



**Fundação Municipal de Ensino de Piracicaba
Escola de Engenharia de Piracicaba
Curso de Engenharia Mecânica**



Alcebíades do Nascimento Silva

Automação de Dispositivos de Solda

Piracicaba
2018

Alcebíades do Nascimento Silva

Automação de Dispositivos de Solda

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Escola de Engenharia de
Piracicaba como parte dos requisitos para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Mecânica

Prof. Marcelo Eurípedes da Silva.

Piracicaba
2018

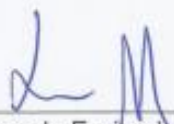
Alcebíades do Nascimento Silva

Automação de Dispositivos de Solda

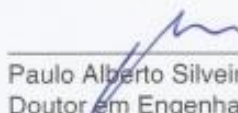
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Engenharia de Piracicaba como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Piracicaba, 01 de dezembro de 2018


Banca Examinadora:



Marcelo Euripedes da Silva – (Orientador)
Mestre em Engenharia Mecânica
Escola de Engenharia de Piracicaba



Paulo Alberto Silveira Wrege – (Membro)
Doutor em Engenharia Mecânica
Instituto Federal de São Paulo



Marcos Roberto Guilhem Bertanha – (Membro)
Mestre em Engenharia de Produção
Colégio Técnico Industrial de Piracicaba

*Dedico essa conquista aos profissionais das
Engenharias. Cada qual contribui com seus feitos
para o benefício da sociedade.*

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos a todos os que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho, em especial:

Aos meus pais, Maria Socorro do Nascimento Silva e Edson José da Silva, os quais desde cedo me mostraram o caminho e me depositaram sua fé e confiança.

A minha esposa Fernanda Cantão Silva, que com muita paciência me ajudou na elaboração desse trabalho.

Aos meus professores, que com muita sabedoria nos repassaram seus conhecimentos,

Ao meu orientador Prof. Marcelo Eurípedes da Silva, sem o qual este trabalho não existiria.

Aos meus amigos, Eduardo Manjinelli, Milton José Gaiotto, Adilson, Marcos, Jovail e Marcelo, que me aguentam todos os dias.

E por fim, gostaria de agradecer a Deus, que dia a dia me possibilita a saúde, a vida, a perseverança e a fé, sem a vossa vontade nada disso seria possível.

“Sem sonhos, a vida não tem brilho.
Sem metas, os sonhos não tem alicerces.
Sem prioridades,
os sonhos não se tornam reais.
Sonhe.
Trace metas.
Estabeleça prioridades
e corra riscos para executar seus sonhos.
Melhor é errar por tentar
do que errar por omitir.”

Augusto Cury.

RESUMO

O presente trabalho de conclusão de curso apresenta a criação de um dispositivo de solda para a automação do serviço de soldagem a ser realizada por braços robôs. Todo processo de automação de máquinas e equipamentos industriais devem atender as exigências da NR-12, para garantir, além da segurança física do operador e em alguns casos do próprio local de trabalho, muitos outros benefícios, os quais são apresentados no trabalho. O trabalho tem como objetivo principal apresentar a elaboração de um dispositivo de solda para automatizar o processo de soldagem de um cliente da empresa Alphatech Ferramentaria, Projetos e Automação, que é focada em oferecer soluções que geram valor por meio de produtos e serviços, com qualidade e tecnologia, instalada na cidade de Limeira/SP. Tem como objetivos secundários descrever um breve histórico referente à automação industrial e suas contribuições; apresentar a NR-12 de forma reduzida e descrever o processo de soldagem MIG e os cuidados necessários para a segurança de sua execução. O trabalho está dividido em 03 momentos. Primeiramente apresenta a introdução, que traz todo o norteamento a respeito do trabalho. O segundo momento apresenta a revisão bibliográfica referente à automação industrial e seus benefícios, o processo de soldagem e os cuidados necessários para a operação com solda. O terceiro capítulo apresenta o estudo de caso, que é o objetivo principal da elaboração deste trabalho. O presente estudo pretende despertar o interesse por parte daqueles que trabalham com soldagem em tornar seus processos automatizados.

Palavras-chaves: Soldagem. Automação. Norma regulamentadora 12. Segurança.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – CLP — Controle Lógico Programável -----	14
Figura 2 – Solda MIG -----	21
Figura 3 – Robô de solda a laser -----	24
Figura 4 – Robô de solda MIG -----	24
Figura 5 – A empresa Alphatech -----	26
Figura 6 – Flange e tubo a serem soldados -----	30
Figura 7 – Acamador e flange -----	31
Figura 8 – Acamador com pinos -----	32
Figura 9 – Dispositivo com garras abertas e fechadas -----	32
Figura 10 –Dispositivo com tubo posição correta -----	33
Figura 11 – Elementos mecânicos -----	34
Figura 12 – Mecanismo sensor indireto -----	34
Figura 13 – Sensor indireto de planicidade -----	35
Figura 14 – Elementos elétricos (sensor indutivo, IHM e CLP)-----	36
Figura 15 – Dispositivo pronto para execução de solda-----	36
Figura 16 –Imagem real do dispositivo de solda-----	37

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO -----	9
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA -----	11
2.1	Automação industrial -----	11
2.1.1	Tipos de automação -----	15
2.1.2	Automatização: conceito e vantagens -----	16
2.2	Elementos elétricos necessários para automação -----	19
2.2.1	Sensores -----	19
2.2.2	Interface IHM -----	20
2.3	O Processo de soldagem -----	20
2.3.1	Processo de soldagem MIG ou Metal Inert Gas -----	21
2.3.2	Dicas de segurança para o manuseio da máquina de solda -----	22
3	ESTUDO DE CASO -----	26
3.1	A empresa Alphatech -----	26
3.2	Considerações sobre a NR-12 -----	27
3.3	Necessidade do dispositivo automático -----	29
3.4	Projeto do dispositivo -----	31
3.4.1	Projeto mecânico -----	31
3.4.2	Projeto elétrico -----	35
4	CONCLUSÃO -----	38
	REFERÊNCIAS -----	40

1 INTRODUÇÃO

Não é de hoje que as indústrias procuram automatizar seus processos produtivos. Ao se estudar a História da humanidade, constata-se que desde tempos longínquos, o homem já procurava mecanizar seus afazeres. É dessa necessidade, por exemplo, que surgem as rodas, os moinhos movidos por vento ou tração animal e rodas d'águas. Tais inventos demonstram serem as primeiras tentativas para economia de esforço, ou seja, uma tentativa para realizar o trabalho de modo mais rápido, como menos esforço possível e com segurança de todos os envolvidos (DORF, 2001).

Na Inglaterra, é a partir da segunda metade do Século VXIII que a automatização começa a ganhar maior aderência. É nesse período que foram encontrados os sistemas de produção artesanal e agrário já com o emprego de processos automatizados. Nessa época, com o surgimento da Revolução Industrial, começaram a surgir as primeiras fábricas na Europa, já apresentando grande desempenho na produção. Foi percebido também que os rendimentos de uma máquina eram muito mais satisfatórios que o trabalho de um grupo de pessoas. Os benefícios eram perceptíveis, tanto é que foi a partir da automatização que se deu origem a primeira greve no mundo, pois muitas pessoas ficaram sem trabalho, sem condições para o sustento familiar (FLEMINGNN, 2010).

No campo da solda, a ideia da automatização influenciou a construção de dispositivos que podem ser empregados em solda do tipo MIG/MAG ou solda a ponto, os quais podem ser empregados em bancadas com cavaletes ou em robôs. Na indústria, a criação de dispositivos pode ser incorporada nos mais diversos setores, como em trabalhos mecânicos, pneumáticos, sensoriamento de controle, entre outros (MARQUES, MODENESI, BRACARENSE, 2009).

Diante a essa necessidade, o trabalho tem como objetivo apresentar um estudo de caso referente à criação de um dispositivo de solda para fixação de peças para soldagem automatizadas por braços de robôs.

O trabalho é composto por 03 capítulos.

O Capítulo 01 apresenta a introdução, que traz todo o norteamento a respeito do trabalho. O Capítulo 02 apresenta uma revisão bibliográfica referente à

automação industrial e seus benefícios, o processo de soldagem MIG e os cuidados necessários para a operação com solda. O Capítulo 03 apresenta o estudo de caso, que é o objetivo principal da elaboração deste artigo.

