2020

DA SILVA, Marcelo Eurípedes. **Controladores Lógico Programáveis – Ladder**. Piracicaba.SP. 2007. Disponível em <http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasivan/AULACLP.pdf> Acesso em 26 mai 2020

DE MEDEIROS, Abelardo Adelino Dantas. (2003). **Modelagem e Análise de Sistemas Dinâmicos, Apostila**.

FRANCHI, Claiton Moro e CAMARGO, Valter Luiz Arlindo de. **Controladores Lógico Programáveis**, Sistemas Discretos. São Paulo: Ed. Editora Érica, 2013. 2 ed. 352p.

GEORGINI, João Marcelo. **Automação Aplicada - Descrição e implementação de Sistemas Sequenciais com PLCs** . Ed. Erica. 9 ed. 2018

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

JUNIOR, Clóvis Lemes Ferreira. **Desenvolvimento de uma plataforma para aplicação de mobilidade na manutenção de processos de automação**. Curitiba. PR. 2014.

LIMA, Fábio Soares. **A automação e sua evolução**. UFRN. Natal, RN. 2003. Brasil. Disponível em https://www.dca.ufrn.br/~affonso/FTP/DCA447/trabalho1/trabalho1_16.pdf Acesso em: 10 mai 2020.

MARTINS, Heloisa Helena T. de Souza. **Metodologia qualitativa de pesquisa** <https://doi.org/10.1590/S1517-97022004000200007> . 2004. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1517-97022004000200007&script=sci_arttext. Acesso em 08 jun 2020.

MATOS, Nuno Cesar Silva. **Modelagem de sistemas para controladores lógicos programáveis utilizando o desenvolvimento baseado em componentes e IEC-61131-3: Aplicação em indústria de petróleo e gás**. 2017 Disponível em <http://repositoriosenaiba.fieb.org.br/handle/fieb/914>

MORAES, Everton. **Mecanização**. 2013. Disponível em <http://saladaautomacao.com.br/automacao-nao-e-mecanizacao/> Acesso em 12 mai 2020.

NORMAS. NBR 5462/1994. **Confiabilidade e manutenibilidade**. Disponível em <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/8044/abnt-nbr5462-confiabilidade-e-mantenibilidade> Acesso em: 11 mai 2020.

SOUZA, Muller de Almeida. **Manutenção industrial**. 2019 Disponível em <http://repositorio.idaam.edu.br/jspui/handle/prefix/85> Acesso 08 jun 2020.

SILVEIRA, Leonardo. LIMA, Weldson Q (2003) **Um breve histórico conceitual da Automação Industrial e Redes para Automação Industrial**. Disponível em http://www.academia.edu/download/43839581/Redes_Industriais_e_Automacao.pdf Acesso em: 10 mai 2020.

SOUZA, L. E. **Arquiteturas de Sistemas de Automação. Apostila do curso de Automação e Controle Industrial – Uma Visão Gerencial**. 2008. Fundação de Pesquisa e Assessoramento à Indústria – FUPAI, Itajubá - MG, 2008.