

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO ESTADO
DA BAHIA -CAMPUS SALVADOR
CURSO TÉCNICO EM ELETROTÉCNICA**

Karin Beatriz Silva Souza

Raíssa Maria Santos Araújo

**ESTUDO TEÓRICO SOBRE O USO DOS ROBÔS
COLABORATIVOS (COBOTS) NA INDÚSTRIA4.0 COMO
FERRAMENTA DA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL**

Salvador, 2025



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO ESTADO
DA BAHIA- CAMPUS SALVADOR**

CURSO TÉCNICO EM ELETROTÉCNICA

Karin Beatriz Silva de Souza

Raíssa Maria Santos de Araújo

ORIENTADOR: Dr. RENATO ANUNCIÇÃO FILHO

**ESTUDO TEÓRICO SOBRE O USO DOS ROBÔS COLABORATIVOS
(COBOTS) na indústria 4.0 COMO FERRAMENTA DA AUTOMAÇÃO
INDUSTRIAL**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Coordenação do curso de
Eletrotécnica do Instituto Federal da
Bahia, Campus Salvador, para
aproveitamento do requisito Estágio
Supervisionado.

Orientador: Prof. Dr. Renato da
Anunciação Filho

SALVADOR, 2025

S729e Souza, Karin Beatriz Silva de

Estudo teórico sobre o uso dos robôs colaborativos (COBOTS) na indústria 4.0 como ferramenta de automação industrial / Karin Beatriz Silva de Souza; Raíssa Maria Santos de Araújo; orientador Renato da Anunciação Filho -- Salvador, 2025.

66 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Eletrotécnica) -- Instituto Federal da Bahia, 2025.

1. Automação industrial. 2. Automação colaborativos. 3. Ladder. 4. Cobots. 5. Indústria 4.0. I. Araújo, Raíssa Maria Santos de, colab. II. Anunciação Filho, Renato da, orient. III. TÍTULO.

CDU 681.5

Karin Beatriz Silva de Souza
Raíssa Maria Santos de Araújo
ORIENTADOR: Dr. RENATO ANUNCIÇÃO FILHO

**ESTUDO TEÓRICO SOBRE O USO DOS ROBÔS COLABORATIVOS
(COBOTS) na indústria 4.0 COMO FERRAMENTA DA AUTOMAÇÃO
INDÚSTRIA**

Trabalho de conclusão de curso,
apresentado ao Instituto Federal
da Bahia como requisito parcial
de conclusão do curso Técnico
Integrado de Eletrotécnica.
Processo SEI IFBA:
23442.001230/2024-78

Banca examinadora

Orientador: Prof. Dr Renato

Prof. Dra. Elenise Barreto Barbosa Anunciação

Avaliador 01

Prof. Dr Milton Elvis Zevalhos Alcahuaman

Avaliador 02

Salvador, 17 de março 2025

Renato Anunciação Filho

Agradecimentos

Primeiramente, gostaríamos de agradecer ao professor doutor orientador Renato de Anunciação Filho, pelo apoio e orientação no desenvolvimento deste trabalho, também a banca examinadora por ter tido tamanha disponibilidade para a análise do trabalho de conclusão de curso.

Aos familiares e amigos, em especial a minha mãe Patrícia Jesus e minha avó Ana Maria, e a José Leandro Guedes por todo apoio, base e cumplicidade durante todo o percurso de formação do curso.

Por fim, obrigada a minha dupla, pois sem sua tamanha cumplicidade não seria possível realizar esse trabalho, e obrigada a todo corpo docente do departamento de eletrotécnica por esses três anos de ensino realizado com êxito, serão conhecimentos levados durante toda a vida.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer ao professor doutor orientar Renato De anunciação Filho, pelo amplo tempo e esforço dedicado a orientação do trabalho, sem ele, isso não seria possível, assim como a minha dupla.

Gostaria de agradecer também a minha família, em específico a minha mãe, sem o apoio dela isso não seria possível, pois ela foi o meu pilar.

Além disso, gostaria de agradecer ao meu colega de classe William Mascarenhas por todo apoio e dedicação, e ao laboratório maker por fornecer os computadores utilizados durante a fundamentação teórica.

Resumo

O presente trabalho de conclusão de curso (TCC) intitulado "Estudo Teórico sobre o Uso dos Robôs Colaborativos (Cobots) na Indústria 4.0 como Ferramenta da Automação Industrial" tem como objetivo analisar a implementação dos robôs colaborativos, também conhecidos como cobots, no contexto da Indústria 4.0, destacando seu papel na automação dos processos industriais. A pesquisa aborda aspectos teóricos relacionados ao desenvolvimento, características, benefícios e desafios associados à integração dos cobots nas linhas de produção. Os cobots são caracterizados por sua capacidade de interagir diretamente com os operadores humanos, sem a necessidade de sistemas de segurança tradicionais, como cercas ou barreiras., essa interação acontece graças a um conjunto de tecnologias, como exemplo os sensores que permitem um funcionamento adequado e eficiente.

Palavras-chaves: automação industrial, automação colaborativos, ladder, cobots, indústria 4.0, simulador, robôs colaborativos.

Abstract

This final course work (TCC) entitled "Theoretical Study on the Use of Collaborative Robots (Cobots) in Industry 4.0 as a Tool for Industrial Automation" aims to analyze the implementation of collaborative robots, also known as cobots, in the context of Industry 4.0, highlighting their role in the automation of industrial processes. The research addresses theoretical aspects related to the development, characteristics, benefits and challenges associated with the integration of cobots in production lines. Cobots are characterized by their ability to interact directly with human operators, without the need for traditional safety systems, such as fences or barriers. This interaction occurs thanks to a set of technologies, such as sensors that allow proper and efficient operation.

Keywords: home automation, collaborative automation, ladder, cobots, industry simulator, collaborative robots.

Lista de abreviaturas e siglas

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

CLP- Controlador Lógico programável

CRM- *Customer Relationship Management* (Relacionamento com o cliente)

GM- *General Motors*

FBD- *Function block diagram* (Diagrama em bloco)

IA- Inteligência artificial

IEC- Comissão de Eletrotécnica

IEDs- *Intelligent Electronic Devices* (*Dispositivos eletrônicos inteligentes*)

IHM- Interface Homem- Máquina

IL- *Instruction List* (Lista de Instruções)

IoT- *Internet Of Things* (Internet das coisas)

LD- *Ladder diagram* (diagrama ladder)

NA- Normalmente aberto

NF- Normalmente fechado

PIR- *Passive infrared* (infravermelho)

SCADA- *Supervisory Control And Data Acquisition* (Controle Supervisorio)

TP- Terminal de Programação

CRM- *Customer Relationship Management* (Gestão de relacionamento com o cliente)

LISTA DE TABELAS E FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 01 Piramide da automação industrial..... | 18 |
| Figura 02 Gráfico de entradas digitais | 23 |
| Figura 03 Saídas Digitais de um CLP | 23 |
| Figura 04 Saídas analogicas de um CLP | 24 |
| Figura 05 Esquema de interligação entre as entradas e saídas de um CLP | 25 |
| Figura 06 Função E/ AND do controlador lógico programável | 33 |
| Figura 07 Função E/ AND do controlador lógico programável | 33 |
| Figura 08 Função NOT (inversa) do controlador lógico programável..... | 34 |
| Figura 09- Planta Desenvolvida no Factory IO..... | 49 |
| Figura 10 Fluxograma Funcional | 50 |
| Figura 11 Diagrama ladder feito no programa OMRON | 54 |
| Figura 12 -Planta industrial demonstrando um processo industrial no Factory IO..... | 57 |
| Tabela 01-Variaveis de Entradas | 52 |
| Tabela 01-Variaveis de Saída | 53 |

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1.0 Introdução | 12 |
| 2.0 Metodologia | 15 |
| 2.1 Método Teórico | 15 |
| 3.0 Automação Elétrica Industrial..... | 16 |
| 3.1 Histórico da automação industrial..... | 16 |
| 3.2 Conceito da Automação Elétrica Industrial | 17 |
| 3.3 Importância da automação na área digital..... | 18 |
| 4.0 Tecnologias da Automação Elétrica Industrial | 20 |
| 4.1 Conceito e Histórico dos CLPs | 20 |
| 4.2 Função dos CLPs | 20 |
| 4.3 Princípio de Funcionamento dos CLPs..... | 22 |
| 4.4 Sensores | 27 |
| 4.5 Transdutores..... | 29 |
| 4.6 Conceito Relés Inteligentes..... | 30 |
| 4.7 Linguagem Ladder..... | 32 |
| 4.7.1 Primórdios da Linguagem ladder | 32 |
| 4.7.2 Funções Lógicas da Linguagem Ladder..... | 32 |
| 4.7.3 Funções Lógicas especiais | 34 |
| 5.0 Uso dos robôs e suas variações utilizados na automação..... | 37 |
| 5.1 Conceito | 37 |
| 5.2 Tipo de Robôs e suas aplicações na indústria | 40 |
| 5.3 Tecnologias utilizadas nos robôs colaborativos | 42 |
| 6.0 Uso dos Simuladores virtuais para a implementação de sistemas automatizados..... | 44 |
| 6.1 Simulador Factory IO | 44 |
| 6.2 Interconexão entre o factory IO e CLP da OMRO | 45 |
| 6.3 Princípio de Funcionamento do OPC Client..... | 46 |
| 7.0 Integração de Comunicação entre o factory IO e CLP da OMRON..... | 47 |
| 7.1 Tecnologia OPC Client | 48 |
| 8.0 Metodologia e Desenvolvimento do Trabalho..... | 49 |
| 9.0 Resultados e Discussões | 58 |
| 10.0 Conclusão | 61 |
| 11.0 Referências Bibliográfica | 63 |

ESTUDO TEÓRICO SOBRE O USO DOS ROBÔS COLABORATIVOS (COBOTS) NA INDÚSTRIA 4.0 COMO FERRAMENTA DA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

Justificativa do trabalho

O presente trabalho, foi desenvolvido com o objetivo de analisar o uso dos robôs (cobots) na indústria 4.0 como ferramenta de automação industrial, considerando sua importância crescente nesse contexto de transformação na nova era tecnológica. A escolha desse tema se justifica pela necessidade de aprofundar o entendimento sobre como essas tecnologias estão impactando os processos produtivos, trazendo inovações no aumento da eficiência, segurança e flexibilidade das fábricas modernas. A indústria 4.0 promove uma nova abordagem de produção, integrada e altamente automatizada, onde os robôs desempenham um papel fundamental, trabalhando ao lado de seres humanos e complementando suas atividades. Este estudo visa compreender como os cobots contribuem para a redução de custos operacionais, a melhoria da qualidade e a otimização dos processos produtivos. Além disso, é importante destacar que essa tecnologia pode representar uma oportunidade significativa para empresas de todos os portes, oferecendo soluções acessíveis e escaláveis em um cenário de transformação digital cada vez mais acelerado.

1.0 Introdução

A Indústria 4.0 representa uma nova era da manufatura, impulsionada pela digitalização, conectividade e automação inteligente. Nesse contexto, os robôs colaborativos, ou cobots, surgem como uma inovação fundamental, transformando a forma como humanos e máquinas interagem no ambiente industrial. Diferentemente dos robôs industriais tradicionais, que operam isoladamente por questões de segurança, os cobots são projetados para trabalhar lado a lado com operadores humanos, proporcionando maior flexibilidade, eficiência e segurança no chão de fábrica.

Os robôs colaborativos trazem uma nova dimensão para a automação nas fábricas, permitindo que os trabalhadores humanos e as máquinas interajam de forma mais dinâmica e adaptável. Eles são equipados com sensores, algoritmos de inteligência artificial e sistemas de aprendizado de máquina que permitem a adaptação em tempo real ao ambiente e à tarefa. Isso oferece um ganho significativo em termos de flexibilidade, segurança e produtividade. Ao integrar os cobots no processo de produção, as empresas conseguem melhorar a eficiência, reduzir custos operacionais e aumentar a qualidade do produto, sem a necessidade de grandes modificações nas linhas de produção existentes.

Essa colaboração entre seres humanos e máquinas, que é uma das premissas da Indústria 4.0, promove não só a inovação, mas também o aumento da capacidade de personalização e agilidade nas operações industriais. Assim, os robôs colaborativos se consolidam como ferramentas essenciais para a implementação das tecnologias da Indústria 4.0, viabilizando uma nova era de produção inteligente e mais integrada.

Problema específico: Como e onde podem ser aplicados os robôs colaborativos para a automação na indústria? É possível o uso dos CLPS para aplicação desse cobots?

Objetivo Geral:

Estudar, avaliar tecnicamente o uso dos robôs colaborativos para a automação industrial. Além disso, analisar a intercomunicação entre programa de microcomputadores e simuladores, considerando suas vantagens e desvantagens e funcionalidade no ramo industrial.

Objetivos específicos:

Estudar o conceito de robôs colaborativos e o seu uso na automação

Estudar sobre as diversas tecnologias utilizadas hoje na automação industrial

Identificar o uso e aplicações dos CLP na indústria.

Elaborar modelo de automação por braço robô comandado por CLP

Construir modelo de braço robô colaborativo comandado por CLP.

Resultados Esperados

Ao final das etapas propostas por esse trabalho de conclusão de curso, fundamentados nos conhecimentos obtidos a partir dos estudos realizados, em suas etapas teóricas e prática pretendemos apresentar um panorama técnico do uso dos COBOTS na automação industrial e em outras áreas do mundo produtivo, vantagens e desvantagens, bem como a elaboração do Programa Ladder do processo de controle e sua interação com o simulador a apresentação de um modelo prático experimental do uso dos robôs comandados por CLPs.

2.0 Metodologia

Revisão bibliográfica (Busca de artigos, livros, teses, dissertações e fontes confiáveis sobre o assunto a ser abordado).

Pesquisar o atual estado da arte sobre: Automação elétrica industrial (Histórico; conceito; Importância da automação na era digital; situação atual e Tecnologias aplicadas).

Pesquisar o atual estado da arte sobre: Dispositivos utilizados na automação (histórico; tecnologias existentes; princípios de funcionamento- sensores, relés inteligentes, medidores de energia inteligente, CLPs, outros.).

Pesquisar o atual estado da arte sobre o uso dos robôs e suas variações, utilizados na automação.

Pesquisar o atual estado da arte sobre: conceitos de robôs colaborativos, filosofia do uso, tipos, aplicações, alcances de funcionamento- vantagens e desvantagens, Principais Tipos de cobots e suas aplicações; O Futuro da Automação industrial.

Pesquisar o atual estado da arte sobre clps e suas aplicações.

2.1 Método teórico:

Montar modelo de braço robótico colaborativo.

Elaborar projeto de automação utilizando clp para o modelo montado.

Escrever projeto final do TCC.

Apresentar os resultados a banca examinadora.

ESTUDO TEÓRICO SOBRE O USO DOS ROBÔS COLABORATIVOS (COBOTS) NA INDUSTRIA 4.0 COMO FERRAMENTA DA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

3.0 Automação Elétrica Industrial

3.1 Histórico da automação Industrial

O avanço da automação industrial remete há longos períodos na história, que se estende do período arcaico até a atualidade. Desde a pré-história, os indivíduos buscam desenvolver mecanismos que diminuam seu esforço físico e aumentem a sua capacidade de produção. Como exemplo, podem-se citar a criação da roda para movimentar cargas e os moinhos movidos por vento ou força animal.

Embora os avanços da pré-história, como as pinturas nas paredes, as primeiras ferramentas de pedra, madeira ou ossos de animais: facas, machados, lanças e flexas, tenham sido pequenos, foram designados como o “pontapé” inicial para que na atualidade se entenda o que é tido como automação industrial. Entretanto, a automatização de processos industriais teve destaque na sociedade no século XVIII, com a Revolução Industrial originada na Inglaterra, os homens deixaram de produzir de maneira manual, e passaram a utilizar a máquina a vapor passando a aumentar a produção em um menor tempo, além disso, foram surgindo os primeiros equipamentos simples e semiautomáticos.

