

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
ANDERSON TOLEDO DA SILVA**

**ESTUDO DA AUTOMAÇÃO COMO FATOR
PRIMORDIAL PARA OS PROCESSOS DE
FABRICAÇÃO**

Taubaté – SP

2019

ANDERSON TOLEDO DA SILVA

**ESTUDO DA AUTOMAÇÃO COMO FATOR
PRIMORDIAL PARA OS PROCESSOS DE
FABRICAÇÃO**

Trabalho de graduação apresentado para
obtenção do Certificado de Graduação do
curso de Engenharia Mecânica do
Departamento de Engenharia Mecânica
da Universidade de Taubaté

Orientador^(a): Prof^a. Me. Maria Regina
Hidalgo de Oliveira Lindgren.

Taubaté – SP

2019

SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU

S586e Silva, Anderson Toledo da
Estudo da automação como fator primordial para os processos de
fabricação / Anderson Toledo da Silva. -- 2019.
40 f. : il.

Monografia (graduação) – Universidade de Taubaté, Departamento de
Engenharia Mecânica e Elétrica, 2019.
Orientação: Prof. Ma. Maria Regina Hidalgo de Oliveira Lindgren,
Departamento de Engenharia Mecânica.
Coorientação: Prof. Me. Paulo Cesar Corrêa Lindgren, Departamento de
Engenharia Mecânica

1. Automação. 2. Tecnologia. 3. Indústria. I. Título. II. Graduação em
Engenharia Mecânica.

CDD – 670.427

Ficha catalográfica elaborada por Shirlei Righeti – CRB-8/6995

ANDERSON TOLEDO DA SILVA

**ESTUDO DA AUTOMAÇÃO COMO FATOR PRIMORDIAL PARA OS
PROCESSOS DE FABRICAÇÃO**

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO APROVADO COMO PARTE
DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE “**GRADUADO EM
ENGENHARIA MECÂNICA**”

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO COORDENADOR DE CURSO DE
GRADUAÇÃO DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Professor: Fábio Henrique Fonseca Santejani
Coordenador de Trabalho de Graduação

BANCA EXAMINADORA:

Prof^a. Me. Maria Regina Hidalgo de Oliveira Lindgren
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Prof. Me. Paulo Cesar Corrêa Lindgren
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Prof^a. Me. Patrícia Cerávolo Rodrigues de Paiva
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Taubaté
Junho de 2019

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a meus amados e queridos pais
Rosana de Fátima Moreira e Hermes Francisco da Silva,
que se dedicaram a me proporcionar todas as
oportunidades para meu estudo.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por toda a graça e por ter me oferecido a saúde para poder alcançar esse momento muito especial.

A instituição UNITAU, espaço onde pude aprimorar e aprender a cada dia a diferença de me tornar um profissional capacitado e pronto para o mercado de trabalho.

A todos os mestres, doutores, especialistas e professores pelos conhecimentos me passado durante todo o curso, e em particular, aos professores Regina e Paulo pela orientação e correções para a conclusão deste trabalho.

À minha mãe, Rosana, uma verdadeira guerreira que esteve em todo momento de dificuldades ao meu lado me incentivando a seguir em frente. E que na batalha de sua vida simples conseguiu realizar o sonho de ver formados três Engenheiros de seus quatro filhos.

Mãe a senhora foi meu pilar nestes anos de curso superior, me afagando no momento em que o desânimo parecia querer tomar conta, e sendo a palavra final em minhas indecisões, obrigado.

Ao meu pai Hermes, meu herói, um exemplo de homem honesto e humano, que nas horas difíceis me incentivou a seguir em frente para que concluísse esta etapa de grande importância para todos nós. Pai, seu amor, carinho e respeito foram os divisores de água em minha vida acadêmica e pessoal.

E, para concluir os agradecimentos, agradeço aos meus amigos que estiveram junto a mim nesse percurso que não foi nada fácil, mas que se encerra de maneira muito honrosa e gratificante, obrigado pela amizade e respeito nestes anos de faculdade.

A todos acima citados, o meu humilde e honroso obrigado.

“É um pequeno passo para o homem, mas um salto gigantesco para a humanidade.”

Neil Armstrong

RESUMO

A tecnologia da automação está presente em todos os processos indústrias, trazendo o desenvolvimento acelerado de vários processos de produção, fazendo uso de comandos lógicos programáveis e de equipamentos mecanizados para substituir as atividades manuais que abordam tomadas de escolha e comandos-resposta de seres humanos. A demanda de inovação ao longo das atividades de manutenção industrial, em geral, é imprescindível, seja na identificação de falhas de projetos ao longo das análises das falhas dos equipamentos, ou no desenvolvimento de aperfeiçoamentos de produtos robustos, e de qualidade. Com a tecnologia ainda mais presente no cotidiano, a indústria e o comércio vêm procurando meios para a melhoria dos processos de produção. O trabalho tem como objetivo evidenciar o processo de inovação tecnológica na automação nas indústrias. Como metodologia foi realizado um levantamento bibliográfico, nos bancos de dados SciELO, Google Scholar, Capes Periódicos, nos últimos dez anos. Com as rápidas mudanças no meio tecnológico, o mundo está passando por grandes transformações por toda a sociedade. A presença de equipamentos robustos e de alta tecnologia torna o processo mais produtivo, com baixo custo de produção.

Palavras-chave: Indústria; Automação; Tecnologia; Arduino.

ABSTRACT

Automation technology is present in all industrial processes, bringing the accelerated development of various production processes, making use of programmable logic controllers and mechanized equipment to replace manual activities that address human choice and command-response. The demand for innovation throughout industrial maintenance activities, in general, is essential, either in identifying project failures during the analysis of equipment failures or in the development of robust product improvements and quality. With technology still more present in everyday life, industry and commerce have been looking for ways to improve production processes. The objective of this work is to demonstrate the process of technological innovation in automation in industries. As a methodology was carried out a bibliographical survey, in the databases SciELO, Google Scholar, Capes Periods, in the last ten years. With rapid changes in the technological environment, the world is undergoing major transformations throughout society. The presence of robust and high technology equipment makes the process more productive, with low production costs.

Keywords: Industry; Automation; Technology; Arduino.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema com Controlador Lógico Programável	18
Figura 2 - Sistema de Controle Distribuído- SCD	19
Figura 3 - Sistema de Controle Supervisório e Aquisição de Dados (SCADA)	20
Figura 4 - Pirâmide hierárquica de Automação	22
Figura 5 - Diagrama básico do CLP	25
Figura 6 - Atuadores.....	28
Figura 7 - Exemplo de controlador lógico programável (CLP).....	29
Figura 8 - Sistema de fabricação controlado por computador	30
Figura 9 - Arduino Uno	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AMS	<i>Automated Manufacturing Systems / Sistema Automatizados de Manufatura</i>
CAD	<i>Computer Aided Design / Projeto Auxiliado por Computador</i>
CAE	<i>Computer Aided Engineering / Engenharia Assistida por Computador</i>
CAM	<i>Computer Aided Manufacturing / Manufatura Assistida por Computador</i>
CAPP	<i>Computer Aided Process Planning / Planejamento de Processos Assistido por Computador</i>
CIM	<i>Computer Integrated Manufacturing / Manufatura Integrada por Computador</i>
CLP	<i>Programmable Logic Controller / Controlador Lógico Programável</i>
CMS	<i>Computed Manufacturing Support Systems/ Sistemas Computadorizados de Suporte a Manufatura</i>
CNC	<i>Computer Numeric Control / Controle Numérico Computadorizado</i>
CPU	<i>Central Process Unit / Unidade Central de Processamento</i>
DDC	<i>Direct Digital Control / Controle Digital Direto</i>
E/S	Entradas / Saídas
IHM	Interface Homem / Máquina
PCP	Planejamento e Controle da Produção
PLC	<i>Programmable Logic Controller / Controlador Lógico Programável</i>
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Aquisition / Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados</i>
SCIELO	<i>Scientific Eletronic Library Online / Livraria Científica Eletrônica Online</i>
USB	<i>Universal Serial Bus / Porta Universal</i>
SCD	Sistema de Controle Distribuído / <i>Distributed Control System</i>
WS	<i>Workstations / Estações de trabalho</i>
LAN	<i>Local Area Network / Rede local</i>
SD	<i>Secure Digital / Segurança Digital</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivos	13
1.1.1 Objetivo Geral	13
1.1.2 Obejtivos Especificos	13
1.2 Delimitação do estudo	13
1.3 Relevância do estudo	14
1.4 Organização do trabalho	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 Automação	16
2.1.1 Tipos de sistemas de automação de processos industriais.....	18
2.2 Automação na linha de produção	20
2.2.1 Automação Fixa.....	23
2.2.2 Automação Programável	24
2.2.2.1 Controladores Lógicos Programáveis.....	24
2.2.3 Automação Flexível	26
2.2.4 Automação das funções de suporte	26
2.3 Elementos de automação	27
2.3.1 Sensores	27
2.3.2 Atuadores	28
2.3.3 Controladores	28
2.4 Vantagens e benefícios da automação no processo produtivo industrial ...	29
2.5 Sistema Arduino	31
3 METODOLOGIA	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5 CONCLUSÃO	37
REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

Os humanos desenvolvem coisas há milhares de anos. Originalmente, vários produtos eram fabricados de acordo com a demanda; se uma ferramenta era necessária, ela era construída manualmente e, posteriormente, servia de base para outras ferramentas. Ao longo dos tempos, foram desenvolvidas técnicas mais complexas para auxiliar as pessoas a fazer tarefas de fabricação e produção. Tecnologias metalúrgicas, de tecelagem, moinhos movidos a água e motores a vapor e a gasolina facilitaram a fabricação de diversos produtos, que em geral eram desenvolvidos um a um (LAMB, 2015).