Espera-se que o presente trabalho possa trazer consciência aos dirigentes de empresas do quanto a automação pode trazer benefícios em seu processo produtivo e, ao mesmo tempo, ofertando segurança aos seus colaboradores, colaborando, desse modo, para a satisfação daqueles que compõem o quadro de funcionários.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente capítulo tem como objetivo apresentar a definição da automação industrial e os benefícios conseguintes de sua implantação, e também o conceito de soldagem MIG e as observações para segurança desse processo.

2.1 Automação industrial

Nos dias atuais, a automatização já está inserida em todos os setores da sociedade, se fazendo presente em todos os sistemas produtivos de trabalho, apresentando muito destaque, sobretudo, nas indústrias. Por meio desse processo, é possível que determinada produção ou tarefa seja realizada mais vezes e de modo melhor, aprimorado, além de muitas vezes não exigir a participação humana em atividades desencadeantes de tédios e repetitivas (MORAES, 2013).

Ainda conforme Moraes (2013), os processos automatizados poupam as energias dos colaboradores para a execução de tarefas, exigindo, sobretudo, a capacidade intelectual.

O processo de automatização tem sua evolução de longas datas, acompanhando o desenrolar do desenvolvimento da humanidade, desde projetos precários nas considerações atuais até as últimas conquistas da ciência (MORAES, 2013).

Na Pré-História, já se tem indícios da procura do homem em processos de automatização de suas atividades. Exemplos a serem mencionados são os moinhos de vento para moer trigo, as rodas d'água, entre outros. Na Grécia antiga, surgiram os primeiros métodos de controle com retroação, apresentando mecanismo regulador de boia, por volta de 300 a.C. e 1 a.C. Outros exemplos a serem citados são o relógio d'água de Ktesibios e um lampião de óleo (cujo inventor foi Philon, em 250 a.C.), que fazia uso de um regulador de boia para a manutenção constante do nível de óleo combustível (DORF, 2001).

É dessa época também que um dos grandes sábios, Heron de Alexandria, 100 a.C., fez a publicação de um livro cujo título foi "Pneumática", que trazia consigo

algumas aplicações com mecanismos de nível de água com o emprego de regulador de boia (FLEMINGNN, 2010).

Um grande salto no desenvolvimento de sistemas automáticos foi desencadeado a partir da Revolução Industrial. Surgiram nessa época as primeiras inovações nos controladores automáticos, como a criação do regulador de esferas de James Watt, no ano de 1769, que tinha como finalidade realizar o controle da velocidade das máquinas a vapor (FLEMINGNN, 2010).

O dispositivo, inteiramente mecânico, media a velocidade do eixo de saída e utilizava o movimento das esferas devido à velocidade para controlar a válvula e, portanto, a quantidade de vapor que entrava na máquina. À medida que a velocidade aumenta, os pesos em forma de esfera se elevam e se afastam do eixo, fechando assim a válvula. As esferas móveis requerem potência da máquina para poder girar e por isso tornam a medida da velocidade menos precisa (DORF, 2001, p. 24).

A partir do surgimento das máquinas a vapor, diversas indústrias especializadas apareceram, fazendo utilização da força do vapor para a movimentação de grandes linhas produtivas. Cada funcionário era encarregado da execução de determinadas tarefas e ainda dispunham de máquinas auxiliares para cumprimento produtivo (LIBERALESSO, 2008).

Com a grande demanda da produtividade, surgiu a necessidade da redução dos custos produtivos. E nessa época já era percebido que, quanto mais mecanizados fossem os processos, menores eram os custos dispensados no processo produtivo e maior era a produtividade. A partir dessa percepção, começam a surgir outro tipo de indústria: aquelas que tinham como função produzir ferramentas e maquinários que substituíam a necessidades de diversos operários atuando. Até então, não se conhecia a energia elétrica e nem as propriedades do magnetismo, conhecimentos que, a partir de suas descobertas, ampliaram significativamente o leque das possibilidades por meio da criação de sistemas autônomos, sem necessidade da operação humana (MORAES, 2013).

Nessa época, surgiram os primeiros relés eletromecânicos, que são os componentes essenciais para a automação nas primeiras indústrias, nas primeiras décadas do século XX. Tais relés foram substituídos posteriormente pelos controladores lógicos programáveis, conhecidos pelas siglas CLP's (MORAES, 2013).

As primeiras máquinas movidas à eletricidade surgiram em meados do século XIX, graças a esforços de diversos pesquisadores — entre eles Michael Faraday e André-Marie Ampère — que estudaram a utilização da eletricidade e do magnetismo em conjunto, levando ao desenvolvimento de motores que, conectados a sistemas elétricos, acionavam alavancas (GOEKING, 2010, online).

No ano de 1947, com a criação do transistor, houve um grande *boom* na automação, e ele passou a ser a base dos microprocessadores modernos. O transistor nada mais que é um componente eletrônico que fazia o controle da entrada de corrente elétrica, emitindo sinais digitais de ligado-desligado, sistema diferente das válvulas termiônicas que emitiam sinais analógicos, cujo sinal é contínuo com variação em função do tempo (FLEMINGNN, 2010).

De acordo com Goeking (2010), até a década de 1960, as indústrias automobilísticas dispunham de linhas produtivas fixas, cuja produção de modelos pré programáveis era relativamente eficiente. No entanto, todas as vezes que eram necessárias algumas variações no modelo, por exemplo, mudança na cor, ou determinados detalhes no painel, era necessária a alteração dos circuitos de controle que eram a base de relés. Essas alterações acarretavam mais custos e também demandava mais tempo.

Diante dessa realidade, a General Motors (GM), com a intenção de sanar essa problemática, percebeu que era possível o emprego de um novo dispositivo que permitisse a versatilidade na produção. Desse modo, teve surgimento do primeiro CLP, que foi desenvolvido pela empresa Allen-Bradley, que trouxe revolução em todas as empresas nos anos próximos (GOEKING, 2010).

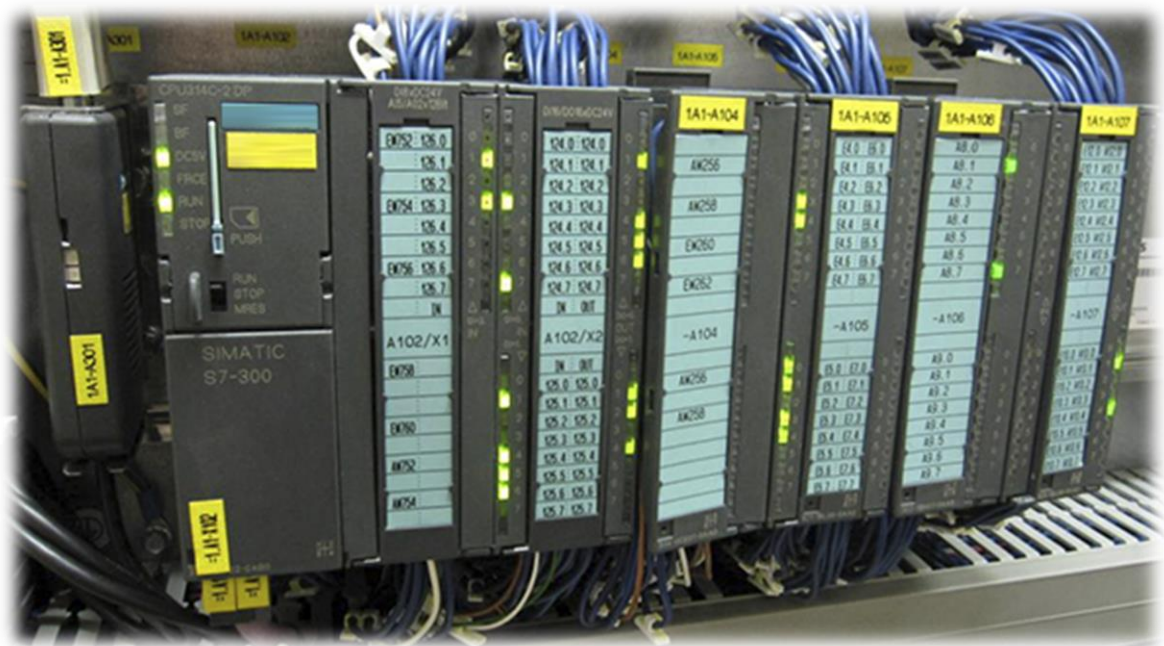
Enquanto os sistemas a relés exigiam modificação para a montagem dos equipamentos, e muitas vezes sendo necessário até mesmo a mudança dos hardwares, com o CLP bastava mudar a programação para que as alterações fossem realizadas. A GM empregou o CLP no ano de 1969, e os Estados Unidos e alguns países europeus foram aos primeiros a usufruírem desse recurso tecnológico que somente chegou no Brasil em meados de 1980 (GOEKING, 2010).