As primeiras máquinas utilizadas foram máquinas a vapor, as quais tinham como objetivo uma produção com maior rapidez, precisão e eficácia, comparadas com os trabalhos manuais, além do mais, novas fontes energéticas, como o vapor, foram surgindo para substituir a energia hidráulica ou muscular. Neste contexto, surge-se o primeiro controle de realimentação, o qual tinha a função de regular o fluxo de vapor nas máquinas, dessa forma, era possível monitorar a entrada e saída dessa substância garantindo o funcionamento adequado do processo.

A criação do primeiro controlador industrial automático com realimentação em um processo industrial é frequentemente aceita pelo modelo de James Watt, desenvolvido em 1769 para controlar a velocidade de um motor a vapor. O Regulador de Fluxo de Vapor de Watt mede a velocidade do eixo de saída e utiliza para o movimento das esferas para controlar a quantidade de vapor que entra no motor através da válvula. O eixo de saída do motor a vapor é conectado por meio de ligações mecânicas e engrenagens cônicas ao eixo do regulador. À medida que a velocidade do eixo de saída do motor a vapor aumenta, os pesos esféricos se elevam e, através de ligações mecânicas, a válvula de vapor se fecha, logo o processo inverso é realizado quando se deseja que a velocidade de saída do motor

a vapor diminua.

A partir do século XIX, a automação industrial apresenta-se com os seus conceitos aprimorados, pois é nesse momento que se introduz juntamente com a eletricidade. Neste período, a energia elétrica passou a ser utilizada, e estimular indústrias como a do aço e a química. Novos processos de produção de aço, que aumentam a sua resistência e permitem a sua produção em escala industrial, foram criados. O setor de comunicações passou por avanços significativos com as invenções do telégrafo e do telefone. O setor de transportes também progrediu com a expansão das estradas de ferro, locomotivas a vapor e o crescimento da indústria naval. Outra importante invenção, o motor à explosão, também ocorreu neste período.

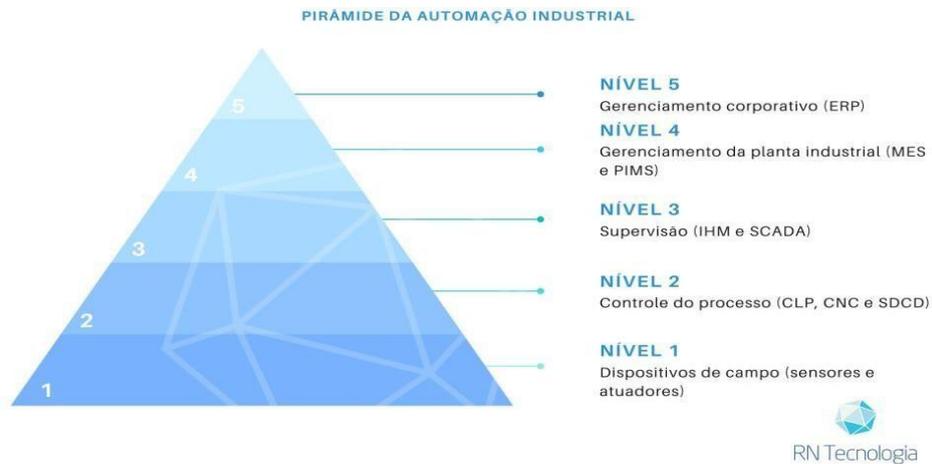
No século XX, a tecnologia está mais abundante, logo, computadores, servomecanismos e controladores programáveis passaram a fazer parte da automação. Para chegar aos computadores utilizados na atualidade foram passados diversos avanços, desde o uso de ábacos pelos babilônios, passando pela régua de cálculo (século XVII) e pelos cartões perfurados (século XIX). Além disso, foram desenvolvidos dispositivos na área da automação elétrica industrial de maneira a alcançar o objetivo final facilitando caminhos e garantindo o trabalho operacional de maneira eficiente

3.2 Conceito da Automação Elétrica Industrial

Automação elétrica industrial refere-se ao uso de sistemas e tecnologias para controlar e operar processos industriais de forma automatizada, utilizando dispositivos elétricos e eletrônicos. O principal objetivo é aumentar a eficiência, a segurança e a produtividade dos processos industriais, reduzindo custos operacionais e tempo de produção, a automação engloba grande quantidade de dispositivos, os quais são organizados em níveis em uma pirâmide, chamada pirâmide da automação industrial, a qual é demonstrada na figura 01 (abaixo).

A pirâmide da automação industrial é uma estrutura hierárquica que integra sistemas e tecnologias para gerenciar e controlar todos os aspectos de uma planta industrial, desde o planejamento estratégico e a gestão de recursos até o controle direto das máquinas e processos no chão de fábrica. Ela abrange desde os sistemas de gestão empresarial que orientam as decisões de alto nível, passando pelos sistemas que coordenam a execução da produção, até os dispositivos de campo, como sensores e atuadores, que monitoram e controlam os processos de forma eficiente e precisa, na figura 01 (abaixo) é possível observar uma pirâmide da automação industrial.

Figura 01- Pirâmide da Automação Industrial



Fonte: RN tecnologia, 2009.

A automação elétrica industrial envolve a integração de vários elementos, desde sensores que coletam dados sobre o processo de produção até atuadores que executam as ações necessárias para controlar esse processo. No centro desse sistema estão os Controladores Lógicos Programáveis (CLP), que são dispositivos programáveis capazes de receber informações dos sensores, processá-las de acordo com um conjunto de instruções predefinidas e enviar comandos aos atuadores para realizar as ações desejadas.

Além dos controladores Lógicos Programáveis, outros componentes essenciais incluem os Sistemas de Supervisão e Controle (SCADA), que fornecem uma interface gráfica para monitorar e gerenciar o processo industrial em tempo real, e as redes de comunicação, que permitem a troca de informações entre todos os dispositivos do sistema.

Ademais, é aplicada em uma ampla gama de setores, desde a manufatura de produtos eletrônicos até a produção de alimentos e bebidas, passando pelo controle de processos químicos e petroquímicos. Em cada um desses setores, a automação elétrica desempenha um papel fundamental na melhoria da eficiência operacional, na redução de erros humanos, no aumento da segurança dos processos e na conformidade com regulamentações ambientais e de segurança.

3.3 Importância da automação na era digital.

A tecnologia da informação é responsável por realizar a mudança de processos e inovações na era digital. Deste modo, a automação se torna crucial para garantir o aumento da informação, melhorar a eficiência e produtividade das empresas e seus empregados.

A automação na era digital apresenta diversos benefícios que possibilitam uso de recursos tecnológicos ligados a indústria 4.0, dentre eles é possível citar: a inteligência artificial, o uso da robótica, Internet das coisas (IoT), computação em nuvem etc., esses recursos tecnológicos permitem uma melhor eficiência no chão de fábrica, possibilitando uma melhora na comunicação entre os funcionários e as máquinas no setor industrial.

Ao passar dos anos a tecnologia vem passando por constantes evoluções, diante disso a indústria sofreu muitos aprimoramentos e inovações aplicadas até chegar aos dias atuais com a indústria 4.0. A “Nova Era” industrial consiste em uma tecnologia mais avançada que permite a integração de diferentes tecnologias como inteligência artificial, robótica, internet das coisas e computação em nuvem. A Inteligência Artificial (IA) consiste em uma análise técnica e avançada da tecnologia, um aprendizado da máquina, capacidade de verificar possíveis erros no sistema, interpretação de evento, entre outros elementos. Robótica: Ciência que estuda o projeto, a construção e a operação de robôs.

Na atualidade, Integrado com a IA apresenta-se a a robótica permitindo que os equipamentos desempenhem funções cada vez mais variadas e múltiplas, desde atividades operacionais e mecânicas até análises de dados mais complexas. A robótica juntamente com a internet das coisas (IoT): refere-se a interconexão de dispositivos industriais, especialmente no que diz respeito à instrumentação e controle de sensores e dispositivos que envolvem tecnologias de nuvem, essas tecnologias em nuvem estão relacionadas a computação em nuvem, assim incluindo fornecimento de serviços de computação, incluindo servidores, armazenamento, bancos de dados, rede, software, análise e inteligência, pela Internet (“a nuvem”).

4.0 Tecnologias da Automação Elétrica Industrial

Segundo, Maurício Santos Manzueto (2007), a automação “permite a descentralização e a individualização da produção, criando redes de unidades de produção e automação de pedidos e planejamento de materiais...” entretanto, para que essa descentralização do controle de processos produtivos aconteça de maneira eficiente, existem diversas tecnologias para permitir que o objetivo final seja alcançado, bem como: CLP, Relés Inteligentes, Sensores e transdutores, IHM (Interface Homem Máquina), Sistemas de Acionamento, Atuadores, Medidores de Energia Inteligentes, Contactares, Robôs industriais... etc., essas tecnologias possibilitam uma individualização de processos produtivos e conseqüentemente uma menor dependência da mão de obra humana. (CAPELLI, 2009).

4.1 Conceito e Histórico dos CLPs

Os CLPs surgiram na década de 1960 para substituir os sistemas de controle baseados em relés e circuitos eletromecânicos na indústria. Antes do CLP, os painéis de controle eram compostos por milhares de relés e fiações complexas, dificultando a manutenção e a reconfiguração de processos. “É um equipamento eletrônico digital com hardware e software compatíveis com aplicações industriais” (definição segundo a ABNT -- Associação Brasileira de Normas Técnicas).

A General Motors (GM) foi uma das primeiras empresas a adotar essa tecnologia. Em 1968, a empresa lançou um desafio para o desenvolvimento de um sistema de controle automatizado (atualmente conhecido como CLP) mais eficiente e flexível. Em resposta, a Modicon (hoje parte da Schneider Electric) criou o Modicon 084, considerado o primeiro CLP comercializado. Advento do microprocessador, as facilidades de desenvolvimento de software e uma maior maturidade do mercado deram aos CLPs um novo impulso. Em 1980 surgiram memórias e microprocessadores mais compactos, garantindo a redução de custos e tamanhos, e o aumento da confiabilidade do produto, esta nova geração de computadores permitiu interligar controladores e outros equipamentos (computadores) em redes industriais de comunicação, permitindo a informatização das fábricas. (CAPELLI, 2009).

4.2 Função dos CLPs

Sua função principal é executar comandos pré-programados para monitorar entradas digitais e analógicas (como sensores e dispositivos de medição) e, com base nessas entradas, acionar saídas digitais (como motores, válvulas, etc.) de acordo com a lógica de controle definida pelo programador. (CAPELLI, 2009).

Basicamente, os CLPs substituem sistemas de controle elétrico convencionais, como relés e temporizadores, oferecendo maior flexibilidade, facilidade de programação e capacidade de comunicação com outros dispositivos. Eles são amplamente utilizados em diversos setores da indústria, desde manufatura e processamento de alimentos, automotivo, petroquímico, entre outros. (CAPELLI, 2009).

Os CLPs têm como função primordial a automatização de processos industriais através da execução de programas lógicos previamente definidos. Ele atua como um cérebro eletrônico, controlando dispositivos e máquinas em uma planta industrial com base em entradas de sensores e condições lógicas programadas. Essas funções incluem monitorar variáveis de processo, tomar decisões baseadas em lógica de controle e acionar saídas para controlar dispositivos como motores, válvulas e atuadores. Em resumo, o CLP é responsável por garantir o funcionamento eficiente e seguro de sistemas industriais automatizados. (CAPELLI, 2009).

O CLP é bastante utilizado na automação industrial para controlar processos e máquinas, como por exemplo: Automação de Linha de Produção: Usados para controlar máquinas em linhas de produção, coordenando os movimentos de peças, controlando a velocidade das esteiras, acionando dispositivos de montagem etc., Controle de Processos Industriais: Em indústrias químicas, de alimentos e petroquímicas, o CLP é utilizado para controlar processos como pressão, fluxo, temperatura, nível de tanque e reatores, assim mantendo dentro dos limites seguros. (CAPELLI, 2009).

Sistemas de Embalagem: O CLP pode controlar o enchimento de recipientes, selagem, rotulagem e empacotamento de produtos, fazendo isso com maior eficiência.

Controle de Movimento: O CLP pode ser usado para controlar sistemas de movimento, como robôs industriais e máquinas CNC (Controle Numérico Computadorizado). Assim coordenando os movimentos sincronizados e precisos necessários para operações de manipulação de materiais e usinagem. (CAPELLI, 2009).

Automação Residencial e Predial: Em residências e edifícios comerciais, o CLP pode ser usado para automatizar sistemas de iluminação, controle de acesso, segurança e gerenciamento de energia. (CAPELLI, 2009).

Sistemas de Segurança: O CLP é usado em sistemas de segurança industrial para monitorar e controlar dispositivos como portas de segurança, cortinas de luz, alarmes e sistemas de detecção de incêndio. (CAPELLI, 2009).

Moldagem por injeção: A moldagem por injeção é um dos métodos mais utilizados para a transformação de plásticos, ficando atrás apenas da moldagem por extrusão, nesse contexto é utilizado os chamados CLPs (Controlador Lógico Programável) para permitir a produção em massa e automatizar o processo. Michaelis et al. (1995) afirma que a moldagem por injeção é naturalmente voltada à produção em massa, devido em grande parte à transformação do material ocorrer em uma única etapa, sendo que a matéria-prima passa rapidamente à produto final, assim como a facilidade de automatização do processo. (CAPELLI, 2009).

CNC: No contexto de produção em massa com um curto período, tem-se a necessidade de permitir a intercomunicação entre variadas máquinas no chão de fábrica, nesse contexto implementou-se uma comunicação entre um robô, um centro de usinagem sendo controlados por um CLP de forma que ambos possam interagir entre si, bem como com outros dispositivos de controle. (CAPELLI, 2009).

Empacotamento e paletização: O empacotamento e paletização possui algumas atividades que podem causar possíveis lesões por movimentos repetitivos e desordens musculoesqueléticas nos trabalhadores, o levantamento de cargas pesadas e dobrar o corpo para embalar ou pegar pacotes, nesse contexto é utilizado um robô cobot controlador por um CLP para realizar essa atividade de possível periculosidade para os funcionários de uma empresa. (SANTOS ,2009)

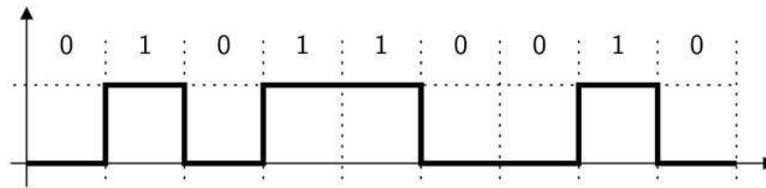
4.3 Princípio de funcionamento dos CLPs

O funcionamento de um CLP se fundamenta na habilidade de captar entradas de sensores ou dispositivos de entrada, processar esses sinais conforme um programa lógico predefinido e emitir saídas para controlar dispositivos ou processos industriais. (SANTOS ,2009)

Entrada: Um CLP recebe sinais de entrada de diversos dispositivos, tais como sensores de temperatura, pressão, posição, interruptores, entre outros. Estes dispositivos fornecem dados sobre o estado do sistema ou do processo em questão. SANTOS ,2009).

Entradas Digitais: Possuem apenas dois estados, sendo eles: verdadeiro ou falso, ligado ou desligado, 0 ou 1, bem como variável assume um conjunto discreto de valores possíveis. Na figura 01 é possível ver um gráfico de entradas digitais que apresenta um sinal binário (0 ou 1). (SANTOS ,2009).

Figura 02- Gráfico de entradas digitais



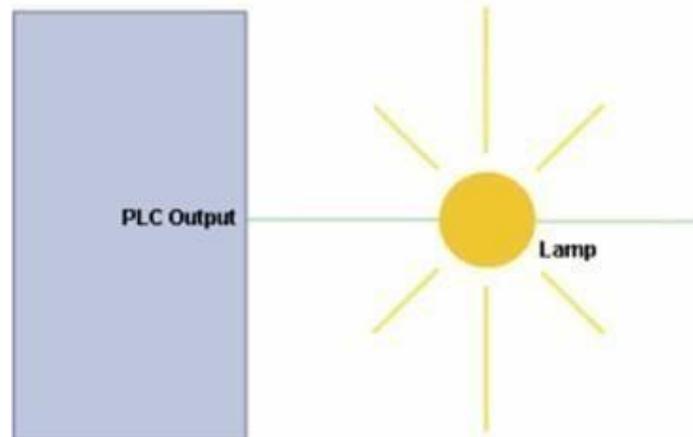
Fonte: ensinando elétrica, 2016

Entradas analógicas: Detém sinais analógicas que variam em uma determinada faixa contínua de valores. (Capelli, Automação Industrial, 2009)

Ponto de Saída: Basicamente cada sinal produzido pelo CLP, para ativar dispositivos ou componentes do sistema de controle que constitui um sinal de saída.