Nesse cenário atual de intensa concorrência econômica, as organizações enfrentam inúmeras dificuldades para permanecerem ativas no mercado. Mediante tanto desafios, procuram utilizar a automação em seus processos de produção, especialmente pela sua comprovada contribuição para minimizar as despesas de produção, aumentar a eficácia e prover respostas ágeis às solicitações do mercado. A economia globalizada traz consigo acesso a vários produtos, provenientes dos mais variados locais do mundo. A necessidade de atualização e desenvolvimento contínuo nunca foi tão recorrente como nos últimos tempos. O conhecimento e o domínio tecnológico utilizados têm sido pré-requisito para a permanência profissional em qualquer área (MARAFON *et al.*, 2018; MORAES; CASTRUCCI, 2010).

A automação dos sistemas produtivos se define pela automação de duas funções, que se comunicam entre si. A primeira está diretamente conectada com os materiais e produtos e se refere à automação de processos, enquanto a segunda não tem nenhum tipo de contato e se refere à automação de sistemas (FILIPPO FILHO, 2014).

A automação industrial verifica-se sempre quando há técnicas de controle introduzido em um processo. Vinculado ao desenvolvimento da produtividade, como fator preponderante do crescimento da qualidade de vida por meio do poder de compra da sociedade, torna-se o maior poder gerador de riquezas que não existiu. A automação é diferente da mecanização; a mecanização está fundamentada no uso de máquinas para realizar determinada tarefa substituindo o esforço físico, já a automação permite realizar uma tarefa por meio de máquinas controladas automaticamente (SILVEIRA; SANTOS, 1998; ROGGIA; FUENTES, 2016).

O Arduino é uma plataforma *open-source* de prototipagem eletrônica fundamentada em flexibilidade, onde o *hardware* e *software* são fáceis de serem aplicados e adaptados aos diversos cenários e aplicações. É possível que o dispositivo interaja com o ambiente e obtenha controle sobre atuadores no mesmo, por ter, além da unidade central de processamento, periféricos como memórias (tanto de dados quanto de programa), comunicação serial, conversores analógico-digitais, dispositivos PWM (*Pulse Width Modulation*), comparadores, dentre outros (STEVAN JUNIOR; SILVA, 2015).

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

O trabalho tem como objetivo evidenciar o processo de inovação tecnológica da automação nas indústrias frente aos processos de fabricação, por meio de um levantamento bibliográfico.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Apresentar a automação e a linha de produção;
- Descrever sobre as fases da automação;
- Descrever sobre os elementos de automação;
- Analisar as vantagens no processo de automação na linha de produção;
- Compreender o processo do sistema Arduino.

1.2 Delimitação do tema

O trabalho tem como delimitação um levantamento bibliográfico com ênfase na tecnologia da automação frente aos processos produtivos, com base em dados já publicados. Esta delimitação é por conta do trabalho não ser aplicado e sim somente uma revisão de literatura em autores e documentos já publicados, assim como livros e revistas em língua nacional e estrangeira.

Para compor o trabalho foi feita uma abordagem em documentos relacionados ao tema em estudo, buscando evidenciar as mudanças com a tecnologia da automatização em linha de envase na produção.

1.3 Relevância do estudo

O trabalho tem como relevância evidenciar a importância do conhecimento teórico e da prática acerca da tecnologia da automação frente aos processos produtivos, uma tecnologia que vem sendo implementada em várias áreas do setor industrial.

1.4 Organização do trabalho

O presente trabalho foi estruturado em capítulos e subcapítulos. O primeiro é o capítulo de introdução, que apresenta o que será tratado.

O segundo capítulo é a base da revisão de literatura, cujos subcapítulos são cinco.

No primeiro subcapítulo foi desenvolvido uma pesquisa sobre a automação, um breve histórico desde a sua invenção, até sua aplicação.

Para o segundo subcapítulo foi desenvolvido um estudo sobre a automação na linha de produção. O mesmo foi dividido em tópicos referentes ao processo de automação, que foi dividido em automação fixa, automação programável, controladores lógicos programáveis, automação flexível e automação das funções de suporte.

No terceiro subcapítulo foi feita uma abordagem sobre os elementos de automação, como sensores, atuadores e controladores. Já o quarto subcapítulo tem relação com as vantagens no processo de automatização.

Por fim, o quinto e último subcapítulo foi desenvolvido um levantamento sobre o sistema Arduino.

O terceiro capítulo foi uma abordagem sobre a metodologia utilizada para compor o trabalho, descrevendo o processo de pesquisa.

Já no quarto capítulo foram desenvolvidos os resultados e discussões acerca da pesquisa do trabalho, baseando-se nos autores utilizados.

Por fim, seguem a conclusão do trabalho e as referências, com os autores, devidamente citadas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Automação

O termo automação foi elaborado na década de 1940 por um engenheiro da *Ford Motor Company*, com o qual delimitou diversos sistemas onde ações e controles automáticos substituem o esforço e inteligência dos humanos. Nessa fase, os dispositivos de controle eram eletromecânicos por natureza. A parte lógica era feita através de relés e temporizadores intertravados, e a intervenção humana ocorria em alguns pontos decisivos. Através destes equipamentos, podiam ser feitas sequências simples de movimento lógico ao ligar e desligar motores e atuadores (LAMB, 2015).

Segundo Moraes, Castrucci (2010) e Servelin *et al.* (2018), a palavra “*automation*” foi desenvolvida pelo marketing industrial de equipamentos em 1960. O neologismo, visa ressaltar a colaboração do computador dentro do controle automático industrial. O uso de softwares, técnicas e/ou equipamentos específico em um determinado processo ou máquina, visando ampliar sua eficiência, aumentar a produção com menor consumo energético e/ou matérias primas, menor emissão de resíduos, melhores condições de segurança, ou reduzir o esforço ou interferência humana.

Desde os primórdios da humanidade, o ser humano possui uma vontade inata de se aprimorar, gerando uma procura infinita por facilidades que ajudam a vida, tornando-a mais segura. Mediante essa necessidade, é possível avaliar que a Revolução Industrial foi um fator natural de desenvolvimento humano. Tal período é configurado pela transição para novos procedimentos manufatureiros; está transformação aborda a transição de processos de produção artesanais para a produção por máquinas, gerados pela expansão dos mercados. As fábricas eram em grande parte ambientes insalubres e era comum a ocorrência de acidentes muitas vezes fatais, pois não dispunha de equipamentos automatizados que manipulassem os produtos (PEREIRA, 2015; GALVÃO; MONTEIRO, 2014).

Até o começo da Revolução Industrial no século XVIII, os processos produtivos eram artesanais. O artesão tinha ferramentas desenvolvidas por ele e habilidades para realizar processos de transformação. A Revolução Industrial trouxe máquinas a vapor que substituíram demasiadamente a energia humana e animal.

Alguns processos começaram a se mecanizar, especialmente nas tecelagens e nos moinhos de grãos (FILIPPO FILHO, 2014; SILVEIRA; SANTOS, 1998).

Nos anos de 70 e 80, a teoria de controle se desenvolveu para o aperfeiçoamento e refinamento do controle. Com a evolução na capacidade de processamento dos computadores digitais, foram elaborados algoritmos que consegue realizar o controle de forma digital (DDC- Controle Digital Direto) e metodologias para identificar, otimizar, controlar de forma avançada e estática dos processos. Um novo incremento na capacidade de processamento dos computadores da década de 90, fez com que as técnicas de controle se voltassem para o uso da inteligência artificial no controle dos processos industriais (ALVES, 2017; LAMB, 2015).

De acordo com Filippo Filho (2014) e Fialho (2011) ao longo da primeira metade do século XX havia a “automatização”, que realizava atividades autônomas simples, do tipo, desliga e sinaliza, sem a intervenção humana. Os automatismos tinham como objetivo aumentar a produtividade, a qualidade dos produtos e, em especial, a segurança dos trabalhadores.

A evolução da tecnologia impulsionou a indústria em todos os aspectos. A minimização de aproveitamento de tempo e produção são metas procuradas pela indústria que visa se manter competitiva. A empresa que consegue ganhos, apesar de mínimos, em qualquer área, já detém de vantagens. Portanto, a automação está surgindo com estas tecnologias, empresas dos vários segmentos do mercado estão empregando esta mentalidade visando enxugar os processos (SILVEIRA; SANTOS, 1998).