Nas grandes plantas de processo industrial, torna-se indispensável a visualização e controle dos processos, sendo necessário um sistema de supervisão e de aquisição de informações que são denominados no ambiente industrial como SCADA. No sistema automatizado, a aquisição de informações dos sensores é

realizada pelos controladores lógicos programáveis (CLP), que realizam a conversão dos sinais físicos, como nível de água, pressão, velocidade, em sinais analógicos ou digitais, e ainda faz o gerenciamento de atuadores, que dão sinal de partida e parada de motores ou fechamento de uma válvula.

Rosário (2005) relata que o PLC — *Programmable Logic Controller* — conhecido no Brasil como CLP — Controlador Lógico Programável ou CP — Controle Programável, consiste em um dispositivo físico, eletrônico que dispõe de uma memória interna programável que realiza o armazenamento de seqüências de instruções lógicas binárias, além de outros comandos. Ver Figura 1.

Figura 1 – CLP — Controle Lógico Programável



Fonte: Ecid (2015, online).

O CLP, através de uma rede comunicação, está interligado com o sistema de supervisão, e depende de um operador que é encarregado pelo comando e monitoramento das variáveis de processos, oriundas pelo controlador no chão-de-fábrica. Os tipos de variáveis são divididas em analógicas e digitais, sendo que a primeira assumem valores entre 4mA e 20mA, e digitais podem assumir dois valores conforme a lógica booleana, ou seja, 0 ou 1 (ROSÁRIO, 2005).

Um sistema de supervisão pode ter a classificação conforme a sua complexidade, assim como o número de portas entradas/saídas e robustez. A Interface Homem-Máquina (IHM) consiste em um hardware industrial, que carrega consigo sistemas que são empregados diretamente nos ambientes industriais, com elevação grau de proteção (IP), tendo aplicação bastante específica em seu uso, possibilitando trabalhar em conjunto o CLP e SCADA, cujo software industrial foi construído na plataforma Windows, cujas operações são realizadas em salas de controle ou remotamente pela internet (ROSÁRIO, 2005).

As características principais de um sistema de supervisão é sua equivalência em compatibilidades com CLPs industriais, possibilitando desse modo a troca de informações com outros aplicativos e ferramentas, criação de relatórios completos, planejamento e execução de tarefas, e ainda aceitando programa em linguagem de alto nível, como o C++ ou Visual Basic e, sobretudo, a conectividade com a internet (ROSÁRIO, 2005).

2.1.1 Tipos de automação

Existem diversos tipos de automação. A automação rígida consiste em uma linha de produção fixa, a qual necessita da remodelagem de todo o sistema produtivo toda vez que for necessário a alteração do produto na linha de produção. Este processo se apresenta economicamente viável quando for realizada uma produção em larga escala de um determinado produto (DORF, 2001).

A automação flexível é utilizada em linhas de produto que requerem a fabricação de produtos variados em um mesmo processo produtivo, no entanto com volume inferior em relação à automação rígida (DORF, 2001).

Existe também a automação programável, a qual é usada em pequenos volumes, que existem mudanças constantes na linha de produção, exigindo apenas a reprogramação dos equipamentos para a produção de um produto novo e/ou lote (DORF, 2001).

Os desenvolvimentos tecnológicos vivenciados pela sociedade atual apontam que, em um futuro próximo, haverá pouca intervenção do homem dentro das

empresas, e será percebida uma mudança na dinâmica do mercado atual, na qual a mão-de-obra automatizada dispensará grande parte do trabalho do homem, acarretando em uma explosão de investimentos, trazendo transformação na vida do homem e no trabalho de modo benéfico (FLEMINGNN, 2010).

2.1.2 Automatização: conceito e vantagens

Qualquer atividade dentro das indústrias pode passar pelo processo da automatização, desde que a relação custo benefício seja viável. Quando aplicada, a automatização traz benefícios de modo geral, trazendo melhoria das mais diversas, das quais serão apresentadas no decorrer do presente capítulo.

Para um determinado fim, diversos são os tipos de automatização que podem ser empregados, cada qual exigindo investimentos diversos (altos e baixos). Quando se pensa em automatizar algo, necessariamente deve haver a criação de projetos, avaliação e aquisição de componentes para que de fato ocorra a automatização desejada.

O que vem a ser um sistema de automatização industrial? Natale (2013) escreve que um processo de automatização consiste em um sistema dinâmico, o qual é capaz de controlar e providenciar de modo automático os mais diversos tipos de produção em indústrias, sendo necessário por vezes fazer a adoção de um sistema de computador com inteligência artificial.

Entre os benefícios que podem ser apontados quanto a automatização de processo, alguns serão mencionados no presente momento:

- **Aumento de Produtividade** — De acordo com Maiteli e Cruz (2003), a melhoria e o aumento da produtividade são os benefícios mais notáveis quando se pensa na automação industrial. Quando uma máquina é automatizada, ela executa suas atividades demonstrando ciclos de produção mais velozes, garantindo maior eficiência e repetibilidade, o que não é possível quando o trabalho é executado de modo manual. Quando se quer uma precisão perfeita em algo que é rotineiro, necessário se faz que haja a automatização do processo;

- **Redução de Custos** — Devido à eficiência e ao aumento na produtividade, qualquer sistema de automatização industrial tem a capacidade de proporcionar a redução dos custos de instalações. Um sistema automatizado e auto operado tem a capacidade de dispensar a ação de diversos trabalhadores no processo produtivo, e devido a agilidade produtiva, rapidamente garante a recuperação dos investimentos da automatização. Existem processos que dispensam totalmente a operação humana (SILVEIRA, 2004).

Maiteli e Cruz (2003) ainda salienta que os processos automatizados geralmente são programados e pensados no intuito de economizar energia elétrica quando não estão em uso.

Silveira (2004) menciona ainda que a automatização industrial, além de simplificar as tarefas dos trabalhos intensivos, garantindo a redução dos custos das forças de trabalho, ainda garante a minimização da criação de materiais e resíduos.

- **Melhoria da Qualidade** — Processos automatizados possibilitam resultados repetitivos e consistentes, eliminando desse modo problemas que seriam decorrentes pela mão-de-obra humana. Flemingnn (2010), em relação a esse benefício, cita por exemplo o caso de uma indústria de alimentos, a qual necessitará de um controle no tempo de mistura, aquecimento e espera no processo produtivo dos alimentos, o que não seria possível uma uniformidade se fosse realizado de modo manual. Outro caso citado pela autora é no caso do processo de aplicação de soldas, o que passa a ser realizada por robôs, mantendo uniformidade e qualidade. Dos dois casos citados, pode-se considerar que ocorre a diminuição e eliminação de erros de processo e, em consequência, aumento da qualidade.

- **Segurança** — Todo projeto de automatização de máquinas tem que atender as especificações da NR-12, com a finalidade de reduzir a ocorrência de acidentes.

Um operador humano pode acidentalmente cometer erros ao operar uma máquina manualmente, mas um sistema industrial automatizado não pode cometer erros, pois é um sistema operado por computador e devido a este controle, as chances de acidentes são muito mais baixas em um sistema automatizado (SILVEIRA, 2016, p. 2).

As máquinas industriais têm sua projeção para executar trabalhos em ambientes de temperaturas extremas, em locais explosivos, fundição, processos químicos e demais ambientes que acarretam ricos potenciais para trabalhadores humanos. Nesses ambientes, os sistemas de automação industrial possibilitam a segurança, pois substitui a presença humana nesses locais (SILVEIRA, 2016).

- **Vantagem Competitiva** — Para sobreviver nesse cenário competitivo, nessa economia global, as empresas que automatizam seus processos garantem seu espaço, conseguindo até mesmo se situar à frente de seus concorrentes.

Como mencionado, a automatização garante a diminuição dos tempos de ciclos, melhorando a qualidade e a redução de custos, deste modo, ela possibilita que uma organização se mostra a frente de seus concorrentes e fortes em relação a essa grande turbulência econômica e ameaças externas da economia (FLEMINGNN, 2010).