Saídas Digitais: as saídas digitais, cujas só poderão assumir dois estados seja estado lógico 0 ou estado lógico 1. Nesse sentido, o estado lógico 0 poderá ser ligado (ON) ou desligado (OFF), depende somente da lógica do programa a ser aplicada. Na figura 02 (abaixo) pode ser visto um exemplo de saída digital. (CAPELLI, 2009).

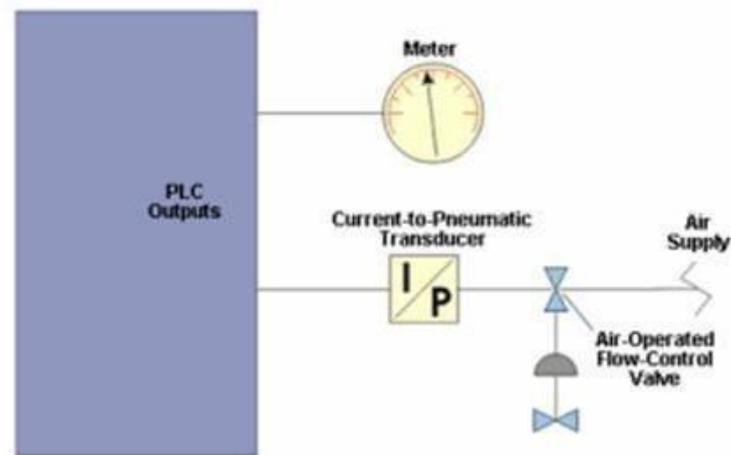
Figura 03- Saídas Digitais de um CLP



Fonte: ensinando elétrica, 2016

As saídas analógicas têm como principal característica poder variar ao longo de uma faixa contínua de valores. Como exemplo podemos citar a velocidade de um automóvel, a qual pode variar entre 0 km/h até 200 km/h, dependendo do veículo. Outro exemplo seria a temperatura em um termômetro de mercúrio, que pode variar dentro de uma faixa de valores. Na figura 03 (abaixo) é possível ver um exemplo de uma saída analógica. (CAPELLI, 2009).

Figura 04- Saída analógicas de um CLP



Fonte: ensinando elétrica, 2016.

Os CLPs são constituídos de partes que são essenciais para realizar o controle de maneira eficiente. Dentre essas partes é possível citar:

Processamento: Os sinais de entrada são tratados pelo CLP segundo um programa lógico armazenado em sua memória. Esse programa é elaborado pelo usuário utilizando uma linguagem de programação específica para CLPs, como Ladder Diagram LD Instruction List (IL), Function Block Diagram (FBD), entre outras. O programa estabelece as condições lógicas e as ações a serem executadas com base nos sinais de entrada. (CAPELLI, 2009)

Memória RAM: Memória utilizada para armazenar dados e variáveis a serem processadas (Como valores lidos em sensores e variáveis de saída de um atuador). (CAPELLI, 2009)

Barramento: É a estrutura utilizada para interligar cada um dos componentes descritos nesta seção. No CLP os contatos que interligam os módulos operam como uma espinha dorsal encaixando cada módulo adicionado. (CAPELLI, 2009)

Fonte de alimentação: Esse item varia entre modelos de CLPs existentes, atualmente os modelos possuem uma fonte AC/DC Bivolt (110V-220V) integrada ao sistema. (CAPELLI, 2009)

Dispositivo de Programação: Alguns tipos de CLP, principalmente os mais antigos, exigem um dispositivo de programação para transmitir o programa do computador para o CLP. Atualmente os CLPs possuem uma entrada USB que permite a conexão direta com o computador sem a necessidade de um dispositivo a mais.

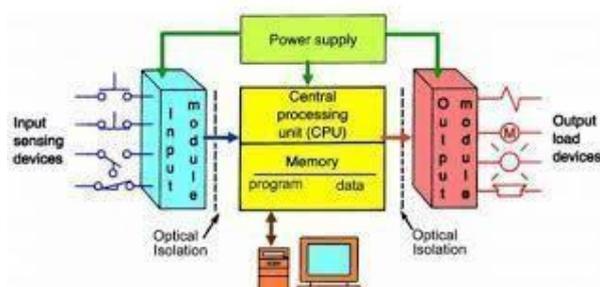
Display LCD (Liquid Cristal Display): O display LCD é utilizado para exibir

informações referentes ao funcionamento do CLP, como estado de entradas e saídas. (CAPELLI, 2009)

Saída: Com base nas instruções do programa e no estado das entradas, o CLP gera sinais de saída para controlar dispositivos de saída, como motores, válvulas, atuadores, relés inteligentes ..., entre outros. Tais dispositivos realizam as operações necessárias para gerenciar o processo conforme a lógica do programa. (CAPELLI, 2009)

O CLP opera como um "cérebro" do sistema de controle, processando dados de entrada, tomando decisões conforme um programa lógico e emitindo saídas para controlar dispositivos ou processos industriais de maneira automatizada e eficaz. Na figura 01 abaixo se apresenta esquematicamente as entradas exemplificando os elementos, tais como relés de proteção, botões de acionamentos, sensores diversos, transdutores entre outros.

Figura 05- Esquema de interligação entre as entradas e saídas de um CLP



Fonte: Tecni-AR, 2015.

O modelo acima representa esquematicamente o CLP, onde observa-se o módulo de entradas e seus elementos, a CPU e o módulo de saídas.

A constituição de um CLP de diversos fabricantes acontece de duas formas simples: compacta em que a CPU e os módulos de entrada e saída se encontram no mesmo rack, e a modular, em que a CPU e cada um dos módulos de entrada e saída se encontram separados (AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL, Ferdinando Natale, 2008)

A sua CPU é constituída de um Microprocessador, em alguns casos de Microcontrolador, uma memória RAM, em que são executados os programas, como no PC, e uma memória Flash EPROM ou E2PROM, ficando armazenado uma cópia (backup) do programa que está sendo executado. Um terminal de Programação (TP) que é um outro computador com aplicação dedicada para elaborar os programas para o CLP, para que este, então, controle cada sistema que se deseja automatizar (AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL, Ferdinando Natale, 2008).

Atualmente, o TP é substituído por um pc normal, com software para emular esse

Terminal de Programação dedicado. Isso, até certo ponto, reduz custos, pelo fato de utilizar o PC também para outros fins. Os softwares que emulam o TP são bastante versáteis e eficientes e com as facilidades existentes nas mídias disponíveis, pode-se ter tudo em apenas um CD: manual de operação, software, etc. (AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL, Natale, 2008).

O sistema possui, ainda, uma IHM, que é ligada à CPU como mais um periférico específico para a comunicação do operador com o sistema, para quando for necessário mudar algumas variáveis do processo, como temperatura, pressão etc., sem que se interfira com o programa normal de operação e sem que se entenda dele.

O princípio de funcionamento IHM (Interface Homem-Máquina), envolve a interação entre o usuário e um sistema ou máquina por meio de uma interface gráfica. Diante disso, os principais componentes de funcionamento de um CLP são:

Componentes de Entrada: Um IHM geralmente possui componentes de entrada, como botões, teclado, tela sensível ao toque (touchscreen), mouse, ou até mesmo reconhecimento de voz. Esses componentes permitem que o usuário forneça comandos, dados ou selecione opções na interface. (CAPELLI, 2009).

Componentes de Saída: Os componentes de saída de um IHM incluem uma tela de exibição, que pode variar em tamanho e tecnologia, LEDs indicadores, alarmes sonoros, entre outros. Esses componentes fornecem feedback visual ou auditivo ao usuário sobre o status do sistema, dados processados e mensagens de alerta. (CAPELLI, 2009).

Software de Interface: O software de interface é responsável por apresentar informações de maneira compreensível e interativa para o usuário. Isso pode incluir telas de monitoramento de processo, gráficos de tendências, alarmes, menus de configuração, entre outros. O software também processa as entradas do usuário e executa as ações correspondentes no sistema ou máquina controlada. (CAPELLI, 2009).

Conectividade: Muitos IHMs são conectados a um controlador Ethernet, Profibus, Modbus, entre outros. Isso permite que o IHM envie comandos para o sistema e receba dados em tempo real para exibição na interface.

Além disso, Os IHMs geralmente são altamente configuráveis e programáveis, permitindo que os usuários personalizem a interface de acordo com suas necessidades específicas. Isso pode envolver a criação de telas personalizadas, definição de alarmes, configuração de tendências, entre outras funcionalidades. (CAPELLI, 2009).

Além disso, a IHM apresenta uma interligação com os sensores, visto que eles são responsáveis por captar dados do ambiente ou do próprio usuário, por sua vez esses dados

influenciam ou controlam a interação entre o humano e a máquina, logo, os sensores podem ser utilizados para coletar informações que ajuda a tornar a IHM mais intuitiva, dinâmica e eficiente. (PROJETANDO A INTERFACE DO USUARIO, 1987).

4.4 Sensores

Sensores: O emprego de sistemas de realimentação é amplamente utilizado em diversos sistemas de controle. A principal vantagem da realimentação é fazer com que a resposta do sistema seja mais insensível a distúrbios e variações internas do sistema. Os primeiros sensores surgiram a séculos atrás, mas os sensores modernos, como os utilizados em sistemas de controle mais tecnológicos, como sensores de presença, pressão e entre outros, surgiram no final do século XIX e início do século XX. Como exemplo, os sensores de temperatura e mercúrio foram inventados no final do século XIX, entretanto os avanços mais significativos ocorreram principalmente a partir do século XX. (CAPELLI, 2009).

A finalidade de um sensor é responder a um determinado estímulo e convertê-lo a um sinal elétrico correspondente ao circuito acoplado. A saída de um sensor pode ser sob a forma de tensão, corrente, frequência, fase ou código digital. A esse conjunto de possibilidades chamamos de sinal de saída, conseqüentemente o sensor possui um determinado sinal de entrada para que obtenha o sinal de saída desejado. Existem diversos tipos de sensores, os quais capturam fenômenos como luz, temperatura, pressão, peso, som e dentre outros. (CAPELLI, 2009).

No ramo industrial, dentre os sensores os mais utilizados são: sensor de presença e sensor de movimento. O sensor de presença consegue captar a presença de pessoas em uma determinada área sob monitoramento, enquanto o sensor de movimento só detecta o deslocamento de pessoas e objetos. A distinção entre ambos se dá quando o sensor de presença gera um sinal se o objeto ou indivíduo estiver na área monitorada, estando ele estacionário ou não, enquanto o sensor de movimento só gera o sinal se somente se esse indivíduo ou objeto se deslocar.

Nos equipamentos industriais, bem como: máquinas, esteiras, robôs colaborativos dentre outras tecnologias, são utilizados diversos tipos de sensores, entretanto os principais são: sensor óptico, capacitivo, indutivo ou de cor (infravermelho), fotoelétricos, força, torque e posição. Os sensores são equipamentos cruciais no ramo de produção, visto que garantem monitoramento do processo possuindo o controle de diversas variáveis, automatização dos processos industriais mandando um feedback em tempo real para o sistema, uma maior segurança monitorando condições perigosas, assegurando também na manutenção preditiva e no controle de qualidade. (CAPELLI, 2009).

Os sensores citados anteriormente, apresentam em comum a capacidade de detectar e medir determinadas variáveis ou condições em um ambiente específico, eles são classificados quanto a sua variável de medição ou o meio e em que atua, possibilitando a existência de diversos tipos de sensores, abaixo estão alguns deles. (CAPELLI, 2009).

Sensor de Presença: Este sensor detecta a presença ou ausência de um objeto em uma determinada área. O princípio de funcionamento pode variar dependendo do tipo de sensor de presença, mas muitos deles utilizam tecnologias como infravermelho passivo (PIR), ultrassônico, micro-ondas ou laser. Por exemplo, os sensores PIR detectam a radiação infravermelha emitida pelo corpo humano ou objetos em movimento, enquanto os sensores ultrassônicos emitem ondas sonoras de alta frequência e medem o tempo necessário para o eco retornar, detectando assim a presença de objetos. (CAPELLI, 2009).

Sensor de Monitoramento: Este tipo de sensor é usado para monitorar continuamente uma condição específica, como temperatura, umidade, pressão etc. O princípio de funcionamento depende do tipo de sensor e da grandeza física que está sendo medida. Por exemplo, um sensor de temperatura pode utilizar um termopar para detectar mudanças na temperatura e converter essas mudanças em um sinal elétrico proporcional. (CAPELLI, 2009).

Sensor de Fim de Curso: Este sensor é utilizado para detectar a posição final de um movimento mecânico, como o fim de um curso ou o fechamento de uma porta. Existem diferentes tipos de sensores de fim de curso, incluindo mecânicos, magnéticos, indutivos e ópticos. Um sensor de fim de curso óptico, por exemplo, pode usar um feixe de luz interrompido por um objeto para detectar a presença ou ausência desse objeto em uma posição específica. (CAPELLI, 2009).

Sensor Óptico: Este sensor utiliza luz para detectar a presença, posição, forma, cor ou qualquer outra característica de um objeto. Existem vários tipos de sensores ópticos,

como sensores de reflexão, de barreira, de transmissão etc. O princípio de funcionamento de um sensor óptico pode variar dependendo do tipo específico, mas geralmente envolve a emissão de luz por uma fonte, que é refletida ou transmitida pelo objeto e detectada por um preceptor. (SENSORES INDUSTRIAIS, Daniel Thomazini, 2013).

Além disso, existem equipamentos que integram os sensores como parte deles, entre eles tem os transdutores, denominação que recebe um dispositivo completo, que contém o sensor, usado para transformar uma grandeza qualquer em outra que pode ser utilizada nos dispositivos de controle. Um transdutor pode ser considerado uma interface às formas de energia do ambiente e o circuito de controle ou, eventualmente, entre o controle e o atuador. (SENSORES INDUSTRIAIS, Daniel Thomazini, 2013).

4.5 Transdutores

Conceito: Os transdutores são dispositivos que convertem o sinal de uma determinada grandeza física em uma grandeza de outra natureza, ou seja, convertem um sinal de qualquer grandeza em um sinal elétrico. Por exemplo, um transdutor de posição converte variações de movimento em um sinal de grandeza elétrica. Os primeiros transdutores elétricos, que convertem energia mecânica em energia elétrica, foram desenvolvidos no final do século XIX pelos cientistas Michael Faraday e Nikola Tesla.

Existem diversos tipos de transdutores que podem ser classificados quanto ao seu princípio de funcionamento e a grandeza medida. Quanto a grandeza medida é possível citar transdutores de pressão e vibração (Efeito Piezoelétrico), temperatura (termistor), campo magnético (Magnetômetros), tração (Strain Gauges) e posição (Transformador Diferencial), entretanto quanto ao seu princípio de funcionamento podem ser resistivos, capacitivos, indutivos, Termoelétricos, Piezoelétricos, Piroelétricos, Fotovoltaicos. (SENSORES INDUSTRIAIS, Daniel Thomazini, 2013).

Um transdutor é um dispositivo que converte um tipo de energia em outro de acordo com um princípio físico subjacente. O princípio de funcionamento de um transdutor varia dependendo do tipo de energia que está sendo convertida e do design específico do transdutor. Por exemplo, em um transdutor elétrico, como um sensor de pressão piezoelétrico, a conversão ocorre através do efeito piezoelétrico, no qual a pressão mecânica aplicada gera uma carga elétrica. Em um transdutor de temperatura, como um termopar, a conversão é baseada na variação da voltagem em resposta à mudança de temperatura entre dois materiais diferentes. Em geral, o princípio de funcionamento de um transdutor envolve a detecção de um estímulo físico ou ambiental e sua conversão em

um sinal correspondente em outro domínio de energia, como elétrico, mecânico ou óptico. Isso é realizado através de propriedades físicas específicas dos materiais ou fenômenos físicos, como piezoeletricidade, termoeletricidade ou eletromagnetismo. (SENSORES INDUSTRIAIS, Daniel Thomazini, 2013).