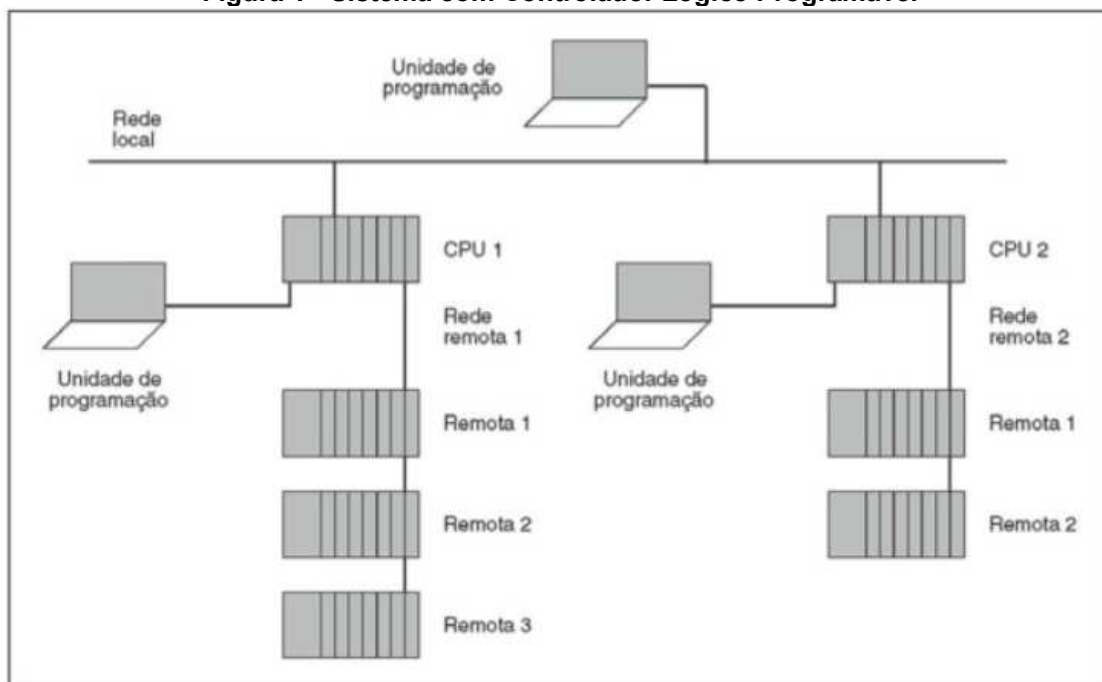
Conforme Alves (2017), vários avanços tecnológicos aconteceram nos últimos anos, especialmente a partir da década de 1980, com o aparecimento do PC (Computador Pessoal), interferindo de forma significativa na forma de se produzir bens e serviços mundiais. Aconteceu uma verdadeira revolução tecnológica fundamentada na introdução em larga escala dos microcomputadores nos vários processos de produção. Os processos industriais, que eram acompanhados pelos operados em grandes painéis que possuíam gráficos, instrumentos, lâmpadas e botões acionadores, passaram a ser monitorados por telas de microcomputadores. Além disso, os operadores passaram a operar as plantas através do teclado dos microcomputadores.

2.1.1 Tipos de sistemas de automação de processos industriais

Segundo Alves (2017), os primeiros sistemas para controle de processos foram fundamentados em microprocessadores de 8 bits, com redes de comunicações e estações de operação com arquitetura proprietária. Em relação aos Controladores Lógicos Programáveis (CLP), direcionados inicialmente a realização de lógica, os primeiros modelos foram desenvolvidos em 1968, ainda usando circuitos discretos. Conforme o tipo do processo, haverá um sistema mais correto ao seu controle e supervisão.

O CLP (Controlador Lógico Programável / *Programmable Logic Controller-PLC*), é originalmente destinado para controlar os processos, onde as variáveis discretas concentradas geograficamente predominavam. A Figura 1, apresenta um sistema comum de CPL e seus componentes principais (módulos processadores ou CPU (*Central Processing Unit*), unidades remotas de E/S (entradas e saídas) e as unidades de programação e operação (ALVES, 2017).

Figura 1 - Sistema com Controlador Lógico Programável

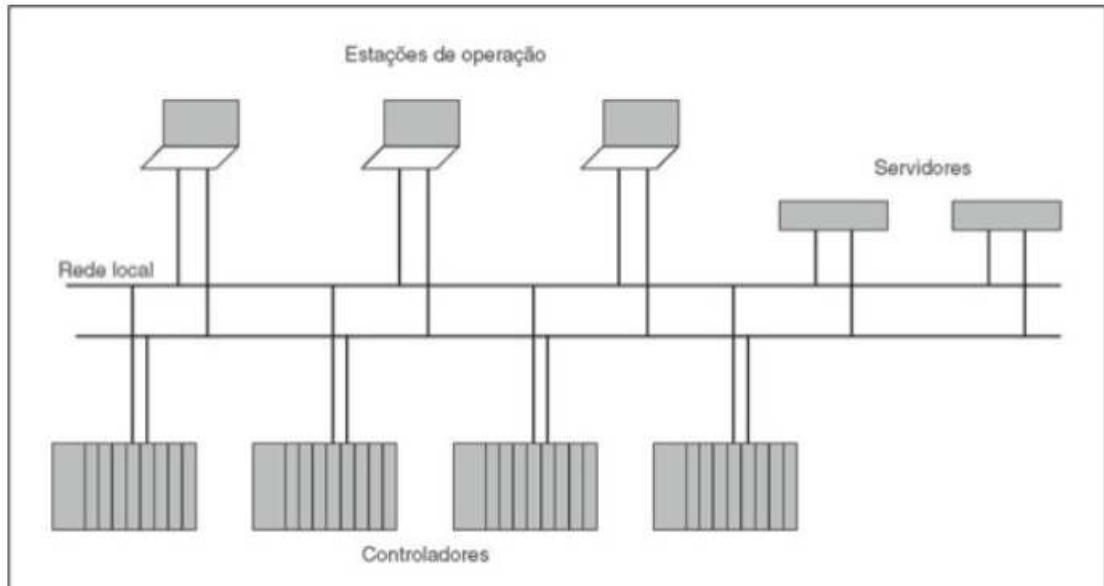


Fonte: Alves (2017)

Conforme Alves (2017), o SCD (Sistema de Controle Distribuído / *Distributed Control System-DCS*) é destinado ao controle e supervisão de processos, onde há o predomínio de um grande número de variáveis recorrentes com necessidade de controle de malha fechada, concentradas geograficamente. A Figura 2, mostra a

arquitetura de um SCD, com tecnologia digital, onde os componentes básicos são: os controladores, a rede local de comunicação (*Local Area Network- LAN*) e as estações de operação, abrangendo as estações usadas como servidores (*Workstations- WS*).

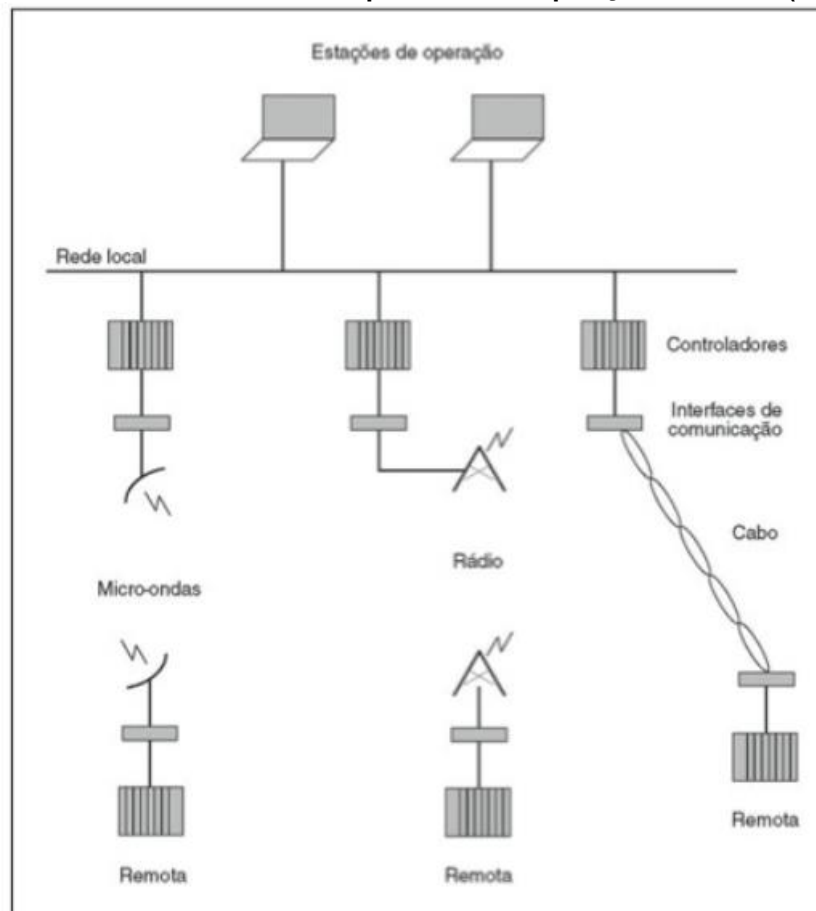
Figura 2 - Sistema de Controle Distribuído- SCD



Fonte: Alves (2017)

O SCADA (Sistema de Controle Supervisório e Aquisição de Dados / *Supervisory Control and Data Aquisition*), é direcionado a supervisão e controle dos processos através de softwares, onde existe predomínio de grupos de poucas variáveis discretas e contínuas, dispersos em uma vasta área geográfica. Na prática, é base para acompanhar e intervir nos processos que vão desde o desenvolvimento de bens de consumo, até a prestação de serviços. A comunicação entre uma unidade remota e de controle ligada a estação de supervisão poderá empregar inúmeros meios, como rádio, micro-ondas ou fibras ópticas. A Figura 3, apresenta a configuração de um sistema SCADA típico (ALVES, 2017; GONÇALVES *et al.*, 2019).

Figura 3 - Sistema de Controle Supervisório e Aquisição de Dados (SCADA)



Fonte: Alves (2017)

De acordo com Roggia e Fuentes (2016), além disso, coleta dados do processo por meio de alguns dispositivos industriais, especialmente CLPs, formata os dados, e os apresenta ao operador em uma multiplicidade de formas. Os dados são capturados tanto em locais próximos, quanto geograficamente distantes.