- **Precisão** — Esse é um dos principais pontos positivos a ser mencionando quanto à automação industrial, pois as máquinas são programadas para trabalharem com precisão, diminuindo desse modo as probabilidades de falhas na linha produtiva (FLEMINGNN, 2010).

- **Monitoramento Remoto** — Esse é um dos benefícios que mais demonstrou avanço nas últimas décadas. Essa realidade é percebida devido ao fato da integração da operação remota e os sistemas de controle na automação industrial. Tais sistemas possibilitam que um colaborador da empresa faça o monitoramento e o controle (se necessário for), dos processos de produção a partir de uma determinada distância. Nos dias atuais, existem sistemas automatizados que são controlados via conexão Wi-Fi ou pela internet, o que possibilita distâncias muito maiores. Existem sistemas ainda que podem ser controlados via sinais de rádio, infravermelhos ou Bluetooth (NATALE, 2013).

2.2 Elementos elétricos necessários para automação

2.2.1 Sensores

Os sensores são equipamentos que possuem a função de realizar leituras de grandezas físicas do ambiente e realizar a conversão delas em pulsos elétricos que são interpretados pelo circuito eletrônico (NATALE, 2013).

De acordo com Franchi e Camargo (2011), os sensores podem ser digitais ou analógicos e tem como função a verificação da presença de objetos que se aproximam deles, acarretando na geração de pulsos elétricos a serem interpretados pelo CLP. Entre os sensores existentes, quatro tipos podem ser definidos como os principais, que são: sensor de proximidade indutiva; sensor de proximidade capacitiva; sensor ultrassônico; sensor óptico. No presente estudo de caso, serão empregados apenas os de proximidade indutiva.

Os sensores de proximidade indutiva e capacitiva são encontrados em diversos tamanhos, formatos e fabricantes. O princípio de funcionamento dos sensores capacitivos se difere dos sensores indutivos. Nos sensores capacitivos, existe um oscilador interno que não oscila enquanto não perceber a aproximação de algum material em sua face sensora. Havendo alguma aproximação, imediatamente ocorre a variação da capacitância de um capacitor localizado na face de sensor, o qual é componente do circuito de um oscilador (NATALE, 2013).

São dois os tipos de sensores capacitivos, e a diferença entre eles é o modo ao qual cada capacitor é constituído (NATALE, 2013).

O primeiro tipo dispõe de duas placas do capacitor dispostas lado a lado na face do sensor, e o alvo externo age com o dielétrico. No segundo tipo, dois eletrodos de metal concêntricos constituem a superfície sensível dos sensores capacitivos. Na aproximação de qualquer objeto na sua superfície do sensor, o campo eletrostático dos eletrodos é atingido, desencadeando aumento da capacitância do circuito e obtenção da oscilação (NATALE, 2013).

Nos sensores de proximidade capacitivos, a presença de qualquer objeto faz com que a saída do sensor passe a comutar do estado de “0” para “1” (NATALE, 2013).

2.2.2 Interface IHM

Uma interface apoiada por computador — na verdade, uma interface de uso — também conhecida como interface homem-máquina — IHM (*Human Machine Interface* — HMI), é a parte de um programa de computador que se comunica com o usuário. Na ISO 9241-110, o termo interface de usuário é definido como "todas as partes de um sistema interativo (de software ou hardware) que fornecem informações e controle necessários para que o usuário realize uma determinada tarefa com o sistema interativo." A interface de usuário / interface homem-máquina (HMI) é o ponto de ação no qual o ser humano está em contato com a máquina. Ver Figura 6.

2.3 O Processo de soldagem

O processo de soldagem é o método mais econômico e eficiente para se realizar a junção de metais de modo permanente. É o único modo de fazer a união de dois ou mais pedaços de metal, deixando-os no aspecto de uma única peça (ANSCHAU, 2010).

O processo de união de metais pela soldagem consiste no derretimento das peças e o empenho de um enchimento para a formação da junta. Esse processo pode ser realizado por diversas fontes de energia, de uma chama de gás ou arco elétrico a um ultrassom ou laser (ANSCHAU, 2010).

A soldagem, nas primeiras décadas do século 20, era realizada por meio de um processo denominado como soldagem forjada, consistindo no aquecimento das peças em conserto e depois marteladas até elas se amalgamarem. Com a

descoberta da eletricidade, a soldagem passou a ser realizar de modo mais fácil e rápido, ocupando um papel importante no cenário industrial durante a Primeira e Segunda Guerras Mundiais (ANSCHAU, 2010).

2.3.1 Processo de soldagem mig ou Metal Inert Gas

A soldagem MIG é o mais empregado atualmente nas indústrias, sendo considerado como um processo de soldagem semiautomático. Tem aplicação geralmente em oficinas de fabricação e de manufatura automotiva, e também em indústrias dos mais diversos ramos (AVENTA, 2015).

Pode-se considerá-la como um dos tipos de solda industrial que apresenta a mais rápida produção e facilidade de manuseio, sendo aplicado não só em aço e aço inoxidável, mas também em diversos outros tipos de metais, inclusive no alumínio (AVENTA, 2015).

Figura 2 – Solda MIG



Fonte: Aventa (2015, online).

Além do fácil manuseio, o custo da soldagem MIG é baixo, apresentando qualidade final melhor do que em outros tipos de solda industrial, com menor distorção das peças, sem a necessidade da remoção de escória ao término do

processo de soldagem (AVENTA, 2015). A Figura 2 apresenta uma aplicação da soldagem MIG.

2.3.2 Dicas de segurança para o manuseio da máquina de solda

Entre as operações realizadas com maquinários e equipamentos nas empresas, a operação da soldagem é uma das mais perigosas, envolvendo muito mais que apenas o calor.

Por estar presente durante o processo de solda, o soldador deve se proteger dos fumos de soldagem expelidos, dos ruídos, choques elétricos, incêndios, explosões, alta luminosidade e até mesmo da radiação. Portanto, é essencial que o soldador seja, além de preparado e especializado, também conhecedor das medidas que vão garantir sua segurança e a boa manutenção da sua máquina de solda (ANSCHAU, 2010, p. 27).

A seguir, são apresentadas algumas dicas para aqueles que exercem a função de soldador dentro de uma indústria, quanto para os soldadores ocasionais.

Devido aos perigos aos quais o operador de solda está envolvido, toda as partes de seu corpo devem estar protegidas devido aos riscos de queimaduras pelo calor ao qual está exposto ou por materiais que possam ser expelidos da poça de fusão. Se a pele estiver descoberta, podem ser desencadeadas queimaduras e, dependendo do tempo de exposição, pode acarretar em câncer de pele (VIEIRA, 2015).

Os olhos devem sempre ser protegidos, devido ao arco elétrico que é gerado, que se apresenta extremamente nocivo (VIEIRA, 2015).

É de fundamental importância a utilização de EPIs — Equipamentos de Proteção Individual, que são: avental, touca, roupa com mangas longas, proteção para as pernas (polainas, por exemplo), luvas longas, óculos de proteção, botas de segurança com solado isolante e bico de aço, máscara de proteção com lentes na tonalidade correta e necessária, protetores auriculares. Uma boa escolha e segura para os primeiros itens apresentados é que sejam de material em couro ou raspa de couro (VIEIRA, 2015).

Algo que é importante ressaltar, é que todos os EPIs devem trazer consigo o selo CA (Certificado de Aprovação), cuja emissão se dá pelo MTE Ministério do

Trabalho e Emprego, garantindo, desse modo, que tais equipamentos são funcionais e confiáveis (VIEIRA, 2015).

Além da necessidade de EPIs, é necessária a utilização de EPCs — Equipamentos de Proteção Coletiva, garantindo assim um ambiente de trabalho confiável, garantindo a integridade da máquina de solda e seus equipamentos e, sobretudo, dos outros colaboradores (ANSCHAU, 2010).