Embora, os transdutores sejam amplamente conhecidos como elementos de entrada, eles também podem se comportar como variáveis de saída, assim como outros dispositivos, como os relés inteligentes, esses equipamentos possuem uma versatilidade em sua utilização a depender do processo industrial a ser produzido, além disso esses dispositivos geralmente trabalham em conjunto, permitindo uma integração no sistema, a exemplo: caso um transdutor detecte um aumento de temperatura fora do habitual enviara um sinal para o relé inteligente que por sua vez, ira enviar um sinal para desligar o sistema. (SENSORES INDUSTRIAIS, Daniel Thomazini, 2013).

4.6 Conceito Relés Inteligentes

Relés Inteligentes: Os relés digitais modernos, mais conhecidos como Dispositivos Eletrônicos Inteligentes (*IEDs - Intelligent Eletronic Devices*), têm sido utilizados nas subestações modernas, pois agregam recursos. Os IEDs permitem a redução de custos de implantação, no número de cabos e equipamentos necessários para a sua utilização, além disso facilita a manutenção, possibilitando uma maior troca e informação em um curto período, simplificação dos projetos, além de permitir a sincronização temporal dos dispositivos. (SENSORES INDUSTRIAIS, Daniel Thomazini, 2013).

Entre sinais provenientes do campo e as entradas de equipamentos eletrônicos, com o passar dos anos os relés eletromecânicos foram substituídos pelos relés de proteção, um enorme desafio aos profissionais que tem sua atuação ligada ao uso da eletricidade é se adequar às novas tecnologias que vêm surgindo ao longo dos anos. Por exemplo, o relé que na sua origem em função da tecnologia da época 1830, a princípio foi criado para atuar de forma eletromecânica, atualmente também pode ser empregue como um dispositivo elétrico de comando digital. Um relé não pode ser mais tratado como uma simples chave eletromecânica de contatos normalmente aberto (NA) ou normalmente fechado (NF), deve ser tratado como um IED. A norma da Comissão de Eletrotécnica (IEC) 61850, criada em 2003, apresenta uma junção de possibilidades para esse tipo de dispositivo, a citar a redundância de informações para prover uma proteção ainda melhor para os equipamentos. (SENSORES INDUSTRIAIS, Daniel Thomazini, 2013).

Os relés estáticos deram lugar aos relés digitais entre os anos de 1960-1980, entretanto os pioneiros do sistema elétrico foram os relés eletromecânico, os quais são

constituídos de armadura de atrancamento atualmente ainda são amplamente utilizados para multiplicação de contatos de variáveis digitais (binárias) e também para promover a isolação galvânica foram chamados de estático para divergir dos relés eletromecânicos, visto que esse último possui partes móveis. Com o passar dos anos e a evolução da microeletrônica, os relés estáticos deram lugar aos relés inteligentes, a principal diferença para os estáticos foi a utilização de processamento de sinais digitais para o tratamento de variáveis analógicas. (JOÃO MALVINO FILHO, 2013)

O seu funcionamento é semelhante ao de um relé convencional, mas o relé inteligente tem recursos adicionais de monitoramento, proteção e comunicação, além disso, também pode oferecer recursos como registros de eventos, gravação de forma de onda, diagnósticos avançados, autoteste e autodiagnóstico.

Deteção e Monitoramento: Assim como um relé convencional, um relé inteligente detecta a presença de corrente elétrica ou outras variáveis elétricas, como tensão, frequência ou potência. No entanto, um relé inteligente geralmente possui capacidades avançadas de monitoramento, como medição de parâmetros elétricos em tempo real, deteção de falhas e análise de qualidade de energia.

Processamento e Decisão: O relé inteligente é equipado com um processador e firmwares que podem analisar os dados coletados dos sensores. Com base nessas informações, o relé pode tomar decisões em tempo real para proteger o sistema elétrico contra condições anormais, como sobrecarga, curto-circuito, desequilíbrio de fase, entre outros. Ele pode realizar funções de proteção, como desligamento seletivo, coordenação de proteção e deteção de arco elétrico

Comunicação e Integração: Uma característica distintiva dos relés inteligentes é a capacidade de se comunicar com outros dispositivos e sistemas por meio de redes de comunicação, como Ethernet, Modbus, IEC 61850, entre outras. Isso permite a integração do relé em sistemas de automação e controle mais amplos, como sistema de gerenciamento de energia, sistemas SCADA e sistemas de monitoramento remotos.

O controle dos relés inteligentes acontece através dos CLPs, por sua vez os CLPs podem ser programados com algumas linguagens, por exemplo: linguagem ladder. A linguagem ladder se relaciona com os relés inteligentes pelos CLPs, os relés que são programados em ladder, permitem que os profissionais da automação industrial tenham um maior controle sobre a função que será realizada e tenha uma maior simplicidade na operação com a mesma abordagem gráfica utilizada para CLPs, oferecendo flexibilidade e eficácia no gerenciamento de sistemas automatizados.

4.7 Linguagem Ladder

A linguagem Ladder é uma ferramenta gráfica usada para desenvolver programas ou softwares para CLPs, ela é responsável pela lógica de controle, indicando para o controlador qual ação deve ser realizada a partir dos valores de entrada. Assim, ele atualiza suas saídas ou atuadores para que interajam ou alterem diferentes processos industriais (Recebe esse nome ladder, que significa escada, em inglês, pois seus símbolos se parecem com degraus).

A Linguagem ladder surgiu entre os anos de 1920-1930, o controle dos sistemas industriais era realizado por grandes painéis baseados na lógica de relés, eram de alto custo, sua manutenção era complexa e não oferecia muita segurança. Nesse cenário ardo, a linguagem ladder foi implementada como uma maneira de solução para o problema da época. Essa linguagem funciona com interruptores que se ligam a bobinas, por meio de linhas formando circuitos lógicos. Cada interruptor ou entrada e cada bobina ou saída ganha uma identificação.

4.7.1 Primórdios da linguagem Ladder

Os circuitos projetados para manipular sinais digitais são chamados de circuitos digitais. Os sinais digitais são discretos, ou seja, só existem para determinados instantes de tempo. Os circuitos projetados para manipular esse tipo de sinal são construídos a partir de componentes como transístores e portas lógicas, que trabalham em conjunto para processar, armazenar e transmitir informações digitais.

Sinais analógicos: são representações contínuas de dados que variam suavemente ao longo do tempo. Eles podem assumir qualquer valor dentro de um determinado intervalo e são usados para representar fenômenos naturais, já as entradas de Sinais são portas através das quais sinais digitais são recebidos por um dispositivo ou sistema. É o local onde são inseridas botoeiras, sensores, fim de curso, contatos de relés, contatos de temporizadores, contatos de contadores, por exemplo, obedecendo à lógica de programação. Geralmente são representadas pela letra do alfabeto I acompanhada por um número, exemplo: I1, I2, I3. (Automação e Controle Discreto, Paulo Ribeiro, 2009)

Saída de Sinais: É o local onde são inseridos os elementos finais de um sistema de acionamento, ou seja, é o local onde são alimentadas as bobinas de saídas dos dispositivos utilizados na programação. As saídas podem ser reais, quando são um elemento físico do sistema, como motor, bombas e dentre outros, sendo representadas pela letra Q do alfabeto acompanhada de um número exemplo: Q1, Q2, Q3., entretanto as saídas podem ser apenas elementos de armazenamento de dados do sistema, por exemplo: memória, a qual é

representada com a letra M, seguida de um número, exemplo: M1, M2, M3... as memórias assumem a função de armazenar os dados do programa, funcionando através de um sistema de endereçamento, onde cada valor de entrada, saída e processamento será armazenado, entretanto as saídas podem ser apenas elementos de armazenamento de dados do sistema. (Automação e Controle Discreto, Paulo Ribeiro, 2009)

4.7.2 Funções Lógicas da linguagem ladder

Lógica E ou AND: Função da multiplicação, essa função estabelece relação de dependência com uma outra entrada. Nessa função, o estado lógico 0 é condição necessária e suficiente para levar a saída a 0. (Automação e Controle Discreto, Paulo Ribeiro, 2009).

Figura 06- Função E/ AND do controlador lógico programável

| AND | | |
|-----|---|------|
| A | B | X=AB |
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |



Fonte: Manual de Eletrônico, 2014.

Lógica OU: Função da adição, essa função estabelece relação de interdependência com uma outra entrada (Ou I1 assume estado lógico 1 ou I2 assume estado lógico 1, levando a saída a estado lógico 1). Dessa forma, uma das entradas assumindo estado lógico 1 é condição necessária e suficiente para levar a saída para estado lógico 1. (Automação e Controle Discreto, Paulo Ribeiro, 2009).

Figura 07- Função OU do controlador lógico programável

| OR | | |
|----|---|-------|
| A | B | X=A+B |
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |



Fonte: Manual de Eletrônico, 2014.

Entrada 'A' sobre a qual aplicamos a operação inversora, podemos dizer que a saída 'L' é igual ao complemento de 'A' ou 'L' é igual ao inverso de 'A'.

Figura 08- Função NOT (inversa) do controlador lógico programável

| NOT | |
|-----|-------------|
| A | $X=\bar{A}$ |
| 0 | 1 |
| 1 | 0 |



Fonte: Manual de Eletrônico, 2014.

4.7.3 Funções Lógicas Especiais

- Temporizador: O temporizador pode ser de três tipos:

ON Delay: a função ON delay (Retardo na Energização), este temporizador contará o tempo enquanto estiver habilitado, parando ao atingir o set-point de contagem e assim ligando sua saída. Se o temporizador for desativado, o valor atual de contagem será zerado e a saída do temporizador será desligada, voltando seus contatos à posição de repouso. (Automação e Controle Discreto, Paulo Ribeiro, 2009)

OFF Delay: Retardo na Desenergização, conhecido como OFF delay, o temporizador ligará os contatos de saída imediatamente após sua habilitação, mas quando esta habilitação for desacionada, a saída do temporizador ficará ativa durante o tempo programado. (Automação e Controle Discreto, Paulo Ribeiro, 2009)

Oscilador: quando um temporizador no modo oscilador é ativado, sua saída irá alternar entre ligado-desligado de forma contínua, iniciando o ciclo sempre com a saída ligada. O período com a saída ligada e o período com a saída desligada é o mesmo, que é definido pelo tempo programado do temporizador. . (Automação e Controle Discreto, Paulo Ribeiro, 2009)

- Função SET e RESET

Set: É utilizada para ativar ou marcar um bit específico em um sistema de controle. Quando essa função é acionada, ela muda o estado do bit para "1" (ou verdadeiro), indicando que uma condição específica foi atendida ou que um evento ocorreu. É comum ver a função "Set" em aplicações onde é necessário manter um estado ativo até que uma

condição de "Reset" ocorra. (Automação e Controle Discreto, Paulo Ribeiro, 2009)

Reset: É utilizada para desativar ou limpar um bit específico, mudando seu estado de "1" (ou verdadeiro) para "0" (ou falso). Esta função geralmente é acionada quando as condições que requerem o estado ativo não são desacionadas por nenhuma outra entrada, visto que quem só desativa o set é o reset. . (Automação e Controle Discreto, Paulo Ribeiro, 2009)

- Função Relógio em tempo real

O RTC é um módulo ou função dentro do CLP que mantém a hora e a data atual e permite a programação de ações com base em horários específicos ou intervalos de tempo. Ele funciona de forma independente, mesmo quando o CLP é desligado, geralmente utilizando uma bateria para manter a contagem do tempo. (Automação e Controle Discreto, Paulo Ribeiro, 2009)

- Função NOT (Inversa)

A função not (Não) atua sobre uma única variável invertendo o estado lógico por ela submetido, O nível lógico de saída é sempre oposto ao nível lógico de entrada. A saída da função NOT será 1 se a entrada for 0, e será 0 se a entrada for 1. (Automação e Controle Discreto, Paulo Ribeiro, 2009)

- Função FLIP FLOP

A função not (Não) atua sobre uma única variável invertendo o estado lógico por ela submetido, O nível lógico de saída é sempre oposto ao nível lógico de entrada. A saída da função NOT será 1 se a entrada for 0, e será 0 se a entrada for 1. (Automação e Controle Discreto, Paulo Ribeiro, 2009)

- Função contador

Um contador no CLP é um dispositivo de contagem que armazena um valor e o altera de acordo com eventos de entrada. Eles podem ser utilizados para diversas finalidades, como rastrear a quantidade de produtos em uma linha de produção, controlar ciclos de máquinas ou medir o tempo de operação. (Automação e Controle Discreto, Paulo Ribeiro, 2009)

Existem diversas funções que podem ter a nomenclatura modificada a depender do CLP que é utilizado, como por exemplo: OMORON, esses CLPs apresentam pequenas alterações que se adequam a necessidade do programador e os diferenciam pela quantidade de entradas e saídas que a depender do processo a ser realizado se adequam pela quantidade de entradas e saídas necessárias. (Automação e Controle Discreto, Paulo Ribeiro, 2009).

Os CLPs da empresa OMRON são essenciais para o controle de processos e sistemas automatizados. A linha de CLPs da OMRON é conhecida por sua confiabilidade, flexibilidade e facilidade de integração com outros dispositivos de automação. A Omron também oferece soluções para monitoramento remoto e diagnóstico de sistemas, o que permite aos operadores e engenheiros acompanhar o desempenho do CLP em tempo real e realizar ajustes ou correções sem a necessidade de estar fisicamente no local. Isso é possível graças à integração com sistemas de controle centralizados e à comunicação com a nuvem. Por sua quantidade ampla de número de entradas e saídas, o CLPs da OMRON são bastante utilizado em processos indústrias que exigem uma maior quantidade de atuadores e sensores, a exemplo do processo de automação dos robôs cobots. (Automação e Controle Discreto, Paulo Ribeiro, 2009).

5.0 Uso dos robôs e suas variações utilizados na automação.

5.1 Conceito

No estado atual da indústria mundial o uso dos robôs é fator preponderante no processo de automação. A chamada indústria 4.0, que utiliza a IOT como função primordial são os robôs a peça fundamental para a operacionalização de todo processo de manufatura e produção em todos os setores industriais. A definição de robô faz referência ao início da história, quando os mitos designaram de mecanismo que ganharam vida. Começando na civilização grega, os primeiros robôs encontrados tinham a aparência humana ou animal, que funcionavam através de sistemas de pesos e bombas pneumáticas. Vale ressaltar, que as civilizações da época não tinham nenhuma necessidade prática ou econômica, não possuíam nenhum sistema complexo que exigisse esse tipo de aparelho. Ao passar dos anos, cientistas árabes acrescentaram um importante e novo conceito à ideia tradicional de robôs, concentrando as suas curiosidades em determinar as funções dos robôs que satisfazem ou substituísem a mão de obra humana. A fusão da ideia de robôs e a sua possível utilização prática marcaram o início de uma nova era. (Automação e Controle Discreto, Paulo Ribeiro, 2009).

O uso de robôs para as indústrias passa a ser uma questão de sobrevivência, assim, resistir ao uso dos robôs é uma batalha perdida, principalmente devido à forma acelerada com que eles caem de preço. Além disso, o sucesso que as empresas e países usuários de robôs vêm obtendo é alto. Entretanto, atrelado ao uso dos robôs vem o desemprego, porém é válido ressaltar que os mesmos garantem uma maior produção em um menor período, além disso não seria viável a substituição da mão de obra humana para a automatizada, visto que nem todas as indústrias possuem tamanho capital. (Automação e Controle Discreto, Paulo Ribeiro, 2009).

A automação de processos industriais vem demonstrando ser um papel fundamental quando se procura eficiência, produtividade e qualidade nas operações, com isso, o uso de robôs demonstra ser uma solução promissora para impulsionar a eficiência e a produtividade nas operações, quando falamos sobre robôs, não podemos deixar de citar os robôs colaborativos (cobots), esses robôs são projetados para trabalhar em estreita colaboração com os seres humanos, diferentemente dos outros robôs, os robôs colaborativos permite uma interação segura e eficiente entre humanos e robôs, a integração de robôs com sistemas de inteligência artificial também permite que eles aprendam e melhorem suas habilidades ao decorrer do tempo, mas para financiar tais tecnologias na empresa é preciso levar em consideração as vantagens, desvantagens e

desafios a serem enfrentados. (Automação e Controle Discreto, Paulo Ribeiro, 2009).