2.2 Automação na linha de produção

De acordo com Filippo Filho (2014) os AMS (*Automated Manufacturing Systems*-Sistemas Automatizados de Manufatura) operam no nível “chão de fábrica”, onde todas as funções fundamentais de produção virtualmente podem ser automatizadas. As automatizações podem ser resumidas como:

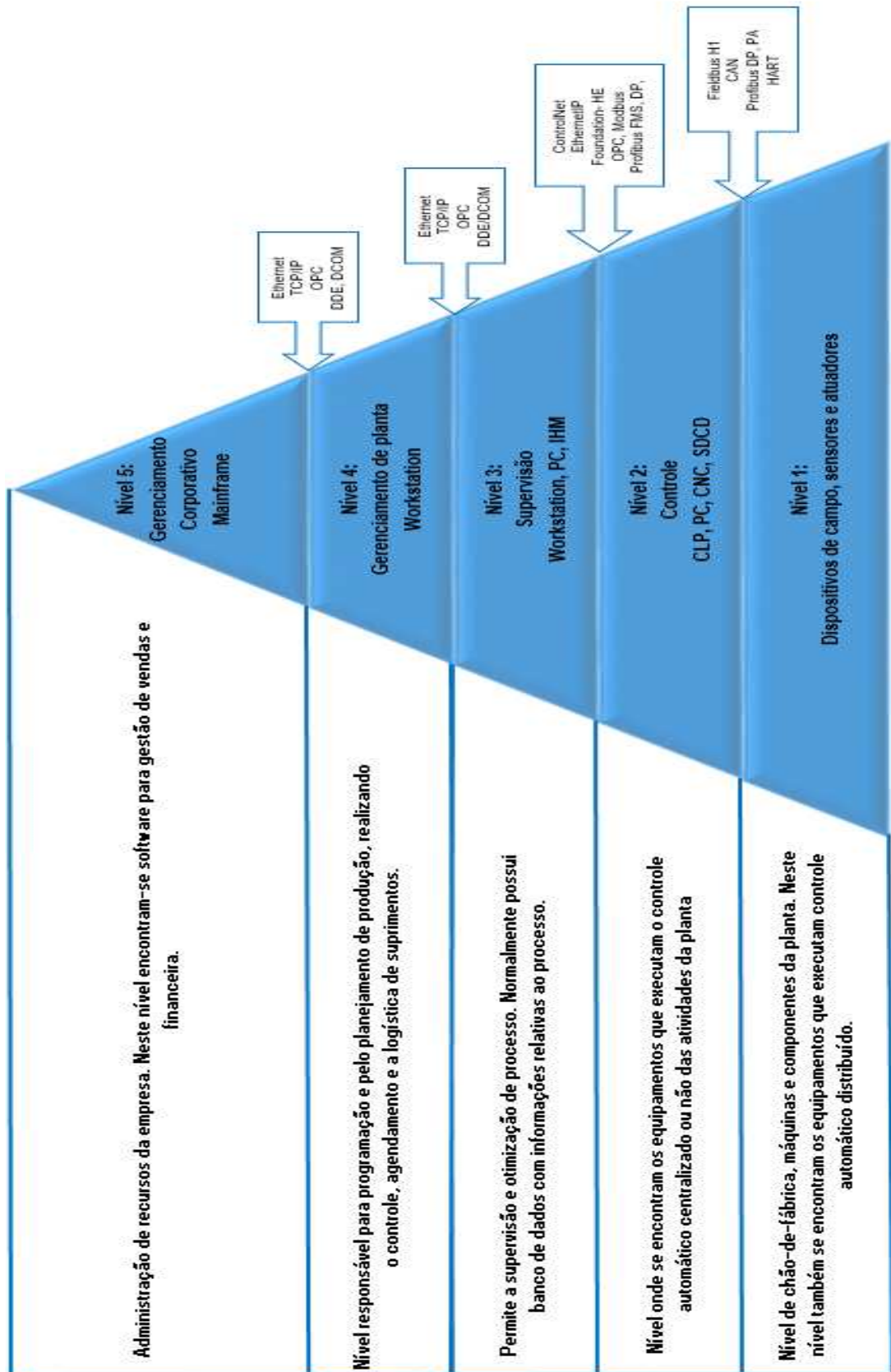
- I. Máquina de processamento supervisionada somente por um operador;
- II. Anexo de máquinas (*cluster*) de processamento supervisionadas por um único trabalhador;

- III. Linhas de transferência (*transfer lines*): cadeia de máquinas em linha que executam processos distintos, com transferência automática entre elas;
- IV. Células: conjunto de máquinas que realizam uma série de operações sobre uma família de peças ou produtos similares, para processos de usinagem;
- V. Sistemas de montagem automatizados;
- VI. Robôs industriais para processamento, montagem e manuseio;
- VII. Sistemas automatizados de manuseio e armazenamento de materiais em processamento e montagem;
- VIII. Sistemas automáticos de inspeção;
- IX. Sistemas automáticos de embalagem;
- X. Controle automático de variáveis na indústria de processos (temperatura, pressão, nível, vazão, peso).

Os AMS guardam o vínculo com a pluralidade de produtos e volume de produção e, como consequência o arranjo físico da instalação. Portanto, o AMS é tipificado entre fixos, programáveis e flexíveis (FILIPPO FILHO, 2014).

Conforme Nunes (2018), bem como o crescimento e desenvolvimento de novas tecnologias, estas formas de atuação foram sendo desmembradas em vários níveis atuadores, onde cada nível se responsabiliza por uma função num sistema complexo de automação. Desenvolveu-se desta forma a pirâmide hierárquica a automação, Figura 4. Esta pirâmide possui quatro níveis, que configuram desde os equipamentos e dispositivos de campo até a gestão corporativa da empresa.

Figura 4 - Pirâmide hierárquica de Automação



Fonte: Pereira (2015)

A pirâmide delimita os níveis do processo produtivo, desde sua base até o topo. No nível 1, possui os equipamentos de processo. Os CLPs são exemplos recorrentes desse nível e atuam diretamente na fabricação. Na base, estão os equipamentos de aquisição de dados, de controle e de atuação. Os equipamentos de aquisição de dados são os sensores usados para medir as variáveis do processo. E os de atuação tratam de equipamentos que, ao receberem um comando, atuam no processo variando o fluxo da malha de controle (CAPELLI, 2013; NUNES, 2018).

Segundo Capelli (2013) e Nunes (2018), no nível 2 existe uma célula integrada da manufatura. Os CLPs, Controladores Numéricos Computadorizados (CNCs) e outros controladores compõem uma micro cadeia de produção. Ao invés de um controle processual, tem um operacional. Esses equipamentos e *softwares* são direcionados a supervisão dos processos realizados na planta, ou seja, o SCADA. O objetivo é possibilitar que o usuário consiga monitorar e atuar sobre a malha de controle sem a demanda de atuar em campo.

No nível 3 começa a supervisão e o controle dos recursos e o aperfeiçoamento do processo. Existe grande interatividade com o operador através da interface gráfica (IHM- Interface Homem / Máquina). No lugar de apenas uma célula, existe uma área, correspondente a um sistema empregado para gerenciar as atividades de produção (CAPELLI, 2013; NUNES, 2018).

Capelli (2013) e Nunes (2018), afirmam que o controle total do processo produtivo acontece no nível 4. O *hardware* lida com alto nível de informação e, normalmente, é composto por rede de computadores, que controla toda a planta. Finalizando com o nível 5, o gerenciamento estratégico da empresa. Dentro de um processo automatizado, esse nível corresponde por integrar os dados produtivos, como: contabilidade, recursos humanos e manutenção.

2.2.1 Automação Fixa

Conforme Filippo Filho (2014), Raggia e Fuentes (2016), a automação fixa é usada em funções de montagem e processuais. Os equipamentos tornam-se fixos em uma posição, sendo quase impossível movimentá-los, além disso são customizados. A sequência de operações é praticamente inflexível, em geral as operações feitas nas funções de processamento e montagem. Exemplos de

aplicações são: linhas de transferência e linhas de montagem de automóveis e eletrodomésticos.

Essa automação é adequada para se fabricar continuamente uma grande quantidade de um único tipo de produto. Por produzir um produto específico, há a desvantagem de poder tornar-se antigo, caso o ciclo de vida do produto encerre, o que necessita de mudanças no projeto ou modelo. O benefício é de que o investimento nessa automação é menor que nos demais, por ser mais simples (CAMARGO, 2014).

2.2.2 Automação Programável

É empregada para elaborar produtos personalizados. O equipamento de produção é desenvolvido com a capacidade de transformar a sequência operacional para acomodar várias configurações de produtos, sendo controlado por um programa interpretado pelo sistema. Uma montadora automobilística, por exemplo, pode utilizar essa vertente da automação para produzir um mesmo carro, em diversas cores, tipos de revestimento de bancos, entre outros (CAMARGO, 2014; RAGGIA; FUENTES, 2016).

Segundo Filippo Filho (2014), a automação programável se aplica a todas as funções fundamentais de produção. Geralmente, os equipamentos são fixados em uma posição, entretanto a sequência de operações é programável, portanto, há um grau de flexibilidade para adaptação a eventuais mudanças das operações. Em cada alteração é necessário fazer ajustes e reprogramação do equipamento (*setup*). Essa automação se utiliza para regime de operação por lotes e *job shop*, com *layout* por processo e celular. Exemplos de aplicações são máquinas de CNC, robôs industriais e CLPs.