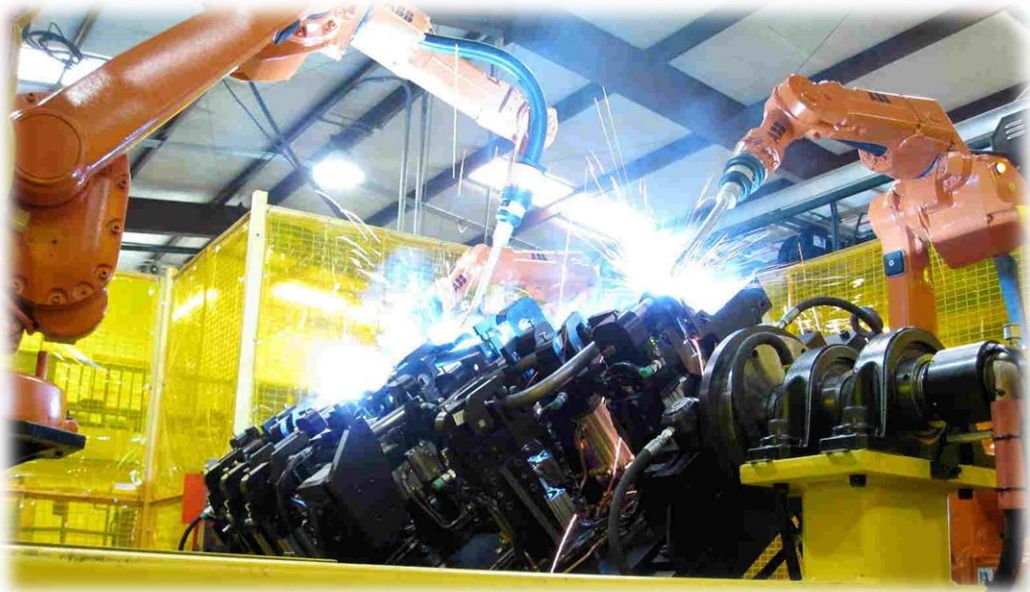
Próximo ao local de solda, devem ser mantidos extintores a uma distância segura. Deve ser instalado também o sistema de extração de gases. Em todo o local, o sistema de ventilação deve ser adequado e projetado de modo a não prejudicar a soldagem, mas sempre executando a sua função de purificação do ar. No local da soldagem, devem estar instaladas cortinas (ANSCHAU, 2010).

Por esses apontamentos quanto à questão da soldagem, não tem como negar que é uma operação que coloca o colaborador em uma situação que envolve riscos. Aliada a realidade desse processo, existem locais que necessitam de solda e que são de acessos extremamente difíceis de serem alcançados pelo soldador. Para essas situações, já foram inventados pela automação os robôs de solda, que substituem a ação humana e, deste modo, contribuem de modo direto com a saúde e segurança do trabalhador, em obediência total às exigências da NR-12, pois todo o trabalho executado é realizado por eles (BRACARENSE, MARQUES, MODENESI, 2009).

Os robôs proporcionam um trabalho muito mais seguro e também com muito mais qualidade no serviço executado. Oferece também mais rapidez e confiabilidade na solda realizada. Ver Figuras 3 e 4.

As demais vantagens com a utilização de um sistema robótico para soldagem orbital de tubulações são: Qualidade: o controle dos parâmetros de soldagem durante o processo produz uma maior homogeneidade ao longo de todo o comprimento do cordão de solda ao redor do tubo, independentemente da posição de soldagem; Repetibilidade: o robô sempre produz soldas similares, aumentando a repetibilidade do processo; Economia: redução do retrabalho através do aumento da qualidade; Redução do tempo de trabalho: a possibilidade de otimização dos parâmetros de soldagem (corrente, tensão e velocidade de soldagem, *stick-out* e ângulo da tocha) permitindo obter soldas de qualidade e cordões bastante longos, aumentando o tempo de arco aberto ininterruptamente (FELIZARDO; BRACARENSE, 2007, p. 23).

Figura 3 – Robô de solda a laser



Fonte: Adtech (2015, online).

Figura 4 – Robô de solda MIG



Fonte: Adtech (2015, online).

O que se percebe nos dias atuais é que, devido às mudanças tão grandes e rápidas ocorridas na questão da obrigação de segurança nas máquinas e equipamentos, algumas tendências apontam para uma nova fase, a qual a NR-12 será cada vez mais popularizada, necessitando também de alteração em seu conteúdo; aumento dos sistemas automatizados para o emprego em segurança eletrônica; tendência da automação em ter como meta a fase de diminuição de riscos (ALVES, 2015).

Diante da gravidade e o perigo a que estão expostos os operadores de solda, o próximo capítulo apresenta alguns dados estatísticos referentes a acidentes de trabalho e apresentação de um estudo de caso realizado na empresa Alphatec Ferramentaria, Projetos e Automação. Neste estudo, será apresentado um processo de automação realizado por meio da construção de um dispositivo cujo objetivo é manter a peça a ser soldada fixa para que a soldagem seja realizada por braços mecânicos ou robôs, conforme a realidade do cliente.

3 ESTUDO DE CASO

O presente estudo de caso foi realizado na Empresa Alphatech, com o objetivo de mostrar um dispositivo projetado para soldagem automatizada, com a finalidade de atender os requisitos da NR-12.

3.1 A empresa Alphatech

A Alphatech Ferramentaria, Projetos e Automação é uma empresa focada em oferecer soluções que geram valor para o cliente por meio de produtos e serviços, com qualidade e tecnologia. Ver Figura 5.

Figura 5 – A empresa Alphatech



Fonte: Alphatec (2017, online).

A AlphaTech foi fundada no ano de 2017, trabalhando com atividades de Usinagem e Ferramentaria. Situada em Limeira/SP, a empresa possui 400m² de área construída, dividida pelos setores: Administração, Projetos, Preparação, Usinagem, Montagem e Automação.

- Missão da empresa — Oferecer soluções que gerem valor para o cliente, por meio de produtos e serviços com qualidade e tecnologia.
- Visão — Tornar-se líder em construção de máquinas e dispositivos visando superar a expectativa e ser referência para nossos clientes.
- Valores — Confiança e Respeito — Competência — Integridade — Cooperação — Objetividade e Simplicidade — Ética e Inteligência — Humildade e Fé.

3.2 Considerações sobre a NR-12

No Brasil, de acordo com o Anuário Estatístico da Previdência Social, ocorrem mais de 700.000 acidentes de trabalho todos os anos. Dessas ocorrências, mais de 16.000 trabalhadores ficam incapacitados de modo permanente e aproximadamente 3.000 ocorrências são fatais (VASCO, 2016).

As atividades industriais que exigem grandes esforços físicos por parte dos colaboradores, expondo-os em situações de altos riscos, são grandes propulsoras das ocorrências de acidentes. E, nesses acontecimentos, os prejuízos são para todas as partes: colaborador, empresa e Previdência Social (SILVA, 2014).

De acordo com Silva (2014), para o colaborador, o grande prejuízo especificamente é a gravidade do acidente ao qual foi acometido, que interfere em seu estado de saúde corporal e psicológico, o que, por vezes, exige afastamento por longos períodos de tempo, com diminuição do salário e todos os agravantes do corpo, interferindo totalmente em sua qualidade de vida.

Para as empresas, os prejuízos também são grandes, pois possuem o quadro de colaboradores desfalcado, havendo a necessidade de contratação de outros operadores para suprir a demanda, e muitas vezes tendo a qualidade do trabalho prejudicada, pois os rendimentos podem não ser os mesmos daqueles em afastamento, que executam suas tarefas com maior desenvoltura por já possuírem ampla experiência na função que exerciam até a ocorrência do acidente. Quanto aos custos, esses aumentam, pois as empresas terão a obrigação de custear muita

verba para suprir os pedidos de licença, afastamento e, sobretudo, indenizações (SILVA, 2014).

Para a Previdência Social, os gastos com aqueles que sofreram acidentes são grandes, pois a partir do 16º dia de afastamento, cabe ao governo federal o pagamento do auxílio doença, o qual, segunda a legislação atual, corresponde a 91% da média das últimas remunerações do colaborador, jamais podendo ser a quantia dos últimos 12 meses trabalhados. Para aqueles que antes do afastamento recebiam exatamente um salário mínimo, o auxílio-doença não poderá ser menor que o recebido. Essa obrigação por parte da Previdência Social permanece enquanto o trabalhador estiver incapacitado de retornar as suas funções dentro da empresa, exceto quando os médicos atestam que não haverá alta da situação apresentada, momento ao qual o colaborador é encaminhado para a aposentadoria, seguindo as leis vigentes dessa constatação médica (CARRION, 2018).