Dentre algumas das vantagens que os robôs proporcionam, destacam-se o aumento da velocidade e precisão na execução de tarefas, pois, os robôs industriais são capazes de executar operações repetitivas com alta precisão e com um ritmo constante, assim não dando margens para erros humanos e poupando o tempo de produção, assim sendo possível alcançar níveis de perigosas, como por exemplo, os robôs são capazes de lidar com operações que envolvem alta temperatura, substâncias tóxicas ou espaços pequenos, importante deixar claro que os robôs não pretendem substituir completamente os trabalhadores humanos, mas sim uma mudança nos modos que eles interagem entre si, buscando colaboração humano-robô no qual está se tornando algo mais banal nos dias de hoje, ao usar robôs para tarefas perigosas assim evitam possíveis acidentes ou danos à saúde dos trabalhadores, assim promovendo um ambiente de trabalho mais seguro e saudável.

Vale ressaltar, que a flexibilidade e adaptação rápida das linhas de produção também são vantagens de grande importância, à vista disso, os robôs podem ser programados e adaptados para realizar diferentes tarefas e se ajustar às demandas de produção, assim produzindo maior agilidade e capacidade de respostas às variações de mercado, pois, os robôs são altamente programáveis e podem ser facilmente reprogramados para realizar diferentes tarefas e processos, assim permitindo uma rápida adaptação às necessidades de produção. Além de que, os robôs são projetados para trabalhar com sistemas já existentes, assim tornando as diferentes etapas do processo mais fluidas, assim resultando em uma flexibilidade na distribuição das tarefas e no fluxo de produção, proporcionando uma melhor utilização dos recursos disponíveis, em contrapartida.

A integração de robôs enfrenta alguns desafios, como por exemplo, o custo inicial de implementação, são investimentos consideráveis, tanto em termos de aquisição quanto de integração com os sistemas existentes, isso pode acabar sendo uma grande barreira para empresas de menor porte com recursos financeiros limitados até porque o retorno dos investimento pode levar algum tempo para ser alcançado, com isso criando um conflito adicional para as organizações que precisam equilibrar os custos imediatos com os benefícios de longo prazo da automação, para tentar superar tais desafios é necessário realizar uma análise detalhada da infraestrutura existente e dos requisitos dos novos sistemas automatizados, é fundamental analisar a compatibilidade dos sistemas, identificar possíveis lacunas e desenvolver estratégias para realizar as integrações necessárias, além disso, é necessário envolver profissionais especializados em automação

industrial, capazes de realizar a integração de forma eficiente e minimizar os impactos na operação geral, também é importante citar que os trabalhadores devem estar preparados para interagir com os robôs, por isso, é necessário investir em um treinamento e capacitação dos trabalhadores para melhor operar e interagir com os robôs de forma eficiente e segura. É importante que os robôs sejam capazes de interagir de forma eficaz com outros dispositivos, como por exemplo, sensores e sistemas de controles já presentes nas fábricas. Com o avanço da inteligência artificial e da robótica, espera-se que os robôs sejam capazes de tomar decisões e realizar tarefas complexas com a mínima intervenção humana.

Com o passar dos anos a indústria sofreu constantes evoluções e necessitam de equipamentos cada vez mais modernos para suprir suas necessidades. No contexto de indústria 5.0, as empresas precisam de robôs mais eficientes e capazes de lidar com as condições dinâmicas da produção, e os avanços tecnológicos na área da robótica visam permitir que humanos e robôs interajam com proximidade. Desta maneira, o robô colaborativo apresenta-se como uma solução para compatibilizar o trabalho entre humanos e robôs (KOOTBALLY, 2016). Isso ocorre devido à capacidade do robô colaborativo de se adaptar aos diversos tipos de indústrias, bem como ao fato de que sua preparação para novas tarefas é rápida (BLOSS, 2016; CERIANI et al., 2015; MICHALOS et al., 2014).

Assim, a introdução desta tecnologia na manufatura permite a partilha das diferentes tarefas do processo de produção entre humanos e robôs, além de dispensar os operadores de realizar trabalhos repetitivos e monótonos para então se dedicar às operações de alto valor agregado (IBARGUREN et al., 2015). É o caso dos polos industrializados, como a União Europeia, que almeja obter maior flexibilidade e maior eficiência para melhorar sua posição competitiva no mercado mundial com o uso desta tecnologia (MICHALOS et al., 2014), uma vez que já possui presença no mercado global da robótica. Consequentemente, busca de maneira ativa manter essa posição também no emergente setor da robótica colaborativa (BOGUE, 2016).

O robô colaborativo foi desenvolvido inicialmente em 1999 pelos professores Edward Colgate e Michael Pushkin na Northwestern University em Evanston, Estado de Illinois nos Estados Unidos da América (PESHKIN et al., 2001). Segundo os autores, o mesmo é definido como um robô projetado para interagir fisicamente com humanos em um espaço de trabalho compartilhado e suprir a lacuna entre uma estação de trabalho manual e uma automática. Tecnologias, tais como, algoritmos de controle especiais, interface homem-máquina e sensores integrados para abordar soluções de colisão e

segurança se integram nos projetos atuais desses robôs, a fim de proporcionar reprogramação rápida, flexibilidade e segurança (DJURIC, URBANIC e RICKLI, 2016), e visam segundo os autores, associar a capacidade de força e resistência dos robôs com a tomada de decisão dos operadores.

O robô cobots também pode proporcionar ao operador a redução de suas preocupações ergonômicas, que surgem devido ao trabalho de manusear carga física, ao mesmo tempo em que se melhora a segurança, qualidade e produtividade (CHERUBINI et al.; 2016). O objetivo é habilitar o trabalho colaborativo entre humanos e robôs, uma vez que os robôs colaborativos melhoram a flexibilidade dos processos industriais, ao mesmo tempo em que diminuem a fadiga dos operadores (CHERUBINI et al., 2016; BLOSS, 2016; PEDROCCHI et al., 2013).

Os robôs colaborativos manipulam produtos de baixo peso, contudo, para que este tipo de robô alcance todo seu potencial, os produtos de médio e alto peso devem poder operar também ao lado dos humanos, já que aproximadamente 45% do mercado global envolve cargas acima de 15 kg (BOGUE, 2016). O autor afirma que os robôs cobots podem oferecer menores custos de instalação devido à falta de aparatos de segurança, pode gerar economia de espaço, e permite uma rápida adaptação às novas tarefas. No entanto, mesmo com a tecnologia de sensores embarcada no robô para permitir o trabalho colaborativo, o humano ainda é o componente fundamental nas operações colaborativas (GROOVER, 2017).

5.2 Tipos de Robôs Cobots e suas aplicações na indústria

É importante destacar, a versatilidade dos robôs cobots, visto que apesar de não substituírem a mão de obra humana, eles atuam em diversos processos industriais que permitem uma ampla utilização de suas funções, com isso existem no chão de fábrica diversos tipos de cobots que são classificados de acordo com a sua tarefa realizada, entre eles é possível citar os colaborativos em comunicação com outros equipamentos periféricos: estes compartilham tarefas com outros robôs colaborativos, equipamentos externos e periféricos no processo de produção, bem como os colaborativos com trabalhadores: promovem uma interação entre os cobots e os funcionários que participam da produção. Na maioria das vezes apresentam um sistema de sinalização que indica que o cobot terminou sua tarefa para que o trabalhador possa prosseguir com o processo, até a entrega na própria mão do operador de uma especificada peça ou produto.

Além disso, os cobots são utilizados nos mais diversos processos como processos de montagem e fabricação, como dispositivos projetados para interagir e trabalhar em

conjunto com operadores humanos em tarefas de montagem e fabricação industrial, visando aumentar a eficiência e precisão no processo produtivo, bem como cobots de inspeção e qualidade com equipamentos dotados de sensores e câmeras para realizar inspeções durante o processo de fabricação, identificando defeitos, medições precisas e assegurando a conformidade com padrões de qualidade, e cobots de Embalagem e Paletização: Sistemas automatizados utilizados em linhas de embalagem e logística para manipular e embalar produtos, rotulagem, e organização de cargas em paletes, otimizando operações de armazenamento e transporte.

Os cobots realizam diversos processos que abrem áreas externas em relação ao chão fábrica industrial, como os Colaborativos de Logística e Armazenamento: Dispositivos móveis empregados em ambientes de armazéns e centros de distribuição para o transporte autônomo de materiais, organização de estoques e execução de tarefas, também tem os colaborativos Saúde e Assistência: Autômatos desenvolvidos para operar em ambientes médicos, realizando tarefas como entrega de suprimentos, limpeza de áreas hospitalares e assistência em procedimentos médicos.

Com a constituição e execução correta, os robôs colaborativos podem ser utilizados para executar diversas tarefas bem como: embalagem e paletização: esses robôs são capazes de montar pilhas de produtos, colocar produtos dentro de caixas, alimentar máquinas, Inspeção: os robôs colaborativos também podem realizar inspeção visual e testes de produtos., carga e descarga: essa é uma das principais aplicações dos robôs colaborativos, garantindo mais agilidade e praticidade aos processos na indústria, manipulação: os robôs também podem aplicar rótulos, etiquetas, cola, entre outros, além de realizar a leitura de código de barras, transporte de cargas: por conta da sua mobilidade, os robôs colaborativos também podem transportar cargas dentro dos ambientes da indústria.

Os sistemas de robôs podem ser movidos facilmente de uma estação para outra, eles podem assumir etapas de trabalho que são tendenciosas, monótonas e perigosas para flexibilidade e aplicação simples: programação simples segundo o princípio "arrastar e soltar.

- Movimento simples do robô através da condução manual;
- Rápida colocação em funcionamento em poucos minutos;
- Reconfiguração e programação flexíveis para novos pedidos de trabalho;
- Reprogramação simples em caso de frequente troca de peças.

As vantagens dos robôs colaborativos são muitas, destacando-se a flexibilidade e a adaptabilidade em ambientes de produção. Além disso, a sua capacidade de melhorar a ergonomia do trabalho, ao assumir tarefas repetitivas ou fisicamente exigentes, contribui para a redução de lesões e aumenta a produtividade. Vale ressaltar que tem várias outras vantagens, como segurança, flexibilidade, aumento da produtividade, redução de erros, melhoria nos ambientes de trabalho dentre outras vantagens.

Embora os cobots ofereçam muitos benefícios, como aumentar a produtividade e segurança em ambientes de trabalho, também existem algumas desvantagens associadas ao seu uso, como por exemplo: custo inicial, pois para adquirir e implementar os cobots na empresa sendo um custo maior do que durante a o percurso de utilização, complexidade de programação, embora os cobots sejam projetados para trabalhar junto com os humanos, ainda há o medo de que eles possam eventualmente substituir trabalhadores, especialmente em tarefas repetitivas aplicação: Nem todas as tarefas são adequadas para automação por cobots. Tarefas que requerem julgamento humano, habilidades sensoriais ou criativo, além disso o processo de empacotamento e paletização também apresenta alguns possíveis riscos aos funcionários que acaba sendo uma desvantagem na sua aplicação

5.3 Tecnologias Utilizadas nos robôs Colaborativos

A evolução industrial, foi um fator primordial para o surgimento de novas tecnologias, as quais permitem a substituição da mão de obra humana em áreas de grande periculosidade, nesse contexto surgem os robôs colaborativos que são projetados para atuar de maneira segura e eficiente aliado ao funcionário, mas poupando de possíveis atividades prejudiciais a sua saúde, bem como a sua segurança. Os robôs cobots precisam para garantir sua atuação de maneira eficaz e cumprir o seu trabalho com eficiência necessitam do uso de diversas tecnologias, como:

- Sensores de Proximidade e Torque: possibilitam que o robô detecte a presença e a proximidade de pessoas, além disso dependendo da programação permite que ao detectar a presença de um indivíduo pare o processo para evitar situações de perigo.

- Sensores de força e torque: monitoram a força e o torque aplicado pelo robô, assim estabelecendo um limite a ser respeitado pelo peso carregado.
- Câmaras e visão computacional: permitem que os robôs cobots possam reconhecer objetos, navegação e interação com o ambiente, dessa forma irá atuar em conjunto com a mão de obra humana.
- Algoritmo de controle Adaptativo: Permitem que os cobots ajustem seu comportamento em tempo real com base nas mudanças do ambiente ou no ajuste do usuário
- Redes Neurais e Processamento de imagem: Usadas para identificar e aprender com padrões visuais e dados sensoriais, melhorando a interação e a eficiência.
- Algoritmo de aprendizado de máquina: Melhoria na adaptabilidade dos robôs e otimização de funções com base em coleta de dados durante seu funcionamento., bem como processamento de imagem e visão computacional: Permitem que os reconheçam e interpretem os espaços ao seu redor.
- Sistema de Controle em tempo real: Garantem que o robô responda rapidamente a mudanças no ambiente e nas ações dos operadores humanos.
- Tecnologias de Navegação e Mapeamento: Incluem GPS, Lidar e outras técnicas para movimentação autônoma e mapeamento do espaço de trabalho., bem como integrado com a tecnologia de sensoriamento de segurança: Inclui sensores que detectam a pessoas nesse espaço de trabalho e impossibilitam a sua operação no sistema.
- Barreiras de Segurança e Proteções: Design físico dos robôs para reduzir o risco de acidentes e proteger os operadores.
- Painel de Controle e Interfaces de Programação: Interfaces intuitivas que permitem a fácil programação e ajuste dos robôs, muitas vezes com suporte para arrastar e soltar.
- Comunicação de Dados e Integração com Sistemas: Facilita a integração com outros sistemas e dispositivos de fábrica para um fluxo de trabalho mais coeso. Além disso, é necessário de equipamentos, como atuadores e motores que permitem o movimento preciso das partes do robô, bem como sistemas de OPC par permitir a integração.

6.0 Uso de simuladores virtuais para a implantação de sistemas automatizados.

Os simuladores simulam ambientes reais de automação, permitindo que usuários pratiquem programação e integração de sistemas de controle em um ambiente seguro e controlado.

Os simuladores apresentam diversas vantagens que possibilitam uma maior integração no dia a dia, dentre elas é possível citar o Aprendizado interativo: Proporcionam uma experiência prática e intuitiva, especialmente para estudantes ou novos profissionais na área. Muitas vezes incluem bibliotecas de componentes e cenários pré-montados, Integração com hardware: Muitos simuladores suportam integração com PLC reais, permitindo que o programa desenvolvido no simulador seja testado diretamente no equipamento.

6.1 Simulador Factory IO

O Factory IO é um simulador interativo amplamente utilizado para aprendizado e treinamento em automação industrial. Ele permite a criação de cenários 3D realistas que simulam ambientes industriais como linhas de produção, sistemas de transporte e montagem. Desenvolvido com foco em educação e desenvolvimento profissional, o software é uma excelente ferramenta para programar e testar controladores lógicos programáveis além de permitir o programador a realizar testes em relação ao seu programa criado, permitindo simular seu logica de programação em uma planta industrial semelhante ao cenário no mundo real.

O simulador factory IO, possui uma interface gráfica moderna e intuitiva, com simulação realista de elementos industriais. Os usuários podem montar fábricas virtuais a partir de uma ampla biblioteca de componentes, como esteiras, sensores, motores, cilindros pneumáticos, entre outros. Suporta integração com diferentes marcas de CLPs, como Siemens, Allen-Bradley, Schneider Electric, entre outros. Além disso, permite o uso de controladores virtuais, como o PLCSIM (Siemens) e softwares de programação (TIA Portal, Codesys, etc.). Oferece também integração via protocolos como Modbus TCP, OPC UA e TCP/IP.

Este simulador, apresenta diversos cenários industriais pré-configurados que simulam processos reais, como controle de transporte, engarrafamento e paletização. Ideal para aprendizado incremental, permitindo que usuários avancem conforme seu nível de conhecimento. Suporta várias linguagens de programação de CLP (Ladder, FBD, SCL, etc.), dependendo do software utilizado em conjunto. Também pode ser utilizado com

software de controle baseado em scripts. Permite visualizar e monitorar o funcionamento do sistema em tempo real. Indicadores visuais mostram o estado dos dispositivos (ligados/desligados, sensores acionados, etc.).