2.2.2.1 Controladores Lógicos Programáveis

Conforme Prudente (2015), Roggia e Fuentes (2016), os CLPs, foram desenvolvidos para eliminar os inconvenientes característicos da lógica cabeado a relé. Aproveitando da potencialidade proporcionada pela tecnologia eletrônica, e especialmente do uso dos microprocessadores, conseguem garantir a tarefa impensável para qualquer equipamento eletromecânico. Ele pode ser programado

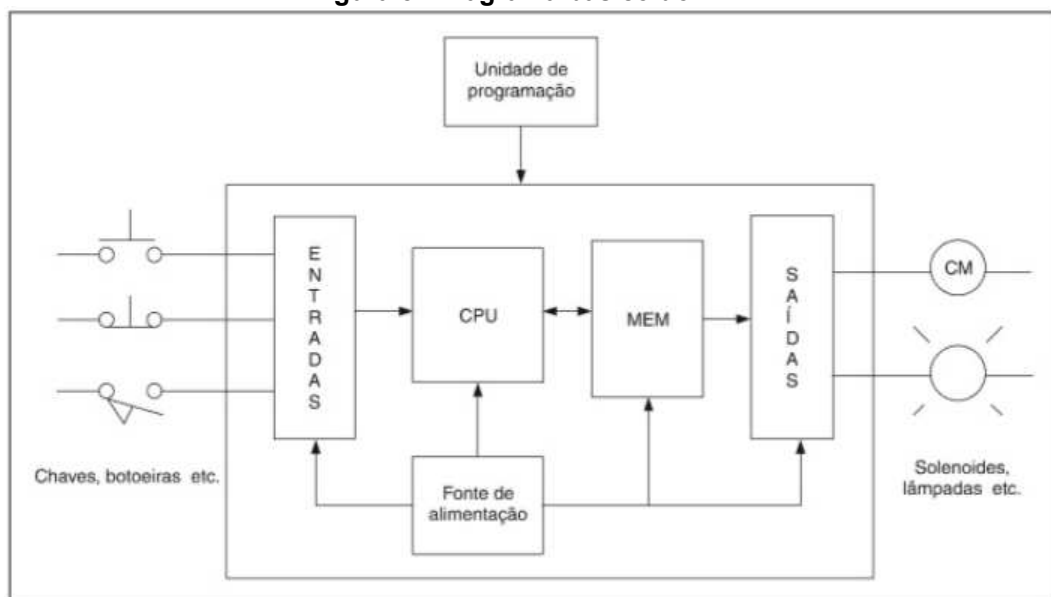
por meio de uma linguagem de programação de forma a realizar lógicas, funções aritméticas, dentre outras.

Os CLPs são muito usados para controlar os sistemas de automação de chão de fábrica. Estes são, essencialmente, computadores digitais que servem para controlar processos eletromecânicos; utilizados também em diversas indústrias e máquinas para semicondutores e embalagens. Portanto, é um tipo de computador industrial que pode ser programado para realizar funções de controle (LAMB, 2015; PETRUZELLA, 2014).

Segundo Alves (2017) e Lamb (2015), foi desenvolvido baseado nas particularidades da indústria automobilística, que a partir de 1968 precisou reduzir custos com instalação e manutenção de suas plantas industriais com painéis de controle a relés. Os CLPs foram elaborados com inúmeras entradas e saídas, faixas estendidas de temperatura, imunidade para ruídos elétricos e resistência a vibrações e impactos. Os programas usados para controlar as operações da máquina costumam ser armazenados em memórias que alimentadas por baterias ou não voláteis.

No princípio, o CLP substitua relés, recebendo sinais de dispositivos de entrada como teclas, chaves-limite ou digitais (*thumb-wheel*), acionando as saídas conforme o programa do usuário, que estava armazenado, iniciando os motores sequencialmente. A Figura 5 apresenta o diagrama com blocos básicos do CLP (ALVES, 2017).

Figura 5 - Diagrama básico do CLP



Fonte: Alves (2017)

O desenvolvimento tecnológico introduziu funções aritméticas, subsistemas remotos de E/S e terminais de programação. A capacidade aritmética possibilitou a interface com instrumentos, os terminais de programação facilitaram a introdução de programas e a capacidade de monitorar em tempo real. Os subsistemas remotos minimizaram os custos da fiação, pois as entradas podem estar a centenas de metros de distância da CPU (ALVES, 2017).

2.2.3 Automação Flexível

A automação flexível pode ser caracterizada como uma melhoria automotiva programada. Portanto, é aplicável para regimes de operação por lotes e *job shop*, com *layout* por processo e celular. O benefício reside no menor tempo de setup do equipamento na mudança da sequência operacional para produtos similares (FILIPPO FILHO, 2014).

O estudo de Camargo (2014) determina que a automação flexível é usada em sistemas de manufatura, nos quais são sempre controlados por um sistema computadorizado. Cada máquina produtiva recebe configurações e instruções do computador, que carrega ou descarrega as ferramentas importantes e realiza as instruções de processamento. Após o processamento, os produtos são transferidos para a próxima máquina.

2.2.4 Automação das funções de suporte

Há diversos *softwares* para automações das funções de suporte. Essas ferramentas visam minimizar a intervenção humana nas atividades e, com isso, elevar a produção, qualidade, eficiência e redução dos custos. Além disso, tem como objetivo a automação da cadeia de informações dos sistemas produtivos (coleta, transmissão, análise, armazenamento e distribuição) (FILIPPO FILHO, 2014).

Segundo Camargo (2014), pode incluir tecnologias, como *Computer Aided Design* (CAD, Projeto Auxiliado por Computador), Planejamento e Controle da Produção (PCP), Manufatura Integrada por Computador (CIM, *Computer Aided Manufacturing*), máquinas de controle numérico e sistemas de movimentação de materiais automatizados, como robôs e guindastes transportadores.

Segundo dados de Filippo Filho (2014) os principais softwares para o CMS (*Computerized Manufacturing Support Systems/ Sistemas Computadorizados de Suporte à Manufatura*) são:

CAD: *software* que auxilia no projeto de produtos pelo computador, é responsável por desenvolver, transformar e documentar projetos de engenharia, assim como alguns tipos de simulações de montagens.

CAE (*Computer Aided Engineering*): *software* a cálculos da engenharia, utilizado normalmente após o CAD, tem a vantagem de promover cálculos avançados praticamente em todas as áreas da engenharia.

CAM (*Computer Aided Manufacturing*): o modelo desenvolvido pelo CAD e verificado pelo CAE é a entrada para o CAM, fundamenta-se no planejamento, programação e controle da produção. Dentro do planejamento são determinadas as sequências operacionais, de fluxo de materiais, alocação de máquinas e mão de obra, tempos de produção, gerenciamento de montagens, transferências e manuseios.

CAPP (*Computer Aided Process Planning*): *software* com a finalidade de planejar e desenvolver o processo. Em geral, é usado em grandes corporações, para verificar a viabilidade de atendimento de pedidos por conta dos recursos disponíveis.

Conforme Filippo Filho (2014) as tecnologias de automação industrial precisam de sensores, atuadores, manipuladores e sistemas de controle.

2.3 Elementos de automação

2.3.1 Sensores

Os sensores são componentes que enviam ao controlador informações em torno do sistema. Basicamente indicam os valores das grandezas físicas do processo, como pressão, temperatura, nível, velocidade dos motores e estados de chaves e botoeiras, utilizados para enviar comandos de liga/desliga. Um sensor nem sempre tem os aspectos elétricos precisos para ser empregado dentro de um sistema de controle. Desta forma, é possível definir que eles compõem o sistema que está sendo controlado e tem a responsabilidade de enviar um sinal necessário

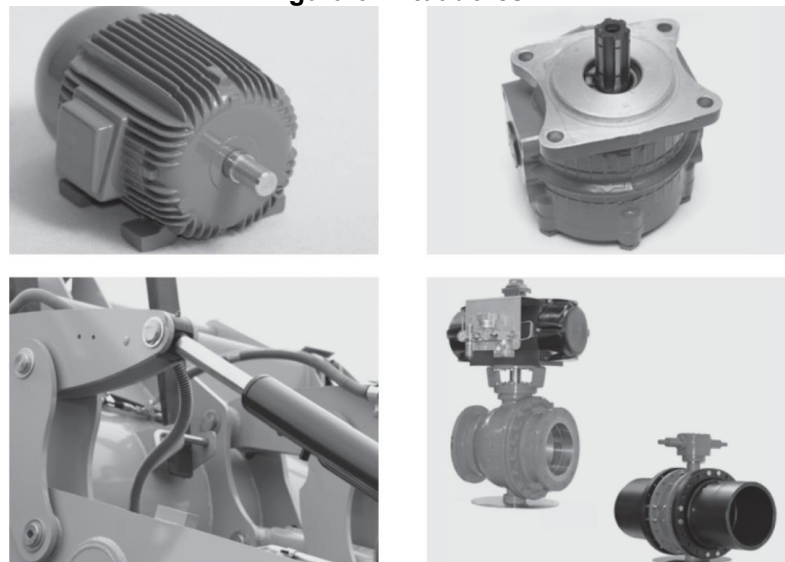
para tomada de escolhas do controlador (CAMARGO, 2014; THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2011; ROGGIA; FUENTES, 2016).

Segundo Moraes e Castrucci (2010), existem sensores onde a amplitude do sinal elétrico de saída reproduz a amplitude do sinal de entrada; conhecidos como sensores de medição ou transdutores, significativos no campo do controle dinâmico dos processos. O objetivo da automação é comandar eventos, por exemplo, a chegada de um objeto a uma posição, um nível de um líquido a um valor e outros.

2.3.2 Atuadores

Os atuadores são dispositivos acionados para realizarem uma determinada força de deslocamento ou outra ação física, delimitada pelo sistema controlador através de uma ação de controle. Podem ser hidráulicos, magnéticos, elétricos, pneumáticos ou de acionamento misto, de acordo com a Figura 6. São componentes que atuam sobre o processo, ou seja, que tem a função de transferir alguma forma energética (BEZERRA; FREITAS, 2019; CAMARGO, 2014; MORAES; CASTRUCCI, 2010).