Aqueles que possuem fábrica, distribuidora ou qualquer atividade comercial e industrial, devem prezar pela segurança do trabalho aos seus colaboradores e, mais que uma boa ideia, essa preocupação com o bem-estar dos funcionários torna-se essencial para o crescimento do negócio (SILVA, 2014).

Quando as máquinas e os equipamentos se apresentam bem organizados na linha de produção, observando corretamente as exigências da NR-12 apontadas no Capítulo anterior, a tendência é a diminuição do número de acidentes, gerando não só alívio para as cargas pesadas dos serviços a serem executados, mas também para o aumento da amplitude de movimento pelos operadores nas máquinas, refletindo diretamente para a condução de ganhos de eficiência e, conseqüentemente, gerando mais lucro para a empresa (VIEIRA, 2015).

Em atendimento a NR-12, os treinamentos constituem a base de todo bom programa de segurança do trabalho dentro das fábricas, motivo pelo qual deve haver grande preocupação por parte dos fabricantes de maquinários e equipamentos a entrega de manuais com o maior número possível de detalhes sobre o funcionamento daquilo que acompanham. As formações e reciclagem devem alertar os colaboradores que eles necessitam estar e se sentirem em segurança no desempenho de suas funções (VIEIRA, 2015).

No entanto, por mais que as empresas estejam atentas às normas de

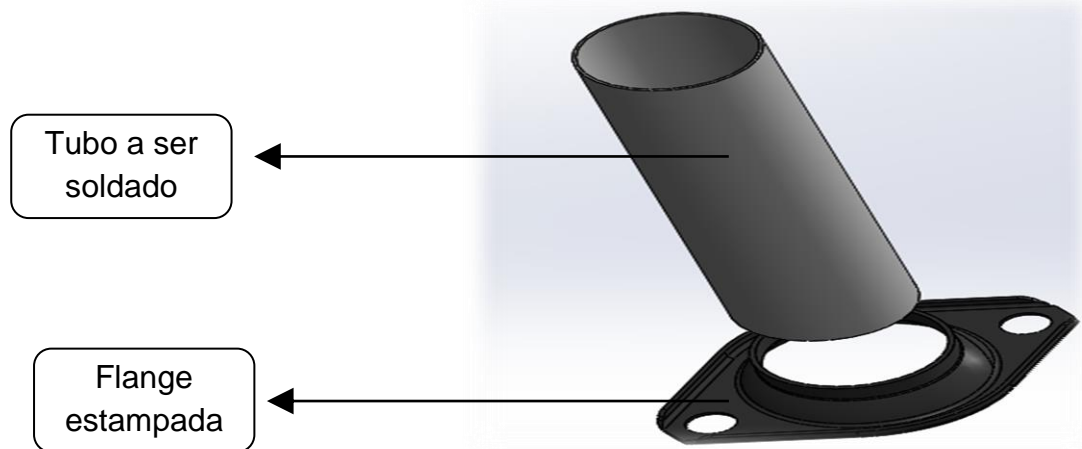
segurança, invistam em treinamento aos seus colaboradores, existem atividades que representam alto risco na questão de segurança, sobretudo devido à área em que deverão estar presentes para a execução de determinadas tarefas. Então, para que as chances da ocorrência de acidentes sejam reduzidas quase a zero, o mais indicado é que as empresas busquem a automação desses processos. O Capítulo 01 abordou os benefícios da automação dos processos industriais e, dentre eles, foi citada a questão da segurança. A automação, de fato, pode ser considerada como um recurso de muito valor quando é implementada juntamente a um processo de formação de segurança bem planejada, já que reduz a necessidade da exposição de operadores em áreas de altos riscos dentro do sistema produtivo (NATALE, 2013).

Quando ocorre a automação de processos, esses trabalhadores poderão ser realocados em locais aos quais possam ser mais produtivos e eficientes, contribuindo para o crescimento industrial de modo mais rápido. Por meio do emprego de sistemas automatizados e softwares inteligentes, as empresas ainda poderão contar com a redução de deslocamentos nas buscas e os tempos gastos para a entrega da produção em geral (MORAES, 2013).

Como mencionado anteriormente, já existe a preocupação por parte dos projetistas e engenheiros da produção e da automação criarem maquinários automatizados atendendo às especificações da NR-12, com a finalidade de reduzir a ocorrência de acidentes. Em locais que apresentam temperaturas extremas, necessidades de uso de explosivos, fundição, processos químicos, ações que colocam os colaboradores em locais de alto grau de acidentes, as máquinas industriais automatizadas fazem a substituição dos trabalhos humanos, portanto, essa realidade evidencia o quanto colaboram para a segurança dos operadores (SILVEIRA, 2016).

3.3 Necessidade do dispositivo automático

Um dos clientes da Alphatech estava tendo problemas na soldagem de uma flange com um tubo. Esses elementos são mostrados na Figura 6.

Figura 6 – Flange e tubo a serem soldados

Fonte: Próprio autor.

A soldagem desse componente era feita de forma manual, causando refugos por desalinhamento e também dificuldade ao operador de solda, uma vez que a ergonomia se aparentava precária. Desse modo, o cliente procurou a empresa Alphatech para a confecção de um dispositivo de soldagem automático, para assim obter maior produtividade, padronização nas soldagens das peças, segurança e também todos os benefícios que a automação possibilita.

Diante dessa realidade, o autor do presente trabalho foi designado para executar esse projeto. Em primeiro momento, foi realizada uma visita ao cliente para o conhecimento das condições de trabalho existentes, seus processos e também as características da célula de solda.

Nessa visita em questão, verificou-se que a empresa possuía uma cabine de segurança integrada a um braço robô de solda MIG e uma mesa rotativa. Na execução de seu trabalho, foi percebido que o processo apresentava lentidão e o operador estava exposto a situações insalubres tais como queimaduras, doenças respiratórias, doenças visuais e outros riscos. E mais, o serviço executado apresentava uma soldagem desuniforme, com um alto índice de refugo decorrente das limitações humanas.

Após o conhecimento de toda a situação existente, foram reforçadas ao cliente as vantagens da automatização desse processo, tais como solda uniforme e proteção da saúde do operador e uma maior produtividade. A partir desse momento,

foi elaborado um projeto para atender as necessidades do cliente.

3.4 Projeto do dispositivo

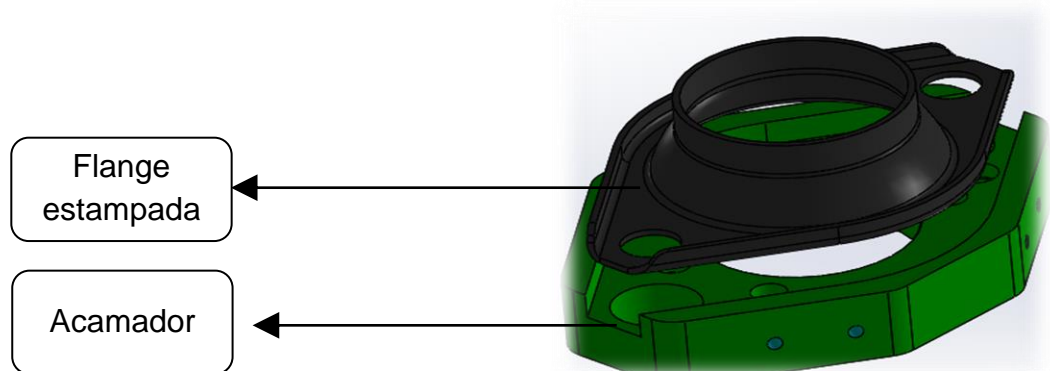
Foi pensando em um dispositivo automático que teria a função de fixar os componentes (a flange estampada e um tubo), conforme Figura 6.

O projeto é constituído por duas partes: uma mecânica e outra eletrônica.

3.4.1 Projeto mecânico

A primeira etapa do projeto mecânico foi localizar a peça no dispositivo. Para isso, foi elaborado um acamador para acomodar a flange, conforme Figura 7.