Fundamental para aprender programação de CLPs e sensores em um ambiente simulado. Treina operadores e técnicos sem impactar a produção real. Testa e valida lógicas de controle antes de implementá-las no ambiente físico. Ajuda estudantes e profissionais a compreenderem conceitos como lógica de controle, automação de processos e integração de dispositivos.

6.2 Interconexão do factory Io com o CLP

Primeiro, é necessário configurar o CLP no Factory IO. Para isso, deve-se acessar o menu "Driver Configuration" dentro do simulador e selecionar o driver que corresponde ao modelo ou protocolo de comunicação do CLP que será utilizado, como Siemens, Allen-Bradley, Modbus TCP ou OPC UA. Após selecionar o driver, é preciso ajustar os parâmetros de comunicação, incluindo o endereço IP, a porta de conexão e informações específicas, como rack e slot, dependendo do CLP.

O próximo passo é configurar o CLP físico ou virtual. Certifique-se de que o CLP está conectado à mesma rede local (LAN) que o computador onde o Factory IO está instalado. Em seguida, abra o software de programação do CLP, como o TIA Portal para Siemens ou o Studio 5000 para Allen-Bradley, e configure os endereços de entrada e saída (I/O) que serão usados para se comunicar com os dispositivos simulados no Factory IO.

Depois, é necessário fazer o mapeamento de sinais no Factory IO. Isso é feito através da opção "Tag Mapping", onde cada sensor ou atuador virtual do cenário do simulador deve ser vinculado aos endereços de entrada e saída do CLP configurados no software de programação. É importante que os endereços utilizados no simulador correspondam exatamente aos configurados no CLP para garantir uma comunicação correta.

Por fim, inicie a simulação no Factory IO e o programa no CLP. Verifique se as ações programadas no CLP estão controlando corretamente os dispositivos simulados, como sensores e atuadores.

6.3 Princípio de funcionamento do OPC client

O padrão OPC faz a interoperabilidade, permitindo uma troca segura de dados nas indústrias, ou seja, ele faz a conexão de dados entre aplicativos e dispositivos, como exemplo: um controlador lógico programável e um SCADA, conectados através de um

OPC. Nesse sistema, os CLPs conectam-se a um driver e ao OPC Server (servidor). Então, o Server disponibiliza o dado a um sistema supervisorio como o SCADA, que possui interface conectada ao OPC Client (cliente), assim estabelece uma comunicação de sistemas padronizada entre server e client, assim para que isso seja possível, é utilizado o sistema operacional Windows.

O OPC possui diferentes especificações para acessar informações de alarmes, processamento de dados e dados históricos. As três especificações do OPC Clássico, de acordo com a OPC Foundation, são:

- DA (Data Access) – define a troca de informações incluindo valores e tempo;
- A&E (Alarm and Events) – designa a troca de dados relativos à alarme e evento, assim como gerenciamento de estado; e
- HDA (Historical Data Access) – determina métodos de consulta e análises que podem ser aplicados a dados com registro de data e hora.

Com o passar dos anos o OPC client clássico apresentou algumas limitações ao sistema do Windows, com isso surgiu um sistema mais aprimorado chamado OPC UA, além disso atualmente existem algumas versões publicadas ou em processo de aprovação:

- OPC Overview (Versão 1.00) – Descrição geral dos campos de aplicação das especificações OPC.
- OPC Common Definitions and Interfaces (Versão 1.00) – Definição das funcionalidades básicas para as demais especificações.
- OPC Data Access Specification (Versão 2.05) – Definição da interface para leitura e escrita de dados de tempo real.
- OPC Alarms and Events Specification (Versão 1.02) – Definição da interface para monitoração de eventos.
- OPC Historical Data Access Specification (Versão 1.01) – Definição da interface para acesso a dados históricos.
- OPC Batch Specification (Versão 2.00) – Definição da interface para acesso aos dados de processos por batelada (batch). Esta especificação é uma extensão da OPC Data Access Specification.
- OPC Security Specification (Versão 1.00) – Definição da interface de utilização de políticas de segurança.

7.0 Integração de comunicação entre o simulador factory e o CLP da OMRON

O simulador factory permite a comunicação com os mais diversos computadores lógicos programáveis (CLP), assim realizando a transmissão do CLP para o factory garantindo a realização de movimentos da planta industrial feita nesse simulador. Nesse contexto, foi implementado o programa pelo controlador lógico programável da omron, tendo uma estrutura semelhante à de um computador, esse dispositivo possui um processador, memória para leitura e gravação, memória de leitura e portas de comunicação. O funcionamento do PLC é baseado em módulos de entradas e saídas, softwares e uma memória interna programável.

A transmissão de informações do programa para o simulador é realizada através do OPC CLIENT DA/UA; Os tags do atuador e do sensor são mapeados para itens/nós OPC, dependendo do que estiver sendo utilizado OPC Classic ou UA - ao longo deste documento, os itens/nós serão referidos apenas como nós. Esses são navegados a partir de um servidor OPC que funciona como um “tradutor”, visto que ele é o responsável por fazer a interligação entre o factory IO e o programa ladder no CLP da OMRON, sem esse OPC a interligação entre os programas não aconteceria. Ao clicar no botão BROWSE (exibido em ordem alfabética na janela do driver) do simulador factory IO, encontra-se o número total de nós descobertos próximo ao nome do servidor, que pode ser limitado escolhendo um Limite, geralmente o limite de entradas e saídas utilizados para construir o programa, observando- se que apenas o nome dos nós são exibidos

Como citado no parágrafo anterior, as tags são sensores e atuadores que irão receber o nome de nós, porém é permitido vincular qualquer tag a qualquer nó, independentemente do tipo de dados do tag ou se for um tag de sensor ou atuador. Logo, deve-se escolher o tipo de dados apropriado, assim permitindo vincular qualquer a tag a um nó e as permissões de leitura/gravação ao criar nós no servidor. Além disso, nomeiam-se sensores com uma letra e os nomes dos atuadores com outra, por exemplo, a letra 'i' (entrada) para sensores e 'o' para atuadores, dessa forma é possível uma comunicação mais organizada.

Ao fazer isso, os itens dos sensores são exibidos juntos e antes dos atuadores. Além disso, ao adicionar um prefixo a esses nós (por exemplo, 'fio'), pode usar o filtro Iniciar com e Conter para recuperar apenas esses nós do servidor. Esses filtros são implementados de forma diferente no OPC Classic e no OPC UA. No OPC Classic ambos os filtros são aplicados ao ID do item. No OPC UA, o filtro de largura inicial é aplicado

ao nome de exibição do nó e o filtro contém é aplicado ao ID do nó.

7.1 Tecnologia OPC Client

Dessa forma, a comunicação entre o simulador e o controlador lógico programável é realizada permitindo movimentos na planta industrial através do OPC CLIENT DA/UA, a qual surgiu como uma maneira mais rápida no campo industrial para realizar a troca e armazenamento de dados. OPC é a sigla para Open Platform Communications, que significa Comunicações de Plataforma Aberta. Trata-se de um conjunto de padrões e especificações para comunicação industrial. É baseado no OLE (Object Linking and Embedding – ferramenta da Microsoft que atua junto ao sistema operacional Windows). Por sua vez, o OPC permite a troca de dados, realizando a comunicação dos equipamentos do chão de fábrica com o sistema de controle de maneira mais eficiente e segura.

Há algumas décadas, a comunicação entre equipamentos, hardwares e dispositivos era feita pelos Proprietários. Os quais não permitiam realizar a troca de dados sem funções específicas dos equipamentos, impossibilitando a conectividade entre os dispositivos. Então, em 1995, um grupo de empresários da área de automação se reuniu para desenvolver uma solução que possibilitasse uma melhor integração de dados nas empresas. Assim, em 1996, surge a tecnologia OPC, ficando conhecida como OPC clássico. Dessa forma, a comunicação entre o simulador e o controlador lógico programável é realizada permitindo movimentos na planta industrial através do OPC CLIENT DA/UA, a qual surgiu como uma maneira mais rápida no campo industrial para realizar a troca e armazenamento de dados.

OPC é a sigla para Open Platform Communications, que significa Comunicações de Plataforma Aberta. Trata-se de um conjunto de padrões e especificações para comunicação industrial. É baseado no OLE (Object Linking and Embedding – ferramenta da Microsoft que atua junto ao sistema operacional Windows. Por sua vez, o OPC permite a troca de dados, realizando a comunicação dos equipamentos do chão de fábrica com o sistema de controle de maneira mais eficiente e segura.

Há algumas décadas, a comunicação entre equipamentos, hardwares era feita pelos Proprietários. Os quais não permitiam realizar a troca de dados sem funções específicas dos equipamentos, impossibilitando a conectividade entre os dispositivos. Então, em 1996, surge por um grupo de empresários a tecnologia OPC.

8.0 Metodologia e Desenvolvimento do Trabalho

Figura 09- Planta Desenvolvida no Factory IO



Fonte: Elaborado pelo autor

Problema específico: como e onde podem ser aplicados os robôs colaborativos para automação na indústria? É possível o uso dos CLPs para aplicação desse cobots?

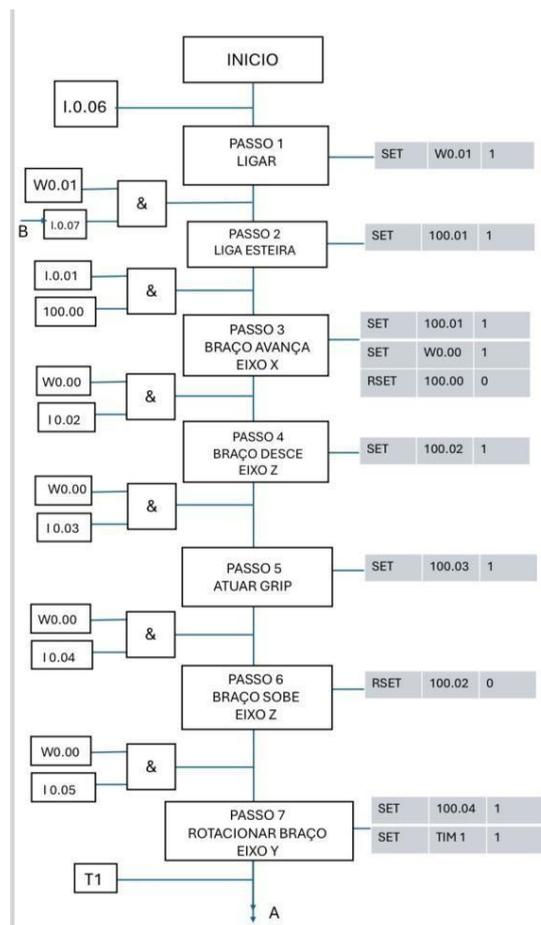
A princípio para a resolução do problema proposta, foi elaborado uma planta industrial (demonstrado acima), que apresenta uma parte de um processo do chão de fábrica, assim foi posto duas esteiras, emissor, um braço robótico com os três eixos (eixo X, Y e Z), caixas grandes, pequenas e medias, sensores de altura, e por fim sensor de presença.

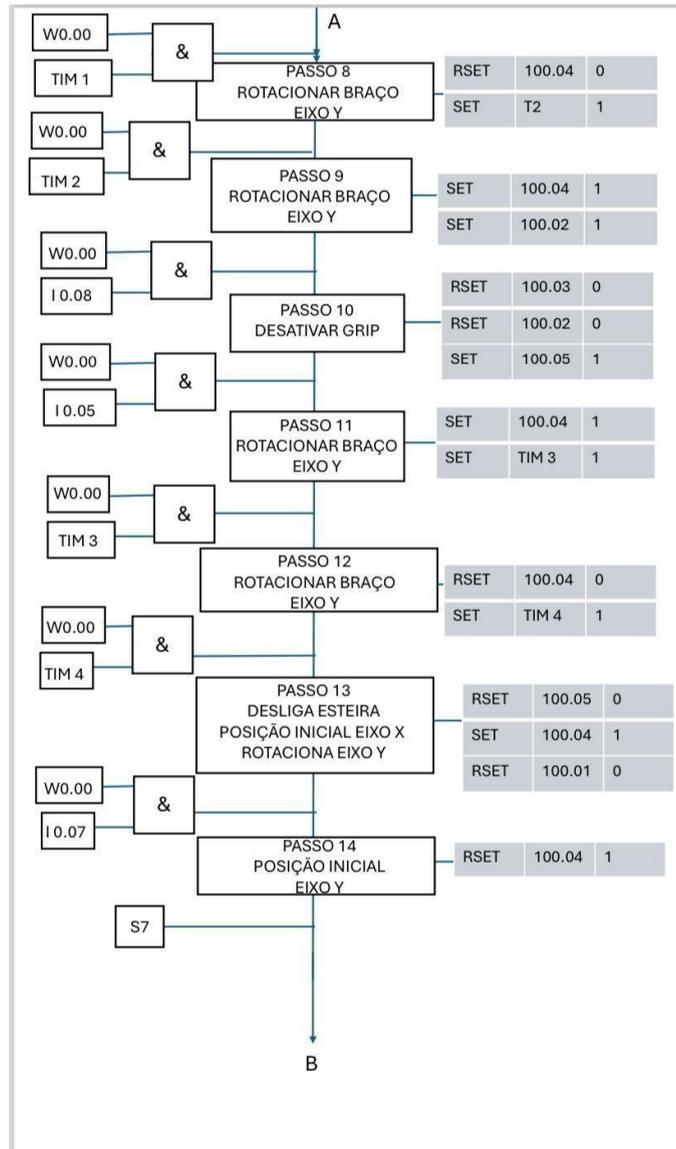
O processo a ser realizado, consiste em um braço robótico que funcionaria como um cobots, o processo funciona da seguinte forma: a esteira 01 estará ligada, com isso passarão caixas medias, grandes e pequenas, entretanto essa mesma esteira apresenta um sensor de altura que por sua vez libera a passagem de caixas pequenas e medias e desliga a esteira ao passa caixas grandes, quando essas caixas maiores forem detectadas a esteira 01 irá desligar , com isso o braço robótico ira avançar na horizontal (eixo X) e por sua vez aciona o eixo Z, quando o sensor do grip detectar a presença de caixas na esteira, após o acionamento dos dois eixos o grip segurando a caixa e o eixo Z ira “subir” retornando a posição inicial, com dois pulsos o braço robótico ira rotacionar (eixo Y) até que esteja posicionado a frente da segunda esteira, com isso o eixo Z será acionado e o

grip desacionado, largando a caixa, após a caixa chegar ao final da segunda esteira, a esteira será desligada e o braço robótico irá rotacionar (eixo Y) e com isso todo processo retorna à posição inicial.

Primeiramente a partir do problema proposto, o qual é a elaboração de um programa ladder de um braço robótico industrial que possa interagir de maneira contínua e segura com a figura humana, para que isso foi utilizado como estratégia operacional a elaboração do fluxograma funcional (abaixo apresentado), onde através de organograma está representado os passos do processo, suas entradas e saídas e o estado lógico de cada um dos elementos atuados, assim foi possível uma maior facilidade na elaboração do diagrama ladder feito pelo CLP da OMRO

Figura 10- Fluxograma Funcional





Fonte: Elaborado pelo autor

Os elementos apresentados dentro dos retângulos representam os passos do processo, a exemplo passo 1, representa sistema desligado. Os elementos apresentados as esquerdas dos passos representam as entradas e seus estados lógicos.

Os elementos representados a direita são os elementos de saídas, e seus estados logico, com suas respectivas funções, a exemplo do set e reset, os elementos a esquerda representados são os elementos de entrada correspondentes aos elementos de saída. A Tabela de variáveis lógicas explicar a logica da sua utilização.