Figura 6 - Atuadores



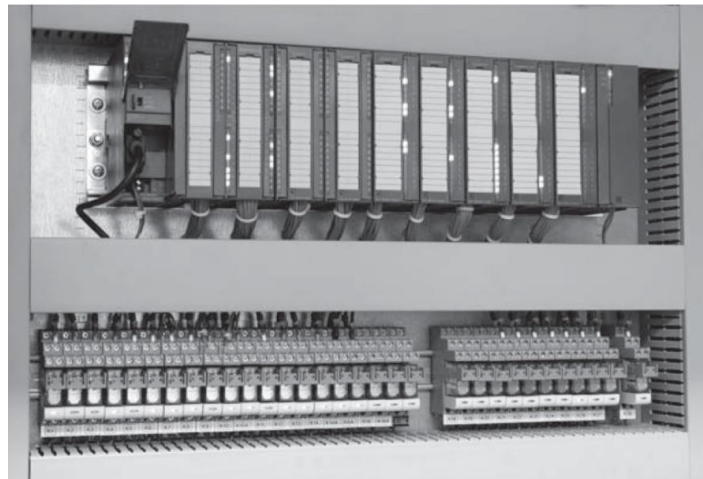
Fonte: Camargo (2014)

2.3.3 Controladores

O controlador tem como função tomar as ações relevantes, visando manter o sistema em funcionamento adequado. A decisão de quando acionar algum atuador é

fundamentada na informação recebida dos sensores, no estado do processo e em suas regras específicas. Pode ser implementada em várias formas, de acordo com o controlador usado, além disso, pode ser descrita, através de instruções do programa inserido em sua memória, se estiver aplicando controladores eletrônicos, como ilustrado na Figura 7 (CAMARGO, 2014).

Figura 7 - Exemplo de controlador lógico programável (CLP)



Fonte: Camargo (2014)

2.4 Vantagens e benefícios da automação no processo produtivo industrial

Segundo Prudente (2015) um sistema pode ser caracterizado como automatizado quando consegue cumprir uma ou mais tarefas por meio de decisões que são tomadas por conta de sinais de diversas naturezas que provêm do mesmo sistema a ser controlado.

No cenário atua de constante concorrência econômica, as empresas enfrentam fortes dificuldades para permanecerem ativas no mercado. Diante de tantos desafios procurar utilizar a automação em seus processos produtivos, especialmente pela sua comprovada colaboração para reduzir as despesas de produção, eficiência e respostas ágeis às solicitações do mercado. A economia globalizada traz diferentes produtos, provenientes mais variados locais do mundo, portanto, o consumidor está mais exigente em relação a qualidade e agilidade do processo. A infraestrutura de um programa automatizado deve ser vinculada com a utilização e implementação de sensores e sistemas de controle, no quadro da empresa (SERVELIN *et al.*, 2018; SOLOMAN, 2012).

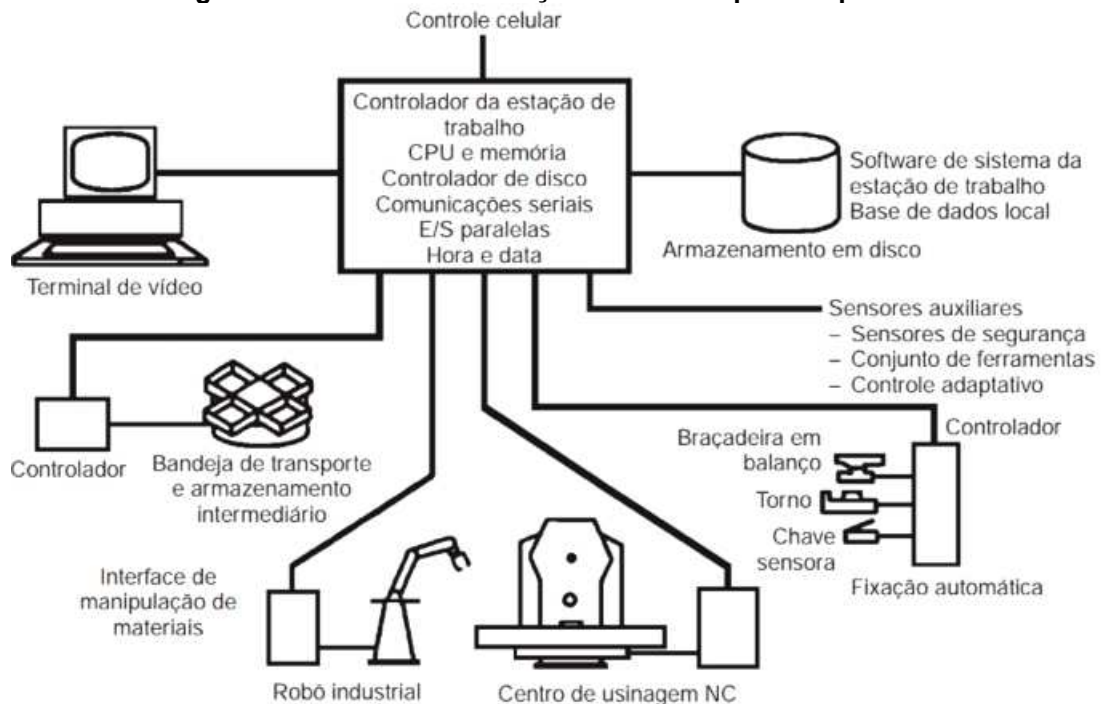
A automação conforme Camargo (2014), Servelin *et al.* (2018), tem como vantagens substituir o trabalhador humano em tarefas tediosas; evitar os riscos à

saúde ou vida; manipular cargas muito pesadas; realizar tarefas com muita velocidade e o desenvolvimento econômico por meio de uma produção e eficiência maior. A automação é resultado de várias demandas da indústria, como maior nível de qualidade dos produtos, maior flexibilidade de modelos para o mercado, menores custos e perdas de materiais e de energia.

A automação industrial integra três áreas: eletrônica, onde há uma plataforma eletrônica com o uso de *hardware*, a mecânica na forma de dispositivos mecânicos (atuadores), e a informática, onde são feitas as programações operacionais, a gestão e comunicação envolvida (*softwares*). Estas áreas conseguem realizar a integração entre o homem e a máquina (OLIVEIRA, 2017; SILVA, 2018).

A automação industrial diferencia-se da automação em contexto geral, pois ela demanda de algumas técnicas e estratégias baseadas na escolha entre várias tecnologias dispostas no mercado, para escolher uma que supra o processo de produção em questão e que garanta o crescimento da eficiência da produção e que melhor se adeque ao processo. Idealmente, um sistema fabril deve ser controlado por computadores e deve comunicar-se com sistemas controladores e de manipulações de materiais nos níveis superiores hierárquicos, como na Figura 8 (SERRANO; BELUSSO; PAULO, 2018; SERVELIN *et al.*, 2018; SOLOMAN, 2012).

Figura 8 - Sistema de fabricação controlado por computador



Fonte: Soloman (2012)

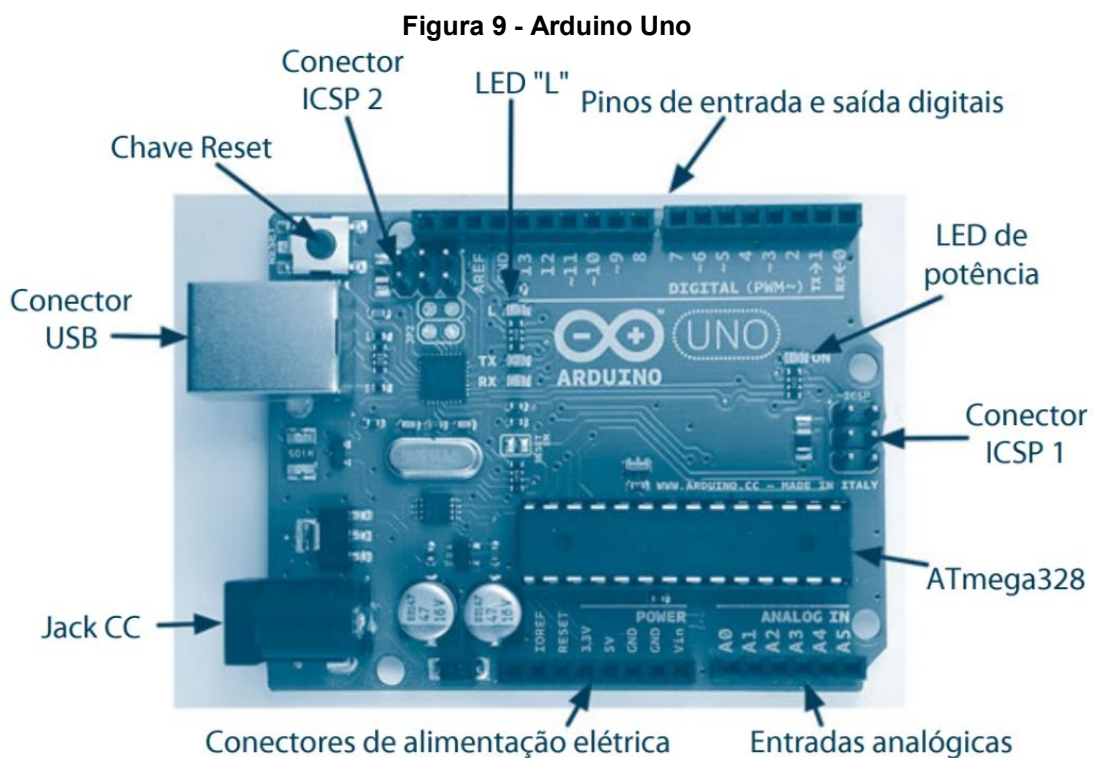
De acordo com Silva *et al.* (2018), Serrano, Belusso e Paulo (2018), a automação então a ser visualizada como uma opção para as empresas competirem em seus segmentos, fortalecendo sua infraestrutura, investindo na qualificação e aperfeiçoamento de suas instalações, potencializando ganhos em eficiência e produtividade que podem ser passados pelos clientes. A finalidade principal da automação industrial é desenvolver meios que consigam produzir o melhor produto com o menor custo, alguns objetivos são: melhorar a produtividade, as condições de trabalho das pessoas, a disponibilidade de produtos e simplificar a operação e manutenção.