Figura 7 – Acamador e flange

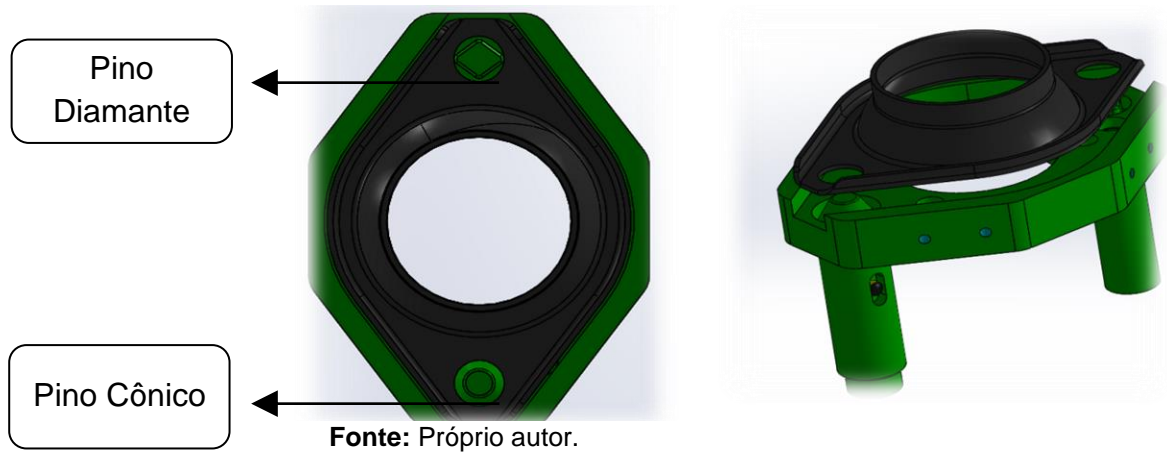


Fonte: Próprio autor.

O acamador possui uma cavidade com dimensões iguais as medidas da peça, considerando uma folga de 2 mm. Essa folga é necessária devido às tolerâncias de estampagem. Com a cavidade é realizado um primeiro referenciamento da peça, travando a movimentação em uma direção do eixo Z e restringindo movimentações X e Y. A rotação em Z é impedida.

Para localizar definitivamente a peça, foram utilizados dois furos, conforme apresenta a Figura 7. Em um dos orifícios, foi inserido um pino cilíndrico e, no orifício oposto, um pino diamante, conforme Figura 8.

Figura 8 – Acamador com pinos



Após o referenciamento, foi realizado o travamento da flange no dispositivo, por duas garras com movimento de came, possibilitando que a flange fique fixa.

Para uma maior segurança, o acionamento nessa etapa é realizado manualmente pelo operador, o qual levanta a alavanca tipo “canivete” e as garras com movimento angular se fecham, travando o sistema, conforme Figura 9.

Figura 9 – Dispositivo com garras abertas e fechadas

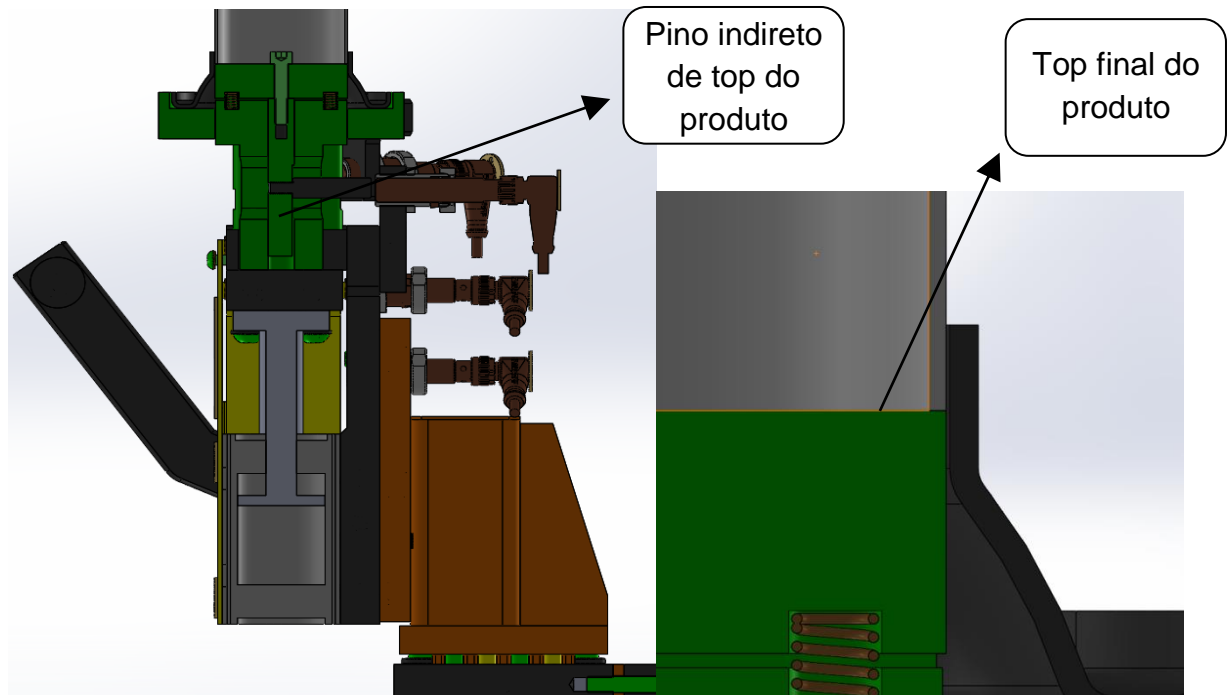


Fonte: Próprio autor.

Posteriormente, foi inserido o tubo a ser soldado na flange, sendo realizado

um outro mecanismo indireto no dispositivo que permite a detecção se o tubo está referenciado corretamente, conforme Figura 10.

Figura 10 – Dispositivo com tubo posição correta



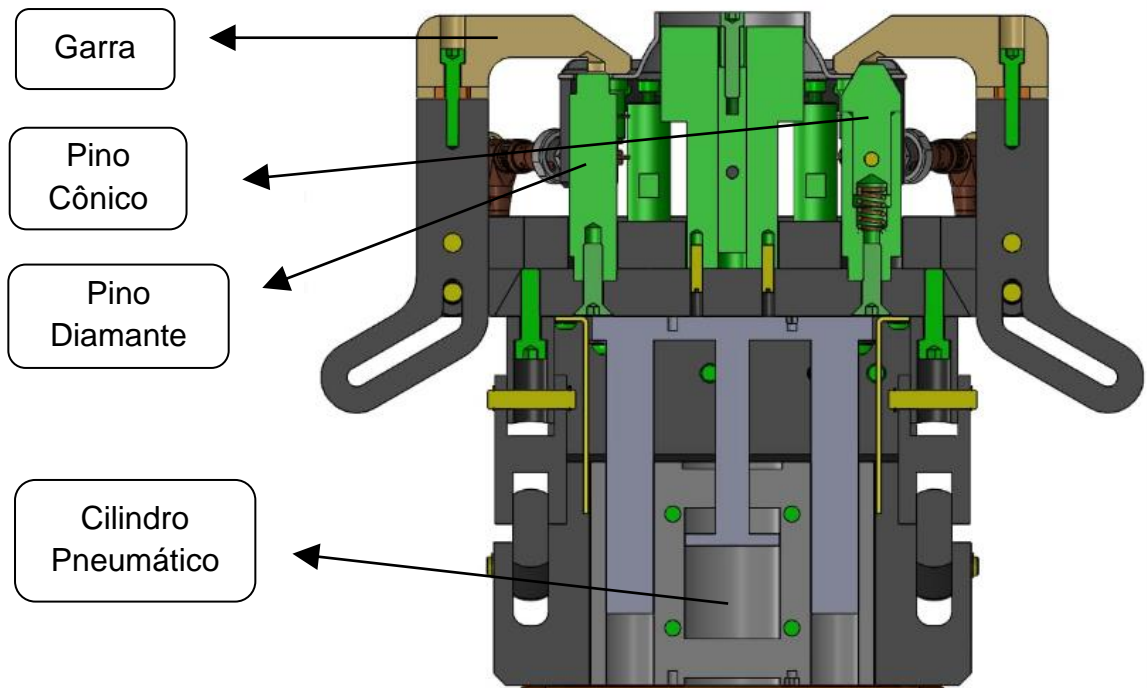
Fonte: Próprio autor.

Outros elementos mecânicos que compuseram o sistema foram:

- Oblongo central — Mecanismo responsável por delimitar altura e sensoriamento indireto do tubo a ser soldado mostrado na Figura 10;
- Cilindro pneumático de duas hastes guiadas — possui a função de travar o sistema e abri-lo após um ciclo de solda ver Figura 11;
- Sensor indireto — dispositivo mecânico utilizado para verificar a presença e a planicidade de peças, como mostra Figura 13.