Tabela 01- Variáveis de Entrada

| Variáveis de Entrada | Elemento Físico | Correspondência Lógica |
|----------------------|------------------------|------------------------|
| I:0.06 | I:0.06 = B1 Liga | I:0.06 =0 |
| I:0.00 | I:0.00 = B2 Desliga | I:0.00=0 |
| I:0.07 | I:0.07= S7 Retorno | I:0.07=0 |
| I:0.01 | I:0.01 = Sensor Caixa | I:0.01=0 |
| I:0.02 | I;0.02 = Sensor eixo x | I:0.02=0 |
| I:0.03 | I:0.03= Sensor eixo Z | I:0.03=1 |
| I: 0.04 | I: 0.04= Sensor Grip | I: 0.04=0 |
| I: 0.05 | I: 0.05= Sensor eixo Y | I: 0.05=0 |
| T0001 | T0001= Temp. 01 | T0001=0 |
| T0002= Temp. 02 | T0002= Temp. 02 | T0002= 0 |
| T0003 | T0003= Temp. 03 | T0003 = 0 |
| T0004 | T0004= Temp. 04 | T0004 = 0 |
| I:0.08 | I:0.08= Desativa Grip | I:0.08 = 0 |
| W0.01 | W0.02=M1 Memoria | W0.01 =0 |
| W0.00 | W0.00 =M2 Memoria | W0.00 =0 |

Fonte: Elaborada pelo autor

Tabela 02- Variáveis de Saída

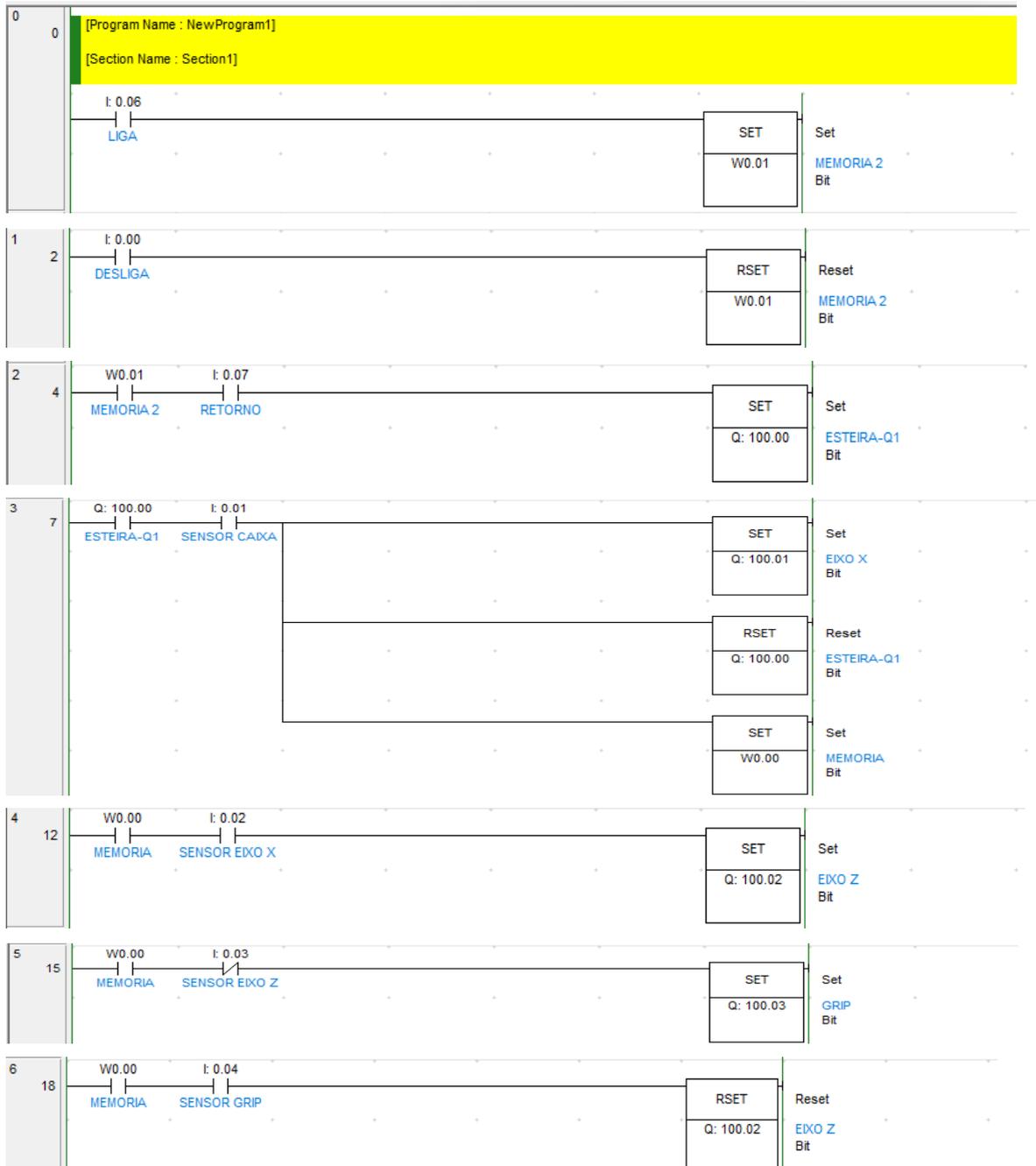
| Variáveis de Saída | Elemento Físico | Correspondência Lógica |
|--------------------|----------------------|------------------------|
| Q:100.00 | Q:100.00= Esteira 01 | Q:100.00=0 |
| Q:100.01 | Q:100.01= Eixo X | Q:100.01 =0 |
| Q:100.02 | Q:100.02= Eixo Z | Q:100.02 =0 |
| Q:100.03 | Q:100.03= Grip | Q:100.03 =0 |
| Q:100.04 | Q:100.04= Eixo Y | Q:100.04 =0 |
| Q:100.05 | Q:100.05= Esteira 02 | Q:100.05 =0 |
| TIM 0001 | TIM 0001 = Temp. 01 | TIM 0001 =0 |
| TIM 0002 | TIM 0002= Temp.02 | TIM 0002 =0 |
| TIM 0003 | TIM 0003= Temp. 03 | TIM 0003 =0 |
| TIM 0004 | TIM 0004= Temp.04 | TIM 0004 =0 |
| W0.01 | W0.02=M1 Memória | W0.01 =0 |
| W0.00 | W0.00 =M2 Memória | W0.00 =0 |

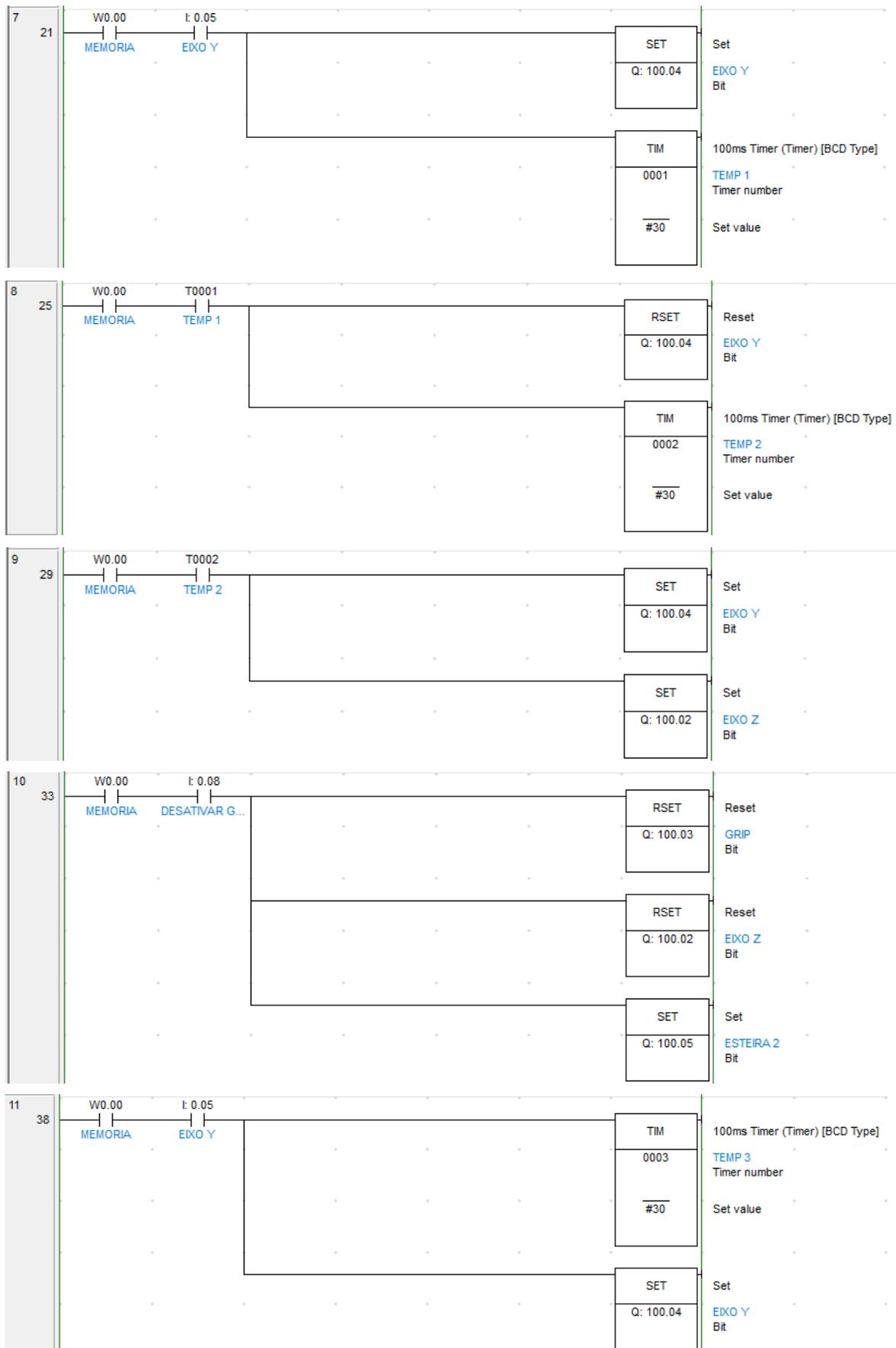
Fonte: Elaborada pelo autor

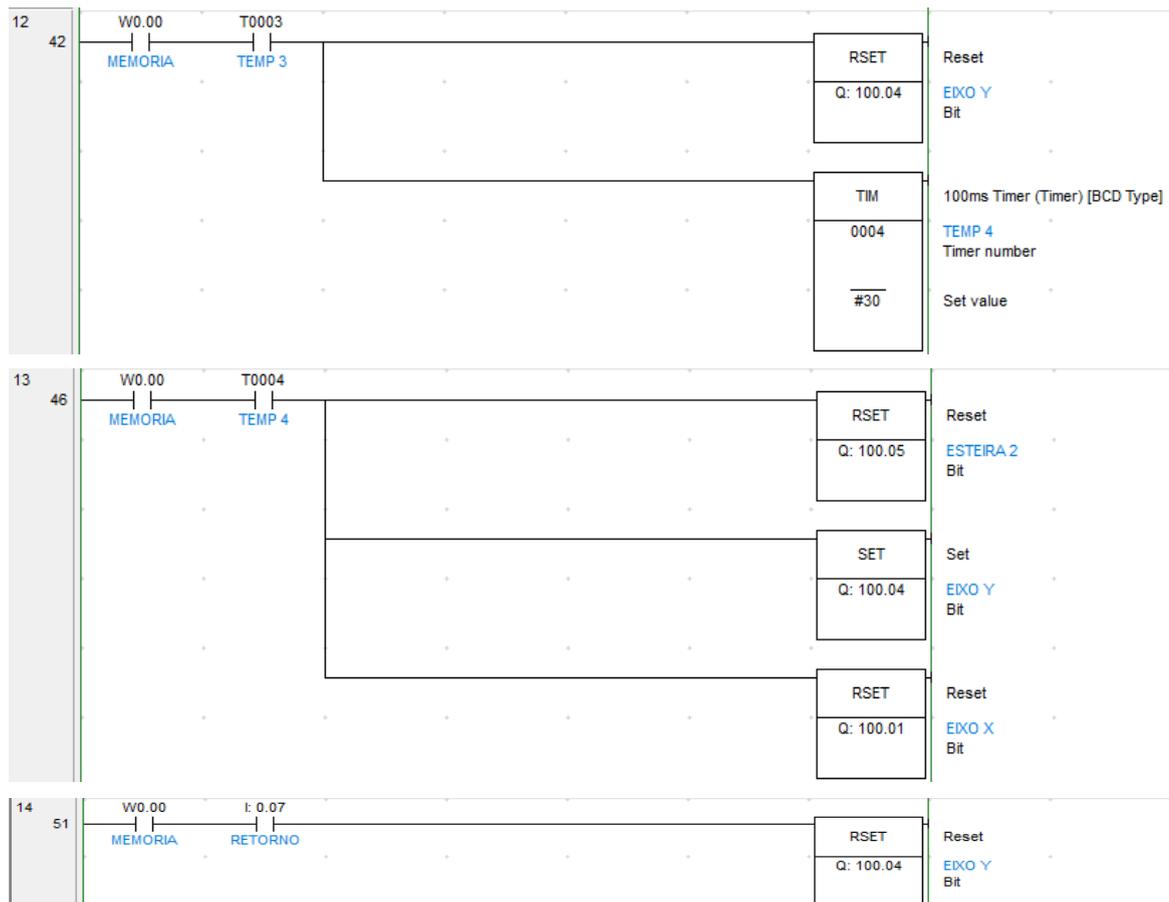
A utilização do fluxograma funcional e da tabela logica é o elemento básico para a construção do programa ladder facilitando dessa forma a identificação das entradas e saídas a serem utilizadas no programa, bem como a identificação das logicas do processo de automação.

Seguindo a estratégia de elaboração do programa foi em seguida elaborado o programa do CLP em Linguagem Ladder, apresentado abaixo:

Figura 11– Diagrama ladder feito no programa OMRON







Fonte: Elaborado pelo autor

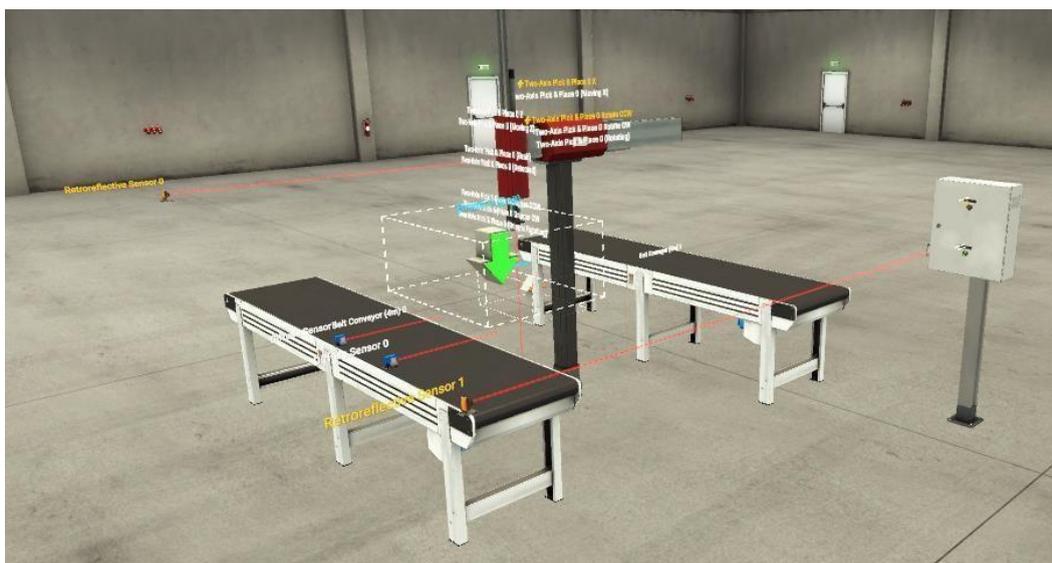
O diagrama foi realizado através da linguagem ladder do CLP da OMRON, o diagrama foi programado para que fosse possível realizar o transporte de caixas de uma esteira para outra através de um braço robótico, assim foi utilizado funções como temporizadores, set e reset e memórias durante a programação. Além disso, para verificar possíveis erros no ladder, o mesmo foi feito a com uns maiores números de linhas e após isso foi “refinado” buscar reduzir os números de linha e implementar uma logica mais simples, além dos ajustes no ladder foi realizado uma simulação no factory IO que simula o funcionamento do programa no chão de fábrica desejado.