2.5 Sistema Arduino

O Arduino é uma plataforma *open-source*, ou *software* livre. O *software* livre é desmembrado com seu código-fonte, sendo liberado sob termos que garantem aos usuários a liberdade de estudar, adequar/transformar o *software*. Ademais, é um microcontrolador, para processar E/S entre os dispositivos e os componentes externos conectados a este. É fundamentada em micro controladores, unidades de processamentos com diversos periféricos internos ao mesmo circuito integrado, que ajudam na interação do dispositivo com o ambiente e ter controle acerca de atuadores no mesmo. São ideais, portanto, para a elaboração de vários projetos e permitem uma redução no custo destes, por ter diversos periféricos externos (STEVAN JUNIOR; SILVA, 2015; MORAES *et al.*, 2017; VIEIRA; MENDOÇA, 2015).

Conforme Silveira, Gonçalves (2016) e Silva (2017), há vários modelos de placas Arduino, que variam de tamanho e quantidade de portas dispostas para ligar as *Shields* (pré-montadas) ou dispositivos. Sua finalidade é desenvolver ferramentas acessáveis, de baixo custo, flexíveis e fáceis de utilizar, direcionados para fins domésticos, comerciais ou móveis. Com a popularidade dessa plataforma, vários fabricantes têm criados placas auxiliares, com o objetivo de facilitar o melhor aproveitamento da plataforma. Tanto na comunicação e transferência de dados, implantando suporte a transmissão/recepção de dados via *Ethernet*, *Wi-Fi*, *Bluetooth*, comunicação com dispositivos processuais ou armazenamento de dados por *SD-Card*.

O Arduino é composto de E/S, analógicas e digitais, das quais tem o papel de captar e enviar informação. Em contrapartida aos que muitos pensam, o Arduino em si, é apenas um micro controlador (um *chip*), que vários compostos eletrônicos lógicos que asseguram sua funcionalidade. O Arduino, consegue captar um sinal analógico e transformá-lo em um sinal digital e vice-versa. Um sinal digital tem o funcionamento conforme os princípios *booleanos*, ou seja, possuem dois estados, o verdadeiro ou o falso. O Arduino pode ser energizado por meio do conector USB localizado à direita, em cima, ou do soquete (*jack*) que fica abaixo, conforme Figura 9 (MONK, 2014; FREITAS; JUNIOR, 2018).



Fonte: Monk (2014)

Um Arduino é diferente de um computador convencional, pois, além de possuir pouca memória, não contém um sistema operacional e, nem interfaces para teclado, mouse ou monitor. A sua finalidade é controlar, através de interfaces com sensores e atuadores. Foi uma grande evolução para o eletrônico, possibilitando o desenvolvimento de novos produtos rapidamente e de forma simples (MONK, 2015; HONÓRIO, 2018).

3 METODOLOGIA

O presente trabalho de pesquisa foi embasado em uma revisão sistemática de literatura, com a utilização das bases de dados eletrônicas *Scientific Electronic Library Online (SciELO)*, Capes Periódicos.

As pesquisas foram baseadas em artigos científicos, trabalhos, teses, dissertações, revistas nacionais e livros pertinentes ao tema entre o período de 2009 a 2019, por meio dos descritores: indústria, automação, tecnologia, automatização, Arduino. A coleta gerou um total de 31 documentos em língua nacional e estrangeira.

Foi realizada uma pesquisa exploratória, a qual, segundo Miguel (2012) consiste em proporcionar mais familiaridade do problema com vista em torná-lo explícito ou construir hipóteses.

Relacionado ao material de apoio, foi realizada uma revisão de literatura que foi elaborada a partir de material já publicado, constituído principalmente de: livros, revistas, publicações em periódicos e artigos científicos, jornais, boletins, monografias, dissertações, teses, internet, segundo Miguel (2012), com o objetivo de colocar o pesquisador em contato direto com todo material já escrito sobre o assunto da pesquisa. Em relação aos dados coletados na internet, deve-se atentar à confiabilidade e fidelidade das fontes consultadas eletronicamente. Na pesquisa bibliográfica, é importante que o pesquisador verifique a veracidade dos dados obtidos, observando as possíveis incoerências ou contradições que as obras possam apresentar.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A competitividade permanece acirrada entre as empresas. Para tanto, é preciso focar na linha de produção, buscando encontrar os potenciais de desperdícios. O controle e a instrumentação de processos compõem áreas tecnológicas relevantes para a indústria. O crescente desenvolvimento e otimização de ferramentas para este campo possibilitaram o avanço industrial em vários aspectos: redução de custos, qualidade de produtos, flexibilidade de processos, potencialização da automação, dentre inúmeros outros (CRUZ; SOUZA, 2015; TOSTES, 2015).

Segundo Roggia, Fuentes (2016), Serrano, Belusso e Paulo (2018), a automação industrial é um dos campos que mais desenvolveu nas últimas décadas e continua se desenvolvendo em alta escala. Novas tecnologias surgem todos os anos, ao mesmo passo que outras são aperfeiçoadas, aumentando a gama de possibilidades de implementação de recursos na automação de processos. Algumas razões que justificam a automação da produção e da manufatura são: aumento da produtividade, redução dos custos do trabalho, minimização dos efeitos da falta de mão de obra qualificada, redução ou eliminação das atividades manuais rotineiras, aumento da segurança do trabalhador, dentre outros.

A automação industrial baseia-se na manipulação dos processos industriais através de meios mecânicos e automáticos, substituindo o trabalho humano por equipamentos. Apesar ainda, de estar em etapa de desenvolvimento, o trabalho possui resultados esperados satisfatórios, trazendo ganhos em menor prazo (SERVELIN *et al.*, 2018; TEIXEIRA; VISOTO; PAULISTA, 2016; JUNIOR; JUNIOR; JUNIOR, 2016; CRUZ; SOUZA, 2015).

Conforme Prudente (2015) e Marques *et al.* (2017), a tecnologia que usa o CLP em nível industrial é classificada como informática industrial. Essa tecnologia utiliza instrumentos informáticos normais, porém, o que a distingue da informática clássica é substancialmente que o equipamento é usado para gerenciar processos industriais em situações ambientais difíceis. O CLP e seus periféricos vinculados são desenvolvidos para serem facilmente integráveis em um sistema de controle industrial e em todas suas funções previstas.

De acordo com Pereira (2015), Nedelkoska, Quintini (2018), Silva *et al.* (2015) e Oliveira (2017), ao analisar o conceito de automação é visível seu uso em

qualquer área industrial, já que suas vantagens de aumento produtivo, qualidade do produto final e seus ganhos econômicos são valorizados em qualquer segmento da produção. A automação vem gerando mudanças importantes nos processos de produção e devem suscitar uma série de problemas norteados as relações de emprego. Além disso, confere uma alta gama de vantagens após sua implementação tais como redução de custos, obter fatores competitivos, aumento da confiabilidade do sistema, gerando, portanto, um leque maior de possibilidades para ganho de mercado.

Foi a partir de 1968, com o desenvolvimento do CLP, que a automação revolucionou os controles e comandos industriais e gradativamente a automatização dos processos produtos vêm sendo utilizado nas indústrias. Devido às limitações de memória, os comentários descritivos para as bobinas, contatos e demais instruções não eram armazenados na memória do CLP. Os símbolos eram referência para os dispositivos, porém, em geral, eram referenciados simplesmente por um *bit* ou número inteiro. Nos CLPs modernos, mais etiquetas descritivas (*tags*) podem ser armazenadas e outras metodologias, como texto estruturado e diagramas de funções em séries, são plenamente usáveis (LAMB, 2015; COSTA; ARAÚJO; OLIVEIRA, 2018; SILVA *et al.*, 2018).

Conforme Tostes (2015) e Nunes (2018), a tecnologia Arduino é uma plataforma *open-source* que visa a interação dos “meios digitais” com os meios físicos. Além de ser um *hardware* livre, ele proporciona outros benefícios, como: ótimo custo benefício; plataforma de programação intuitiva e uma placa que possibilita a integração com inúmeros sensores.

A automação possibilita que as máquinas realizem tarefas que eram feitas antes pelos trabalhadores. Por um lado, a automação pode ser uma ameaça ao emprego dos trabalhadores. Entretanto, ela reduz o custo produtivo e libera recursos para atividades mais produtivas. Quando a indústria se torna automatizada, ela emprega o capital como fator de entrada. Desta forma, o compartilhamento de indústrias automatizadas, varia conforme o capital na função de produção agregada (CHU *et al.*, 2019).

Mediante os estudos de Johansen, Rönnbäck, Tynnhamar (2018) e Silva *et al.* (2018), os processos fabris transformam continuamente com resoluções de automação, visando ampliar a eficiência produtiva, a eficácia. Dentre estes processos, o de montagem e gestão da modelagem, podem ser feitos manualmente

ou pelo desenvolvimento de soluções automatizadas para diversas tarefas. A elaboração de soluções automatizadas demanda de um conhecimento em torno do produto e seus requisitos, para ajudar com a solução produtividade. O principal motivador da automação é a procura pela maior flexibilidade e qualidade dos processos, tornando os equipamentos mais eficientes.

Com o desenvolvimento tecnológico, cada vez mais, as máquinas são utilizadas em tarefas em que não há necessidade de talentos típicos dos humanos. Quando uma indústria decide por um processo fabril automatizado, pode ter vários objetivos, como aumentar a eficiência e ampliar o volume produzido com menor consumo energético ou matéria-prima; ter menor emissão de resíduos poluentes no meio ambiente; dispor melhores condições de segurança para o processo ou as pessoas envolvidas; e por fim reduzir a dependência da intervenção humana (CAMARGO, 2014; COSTA; ARAÚJO; OLIVEIRA, 2018; SILVA *et al.*, 2018).