No diagrama, foi possível observar a função set e reset, a qual ao acionar as esteiras ou eixos, habilitando suas entradas correspondentes, a saída será habilitada, assim como por exemplo ligando a esteira que permanecerá nesse estado até o reset ser acionado, ao habilitar o reset a esteira irá desligar, logo é possível perceber que a função set e reset pode ser empregada em sistema de “liga e desliga” como no caso do programa ladder realizado na figura 10 (acima).

Utilizando o simulador factory IO, foi feito a planta industrial, a qual representa uma parte de um processo do chão de fábrica. É importante destacar, a

necessidade de ter sido feito o fluxograma funcional, o qual descreve passo a passo a ser seguido pelo processo criado na planta industrial, além foi realizado a tabela de variáveis de entrada e variáveis de saída, a qual descreve os sensores, atuadores, memórias, braço robótico e seus respectivos eixo, bem como duas esteiras e um quadro de comando. Todas as variáveis de entrada e saída estão sendo demonstrada na planta industrial projetada no factory IO abaixo.

Figura12-Planta industrial demonstrando um processo industrial no Factory IO



Fonte: Elaborado pelo autor

O factory IO, é um programa de simulação, porém, é um programa diferenciado, pois não é apenas uma simulação de pulsos como vistos em outros programas, é uma simulação em 3D, com elementos dispostos fisicamente para apresentar a planta. Observa-se que o programador consegue se colocar dentro da planta industrial e ver a operação da malha de controle, assim realizando testes operacionais e identificando possíveis erros de programação.

Essa planta demonstrada na figura 10 (acima), foi realizada para que fosse possível realizar a intercomunicação entre o programa ladder desenvolvido no programa OMRON e o simulador factory IO, essa é uma forma de visualizar a funcionalidade do ladder programado.

A interconexão entre o factory IO e o programa ladder feito no CLP da OMRON só foi possível utilizando um programa OPC, citado anteriormente na fundamentação teórica, com esse programa que funciona como um "tradutor" de linguagens, justamente por possibilitar a comunicação entre linguagens distintas, foi possível, visualizar o programa ladder funcionando em um cenário industrial

9.0 Resultados e Discussões

O trabalho foi realizado visando demonstrar a importância da intercomunicação entre um programa na linguagem ladder de um controlador lógico programável, nesse caso especificamente da OMRON e um simulador (Factory IO). A princípio foi realizado pesquisas entre os mais variados materiais didáticos, buscando ter um maior armazenamento de informações sobre os robôs colaborativos e a sua programação. Após a etapa de análise das informações, compreendendo o papel de um cobots no chão de fábrica e sua função no ramo industrial foi dado início a metodologia.

A metodologia foi feita com base nos ensinamentos da matéria de automação durante dois anos do curso de eletrotécnica, e em uma base fundamentada de máquinas elétricas, visto que foi necessário compreender o funcionamento de motores tanto das esteiras como do braço robótico para que a planta industrial no simulador fosse montada. Para a planta industrial pudesse ser contruída, foi necessário conhecimento em simuladores de maneira geral, e após isso foi escolhido o simulador que seria utilizado no trabalho: Factory IO, bem como elaboração do programa ladder e testagem da intercomunicação do programa operacional OPC CLIENT.

O estudo teórico realizado sobre os robôs cobots no ramo industrial, possibilitou a avaliação técnica do uso desses robôs na automação industrial, os quais realizam múltiplas tarefas dês a trabalhar em conjunto com um operador em um sistema de esteiras por exemplo, ou até mesmo poupando o operador de possíveis tarefas de alta periculosidade, dessa forma tanto o trabalhador como o empresário é beneficiado, visto que ao utilizar os cobots no chão de fábrica permite um maior fluxo de atividades, reduz os riscos dos acidentes de trabalho e possibilita uma maior intercomunicação entre homem-máquina.

A pesquisa realizada permitiu uma análise mais detalhado sobre o uso dos robôs cobots nas indústrias, principalmente ao retratar das indústrias que implementam o modelo da indústria 4.0, impulsionada por grandes tecnologias emergentes, como a IA e IoT é aprendido de maquina, com isso a utilização de sensores inteligentes, visão computacional e sistemas embarcados permite que os robôs executem tarefas com maior eficiência, reduzindo erros e otimizando processos produtivos, além disso a a conectividade proporcionada pela IoT permite uma integração dos cobots com o sistema de gestão, permitindo monitoramento remoto, manutenção preditiva e ajustes em tempo real para melhorar o desempenho das

operações, dessa forma essa conectividade também favorece a comunicação entre distintos dispositivos máquinas dentro do ambiente industrial, promovendo maior sincronização e eficiência na linha de produção

Outro ponto importante na pesquisa, é sobre o uso dos CLPS na indústria, no contexto atual, em que a tecnologia vem avançando cada vez mais as indústrias apresentam grandes inovações, incluindo os mais diversos tipos de robotes, para que essas robotes sejam implementadas se faz necessário todo um sistema de controle que são realizados com os CLPS, esse é responsável por garantir a eficiência e segurança da máquina, com isso para que os cobots desempenhe as funções desejadas, se faz necessário de uma linguagem de programação que vai está integrada aos CLPS, sendo esses essenciais para comandar robôs industriais, sendo programados para executar sequências complexas de movimentos e interagir com sensores e atuadores, assim possibilita uma previsão na operação, entretanto tudo depende da linguagem de programação que vai ser aplicada a esse sistema

No estudo, foi possível constatar que os sistemas de controle necessitam de uma linguagem de programação, no caso do trabalho realizado a linguagem utilizada foi a ladder, a qual é amplamente utilizada no ramo industrial permite um funcionamento íntegro do CLP, assim seus dispositivos por ele comandado funcionam conforme o programa realizado, caso ocorra algum erro ao realizar o programa ladder esse não irá funcionar ou não funcionará de maneira a executar a função desejada.

Para que seja possível prevenir erros em programas pode-se utilizar os simuladores, com isso através do OPC é possível fazer uma comunicação entre o programa feito no ladder e a planta no simulador, assim com a planta industrial simulando o chão de fábrica que atende a necessidade do cliente é possível fazer a comunicação com o CLP, dessa forma é pode-se prevenir erros antes que o programa passe a atuar 100% no chão de fábrica, com esses erros detectados e corrigidos o programa funcionará da maneira adequada, logo uma das vantagens dos simuladores é a prevenção de erros, assim possibilita que esses sejam corrigidos e garante a funcionalidade antes que vá para o chão de fábrica propriamente dito.

No trabalho, foi realizado um programa ladder de um robô cobots simulado no simulador factory IO, ao realizar essa integração confirmamos se o programa estava realmente funcionando. A princípio foi feito o fluxograma separando em passos cada etapa realizada pelo braço robótico, definindo suas entradas e suas respectivas saídas, após isso com a sequência de passos o programa ladder pode ser criado tendo o fluxograma como base, após isso o programa foi passado para o CLP

da OMRON e com isso pode-se realizar a comunicação entre o OMRON e o factory IO através de um OPC, assim pode-se corrigir erros antes realizados no ladder e fazer testes para constatar as funções que seriam realizadas pelo braço robótico programado na área industrial.

Após a simulação ter sido realizada, foi possível constatar as vantagens e desvantagens dos simuladores no ramo industrial, bem como as diversas aplicações dos CLPS, principalmente quando está imerso em um sistema de controle de robôs ligados às novas tecnologias proveniente da indústria 4.0. Ao final das etapas propostas por esse trabalho de conclusão de curso, fundamentados nos conhecimentos obtidos a partir dos estudos realizados, em suas etapas teóricas e prática foi possível elaborar um panorama técnico do uso dos COBOTS na automação industrial e em outras áreas do mundo produtivo, vantagens e desvantagens, bem como a apresentação de um modelo prático experimental do uso dos robôs comandados por CLPS; dessa forma o trabalho contribuiu significativamente para o aprendizado de cobots juntamente com simuladores.

10.0 Conclusão

Neste trabalho, foi abordado detalhadamente os robôs cobots sua funcionalidade e aplicações no cenário da indústria 4.0. No contexto atual, em que as indústrias estão cada vez mais adaptando seus processos para meios mais avançados, foi deixado evidente o papel dos cobots na figura tecnologia e sua eficiente no chão de fábrica, além disso foi realizado o estudo da arte sobre ao sistema de controle desses robôs, com a finalidade de programa-lo para executar diversas funções adaptadas a necessidade de cada processo.

Realizado o estudo da arte sobre os robôs cobots, foi feito o estudo sobre o seu sistema de controle com a utilização do CLPs programado com a linguagem ladder, assim após a programação ter sido realizada, é importante prever o comportamento desse cobots antes de ir efetivamente para o chão de fábrica, dessa forma foi feita a simulação através do software factory IO, feito a planta industrial semelhante a uma planta industrial na realidade com o uso de esteiras, sensores, braço robóticos e dentre outros..., foi feito a intercomunicação entre o programa OMRON e o simulador factory IO.

Por sua vez, como retratado ao longo do trabalho, umas das vantagens do factory IO é justamente poder visualizar durante o processo de programação o comportamento do cobot antes de atuar efetivamente na indústria, assim é possível prevenir erros, corrigi-los e uma otimização de tempo, visto que reduz o tempo de teste (no chão de fábrica), simulação em ambiente controlado e permite submeter o robô a situação mais extrema, por exemplo: operando fora das suas condições normais.

Entretanto, durante o processo de realização do trabalho foi enfrentado alguns problemas..., o primeiro deles foi justamente a dificuldade em baixar o programa OMRON, visto que foi dado um erro no driver, além disso foi enfrentado um problema com o simulador factory IO, pois esse programa apresenta uma licença apenas de um mês, ou seja, caso a planta industrial foi feita antecipadamente não seria possível baixar tendo a necessidade de refazer toda vez.

Apesar dos problemas enfrentados, foi constatado que é possível a utilização dos robôs colaborativos para a automação industrial para diversas tarefas, dentre elas, o comando de esteiras, separação de cargas, manipulação de cargas e outras, além disso o simulador factory IO é um avanço operacional, pois os projetistas e operadores podem avaliar a eficiência e execução da malha em todas as etapas dos processos e só depois, tomar decisão técnica.

Portanto, o trabalho foi realizado com o intuito de contribuir significativamente para o estudo da arte dos robôs cobots no contexto da indústria 4.0, além disso demonstrar tecnicamente as vantagens e desvantagens da simulação, bem como os seus possíveis problemas enfrentados, demonstrado cada etapa realizada para a elaboração da programação do braço robótico e sua simulação

11.0 Referências Bibliográficas

Automação Industrial, Alexandri Capelli, 2009. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/422042443/Automacao-Industrial>. Acesso em 08/02/2025.

Automação Industrial – Serie Brasileira de Tecnologia, Fernandino Natalle, 2009. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/545544560/Automacao-Industrial-8%C2%AA-Ed-Ferdinando-Natale>. Acesso em 20/02/2024

Automação e Controle Discreto Válvula de Entrada, Paulo R. Da Silveira, 2009. Disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/238199234/Automacao-e-Controle-Discreto-Paulo-R-da-Silveira-e-Winderson-E-Santos-pdf> Acesso em 01/02/2025.

BORGES, Alana S.; NUNES, Victor D.; SOUSA, Carlos A. Automação e robôs colaborativos na indústria: uma revisão sobre as tendências e desafios. Revista Brasileira de Automação Industrial, v. 27, n. 1, p. 49-63, 2023. Acesso em: 10/06/2024

BARBOSA, Gustavo M.; LIMA, Rafael S.; PEREIRA, João F. Cobots: A revolução da automação colaborativa nas linhas de produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2022, São Paulo. São Paulo: ABEPRO, 2022. p. 144-158. Acesso em: 17/05/2025

Conecctt soluções - A evolução da automação industrial: mudanças significativas. Disponível em: Engenharia Híbrida - Automação industrial: o que é, objetivos e vantagens. Disponível em: <https://www.engenhariahibrida.com.br/post/avancos-na-robotica-inteligencia-artificial-automacao-avancada>. Acesso em: 09/04/2024.

Controladores Lógicos Programáveis, Winderson Eugenio dos Santos, 2009. Acesso em 18/05/25

CIM Automação - Robótica colaborativa: O que é e quais são suas principais aplicações? Disponível em: <https://blog.cimautomacao.com.br/robotica-colaborativa/>. Acesso em: 12/04/2024

CAPELLI, Alexandre. Automação industrial: controle do movimento dos contínuos. 3. ed. São Paulo: Érica, Saraiva.

Indústria 4.0 - A nova era da manufatura com a IA e robôs colaborativos. Disponível em: <https://www.industria40.ind.br/artigo/24840-a-nova-era-manufatura-ia-robos-colaborativos.amp>. Acesso em: 10/05/2024

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Paraíba - DISPOSITIVOS ELETRÔNICOS INTELIGENTES (IED'S) E A NORMA IEC 61850: UNIÃO QUE ESTÁ DANDO CERTO. - Disponível em: <http://congressos.ifal.edu.br/index.php/connepi/CONNEPI2010/paper/viewFile/1639/917>. Acesso em : 19/04/2024

IBN TOFAIL UNIVERSITY, NATIONAL SCHOOL OF APPLIED SCIENCES, ENGINEERING SCIENCES LABORATORY, KENITRA, MOROCCO et al. Maximizing efficiency and collaboration: Comparing Robots and Cobots in the Automotive Industry – A Multi- Criteria Evaluation Approach. International journal of industrial engineering and management, v. 15, n. 3, p. 238–253, 2024. Acesso em: 12/03/2024

OLIVEIRA, Marcos P.; COSTA, Fernanda C. Robôs colaborativos: conceitos, aplicação e desafios para a automação industrial. São Paulo: Editora Técnica, 2020. Acesso em: 15/04/2024

Produtivo- Automação industrial: o que é, objetivos e vantagens. Disponível em: <https://www.produttivo.com.br/blog/automacao-industrial/>. Acesso em: 22/04/2024

Pelotas UFAL. Controladores Lógicos programáveis. Disponível em: http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/gladimir/Apostila%20de%20PLC_Gladimir.pdf. Acesso em: 02/05/2024

Microsoft - O que é computação em nuvem? Disponível em: <https://azure.microsoft.com/pt-br/resources/cloud-computing-dictionary/what-is-cloud-computing>. Acesso em: 24/04/2024

Manual de eletrônica. Disponível em: <https://www.manualdaeletronica.com.br/o-que-sao-portas-logicas-tipos-caracteristicas/>. Acesso em: 07/05/2024. NATALE Ferdinando. Automação industrial. Série Brasileira de Tecnologia.

Revista FT - A integração de robôs na automação de processos industriais: vantagens, desafios e perspectivas. Disponível em: A INTEGRAÇÃO DE ROBÔS NA AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS: VANTAGENS, DESAFIOS E PERSPECTIVAS – ISSN 1678-0817 Quais B2 (revistaft.com.br). Acesso em: 25/06/2024

SANTOS, Winderson Eugenio dos. Controladores lógicos programáveis (CLPs). Educação Profissional - Ensino Médio Técnico. Acesso em: 28/04/2024

SANTOS, Leonardo A.; MARTINS, Patricia D. Impacto da automação e robôs colaborativos na melhoria da eficiência produtiva. Revista de Engenharia Mecânica, v. 40, n. 3, p. 100-110, 2021. Acesso em: 02/07/2024

SILVA, Caio R.; LUCENA, Ana P. Robôs colaborativos e o futuro da automação nas fábricas inteligentes. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Automática, 2022. 320 p. Acesso em: 05/04/2024

Revisão Sistemática do uso da robotica. Disponível em: space.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/riufcg/33098/REVISÃO%20SISTEMÁTICA%20SOBRE%20O%20USO%20DA%20UX%20NA%20ROBÓTICA%20%20ANAIS%20XI%20SIMEP%20ARTIGO%202023.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 12/08/2024

Universidade Robots - empacotamento e paletização - Adaptação a mudanças, continuidade de negócios e cobots - Parte IV. Disponível em: <https://www.universal-robots.com/br/blog/empacotamento-e-paletizac%C3%A3o-adaptac%C3%A3o-a-mudancas-continuidade-dneg%C3%B3cios-e-cobots-parte-iv/>. Acesso em: 19/06/2024

UFSM- Universidade Federal de Santa Maria- **CLP**. Disponível em; https://www.ufsm.br/app/uploads/site413/2018/11/17_controladores_programaveis.pdf. Acesso em: 15/05/2024