Costa, Araújo e Oliveira (2018), afirmam que, são vários os benefícios da automação do processo produtivo, como: otimização de espaços; redução de perdas, tempo de produção, custos, estoque e ampliação do mix de produtos fabricados, possibilidade de aperfeiçoamento dos produtos em linha.

Considerando que o processo ágil de mudanças impõe as organizações, uma demanda permanente por inovação, parece razoável afirmar que, para acompanhar a evolução tecnológica, as organizações devem renovar-se conforme as mudanças ocorrem em seu ambiente, ou antecipar-se e serem elas próprias os agentes de transformações. Sem progresso tecnológico, as oportunidades de desenvolvimento esgotariam rapidamente. É possível levar em consideração, portanto, que apesar da flexibilidade não ser gerada somente pela informatização da produção, assume um papel significativo no desenvolvimento industrial (ROMEIRO FILHO, 2015).

5 CONCLUSÃO

A automação tem gerado uma sequência de mudanças dentro da dinâmica industrial e nos vínculos de trabalho, os sistemas automatizados dispensam a intervenção do homem, a não ser para gerenciá-los, quando não, minimizam drasticamente a demanda da sua mão-de-obra. É inevitável que as indústrias de vários portes se adaptem aos seus sistemas de produção, ou pelo menos a uma parte deles, a introdução de novas tecnologias, conseqüentemente conseguindo ter volumes de dados onde era imperceptível, proporcionando a tomada de decisão mais rápida e eficaz.

A mudança do processo manual o para um processo automatizado oferece várias vantagens muito relevantes diante de um cenário competitivo e globalizado. Fatores como: o aumento da capacidade produtiva, produtos padronizados, diminuição dos riscos ergonômicos, redução dos custos com mão-de-obra, maior qualidade e a redução dos riscos de contaminações são fatores primordiais para uma empresa se mantenha forte no mercado.

Com o contínuo desenvolvimento tecnológico nos processos industriais, é perceptível que a automação vem se tornando um fator relevante para o investimento. Um sistema automatizado corrobora com várias formas para aumentar a competitividade, entre elas: crescimento da qualidade do produto, a redução de custos de estoque, e menor tempo gasto nos projetos e fabricações de novos produtos.

A automação não está apenas na demanda de aperfeiçoamentos na produção, bem como ao atendimento das demandas maiores do mercado que se fundamenta em padrões de qualidade para obter produto. O estudo dos conceitos de automação industrial se faz relevante nas empresas que se preocupam em aperfeiçoar a sua produtividade.

REFERÊNCIAS

- ALVES, J. L. L. **Instrumentação, controle e automação de processos**. 2.ed., Rio de Janeiro: LTC, 2017.
- BEZERRA, L. T. S.; FREITAS, D. R. R. Automação aplicada no sistema de transmissão mecânica automotiva. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, v. 4 n. 3, 2019.
- CAMARGO, V. L. A. de. **Elementos de automação**. 1. ed., São Paulo: Érica, 2014.
- CAPELLI, A. **Automação industrial: controle do movimento e processos contínuos**. 3. ed. São Paulo: Érica, 2013.
- CHU, A. C. et al. ***Should the government subsidize innovation or automation?*** *Munich Personal RePEc Archive*, MPRA Paper, n.92508, 2019.
- COSTA, B. R. L.; ARAÚJO, R. M.; OLIVEIRA, R. C. Automação do processo de produção de uma cerâmica: estudo de exemplo como fonte produtiva de ideias. **Revista das Faculdades Integradas Vianna Júnior**, Juiz de Fora, v. 9, n. 2, 2018.
- CRUZ, M. G. da; SOUZA, M. R. de. **Automação para linha de produção de envase de líquidos por controlador lógico programável**. Centro Paula Souza, CPS, Garça, 2015.
- FILIPPO FILHO, G. **Automação de processos e de sistemas**. 1. ed., São Paulo: Érica, 2014.
- FIALHO, A. B. **Automação Pneumática: projetos, dimensionamento e análise de circuitos**. 7. ed., São Paulo: Érica, 2011.
- FREITAS, L. M.; JUNIOR, I. S. Q. **Prototipagem e construção de um acoplador para óculos com comunicação *bluetooth* para fins de automação industrial e transmissão de dados**. Universidade Federal Rural do Semiárido, 2018.
- GALVÃO, B. da S.; MONTEIRO, S. R. **Fabricação de uma linha de envase automatizada para pequenos e médios produtores**. Faculdade de Tecnologia de Garça, Garça, 2014.
- GONÇALVES, C. G. et al. Indústria 4.0: integração de sistema. **Pesquisa e ação**, v. 5, n. 1, 2019.
- HONÓRIO, I. S. **Desenvolvimento de uma panela para a produção de cerveja**. Universidade Federal de Ouro Preto, 2018.
- JOHANSEN, K.; RÖNNBÄCK, A. Ö.; TYNNHAMMAR, M. ***An Integrated Product Service Engineering Methodology for Small Businesses in the Manufacturing Industry***. *NordDesign*, v.17, Sweden, 2018.

JÚNIOR, J. C. L.; JUNIOR, H. X. da S.; JÚNIOR, A. C. de O. M. **Possibilidade de automação para indústria de sorvete predominantemente manual**. XIV CEEL, Uberlândia, 2016.

LAMB, F. **Automação industrial na prática**. Porto Alegre: AMGH, 2015.

MARAFON, C. et al. **Benefícios do investimento em automação no processo de empacotamento de farinha de trigo**. Anais Engenharia de Produção, UCEFF, v.2, n.1, 2018.

MARQUES, J. L. et al. Proposta de uma bancada de baixo custo para o ensino de automação industrial de acordo com as normas de segurança. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 36, n. 2, 2017.

MIGUEL, P. A. C. [Org.]. **Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. 2. ed., Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.

MONK, S. **30 projetos com Arduino**. 2. ed., Porto Alegre: Bookman, 2014.

_____. **Programação com Arduino II: passos avançados com sketches**. Porto Alegre: Bookman, 2015.

MORAES, C. C. de; CASTRUCCI, P. de L. **Engenharia de automação industrial**. 2.ed., Rio de Janeiro: LTC, 2010.

MORAES, R. de et al. **Protótipo automatizado de máquina de envase de líquidos via Arduino**. 6º Jornada Científica e Tecnologia da FATEC de Botucatu, 2017.

NEDELKOSKA, L.; QUINTINI, G. **Automation, skills use and training**. *Organisation for Economic Co-operation and Development*, OECD, 2018.

NUNES, A. F. **Desenvolvimento de um sistema supervisor de baixo custo para sistemas elétricos**. Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, 2018.

OLIVEIRA, G. M. **Automação industrial e as mudanças organizacionais após implantação em duas organizações cerâmicas do estado de Rondônia**. Fundação Universidade Federal de Rondônia, Cacoal, 2017.

PEREIRA, D. A. R. **Projeto de um sistema de automação industrial para uma indústria de saneantes**. Universidade de Brasília, UnB, Brasília, DF, 2015.

PETRUZELLA, F. D. **Controladores lógicos programáveis**. 4. ed., Porto Alegre: AMGH, 2014.

PRUDENTE, F. **Automação industrial PLC: teoria e aplicações: curso básico**. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

ROGGIA, L.; FUENTES, R. C. **Automação industrial**. Universidade Federal de Santa Maria, 2016.

ROMEIRO FILHO, E. **Sistemas integrados de manufatura**: para gerentes, engenheiros e designers. São Paulo: Atlas, 2015.

SERRANO, S.; BELUSSO, M.; PAULA, R. **Melhoria do processo produtivo por meio de otimização de processo de envase**. Anais UCEFF, v. 2, n. 1, 2018.

SILVA, A. L. E. et al. Proposta de automação industrial em uma empresa fabricante de borrachas escolares. **Revista de Gestão, Inovação e Tecnologias**, Aracaju, v. 8, n. 1, 2018.

SILVA, H. de J. B. da et al. **Instrumentação e controle de processos os impactos da automação industrial sobre o operador da “linha de vidro” de uma indústria de bebidas no Maranhão**. XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Fortaleza, 2015.

SILVA, C. da. **Ambientes inteligentes automatizados: uma junção entre automação e engenharia mecânica**. Anhanguera, Santo André, 2018.

SILVA, M. da. **Embarcados, solução de baixo custo para a automação industrial**. Faculdade Ietec, 2017.

SILVEIRA, S. M. da; GONÇALVES, T. S. S. **Automação residencial utilizando Arduino e SO Android**. Universidade do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

SILVEIRA, P. R. da, SANTOS, W.E. dos. **Automação e Controle Discreto**. 9. ed., São Paulo: Érica, 1998.

SOLOMAN, S. **Sensores e sistemas de controle na indústria**. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

STEVAN JUNIOR, S. L.; SILVA, R. A. **Automação e instrumentação industrial com Arduino: teoria e projetos**. São Paulo: Érica, 2015.

TEIXEIRA, A. F. S.; VISOTO, N. A. R.; PAULISTA, P. H. **Automação Industrial: seus desafios e perspectivas**. VII Congresso de Iniciação Científica da FEPI, 2016.

THOMAZINI, D.; ALBUQUERQUE, P. U. B. de. **Sensores industriais: fundamentos e aplicações**. 8. ed., São Paulo: Érica, 2011.

TOSTES, L. R. de M. **Instrumentação e controle do processo de produção de uma microempresa**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

VIEIRA, S. R.; MENDONÇA, K. R. **Desenvolvimento de sistemas automáticos didáticos microcontrolados**. Relatório Final do PIBIC/PIBITI/CNPq/IFG, 2015.