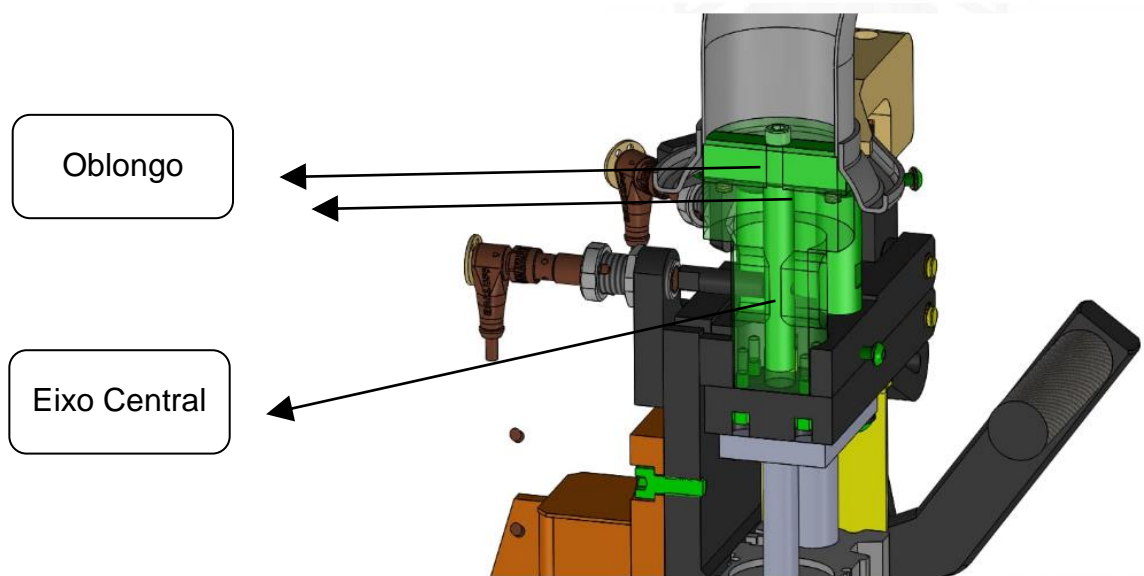
As Figuras 11, 12 e 13 demonstram o posicionamento de cada elemento mecânico empregado, exceto o acamador que está apresentado na Figura 7.

Figura 11 – Elementos mecânicos



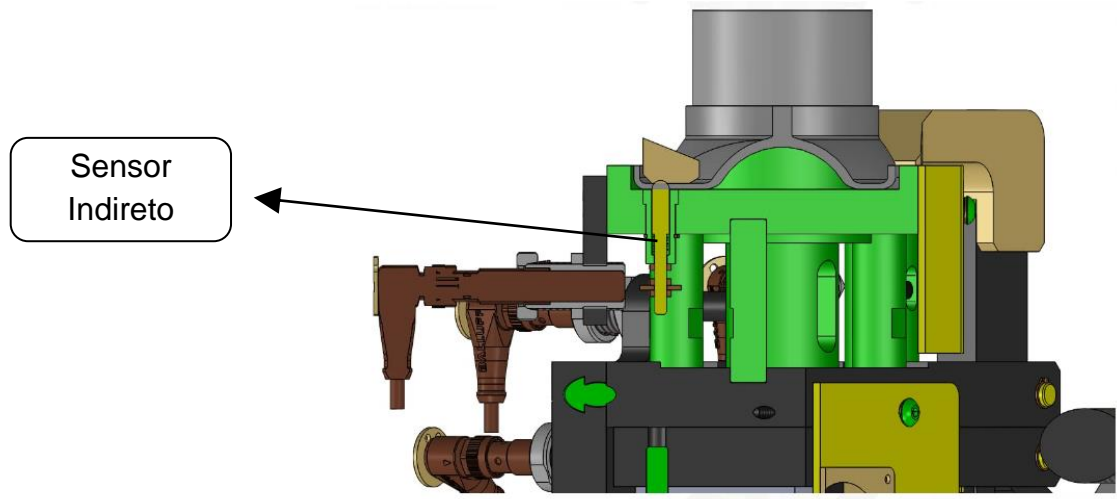
Fonte: Próprio autor.

Figura 12 – Mecanismo sensor indireto



Fonte: Próprio autor.

Figura 13 – Sensor indireto de planicidade



Fonte: Próprio autor.

3.4.2 Projeto elétrico

O projeto elétrico foi elaborado por um engenheiro elétrico, que também trabalha na empresa.

Os elementos elétricos que compuseram o sistema foram:

- CLP — responsável pela pré programação do dispositivo com as peças. Esse componente é primordial, pois é nele que são inseridas as lógicas que determinam a segurança e a função de detecção de sensor;
- IHM — elemento responsável pelas interfaces entre homem e máquinas, tais como indicar a falta de acionamento “ver se todos os sensores foram acionados” ou “se existe algo fora de posição”;
- Bloco de válvulas — componente responsável pelo acionamento pneumático, após comando recebido pelo CLP;
- Sensor indutivo — componente responsável pela detecção de posições mecânicas.

A Figura 14 apresenta na ordem o sensor indutivo, CLP e IHM.

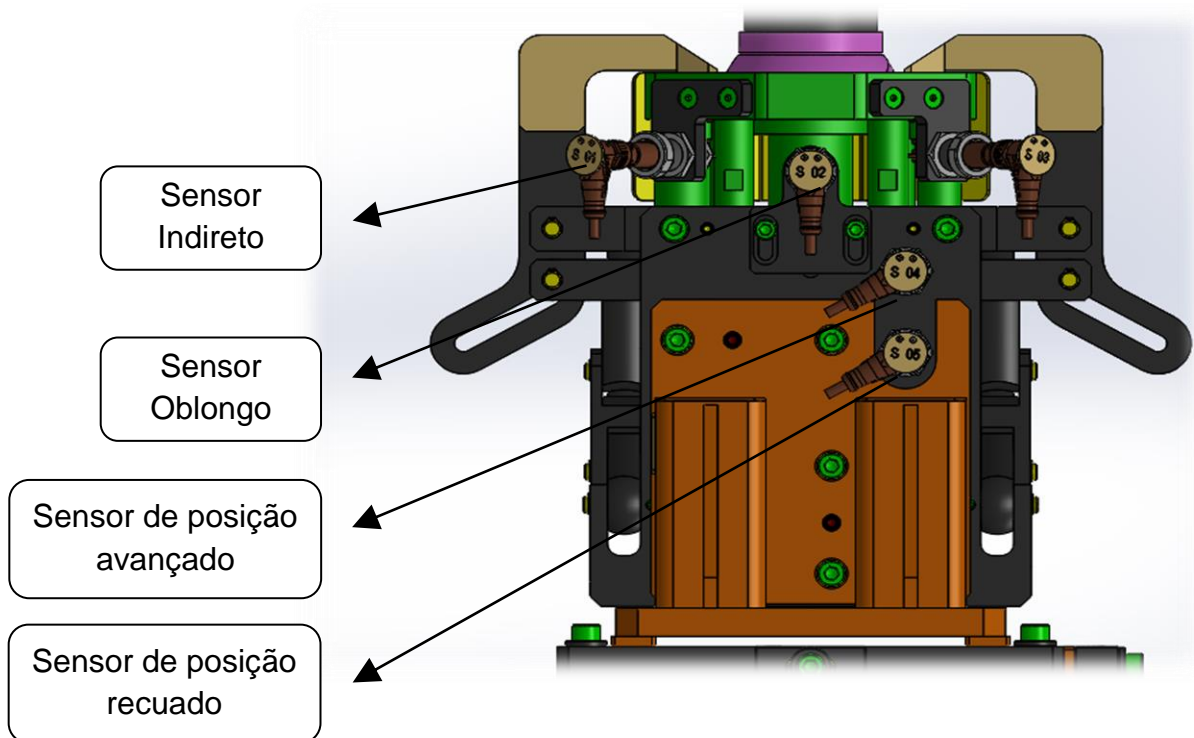
Figura 14 – Elementos elétricos (sensor indutivo, IHM e CLP)



Fonte: Próprio autor.

Feita toda verificação, a célula libera o braço robô para o processo de soldagem, conforme Figura 15.

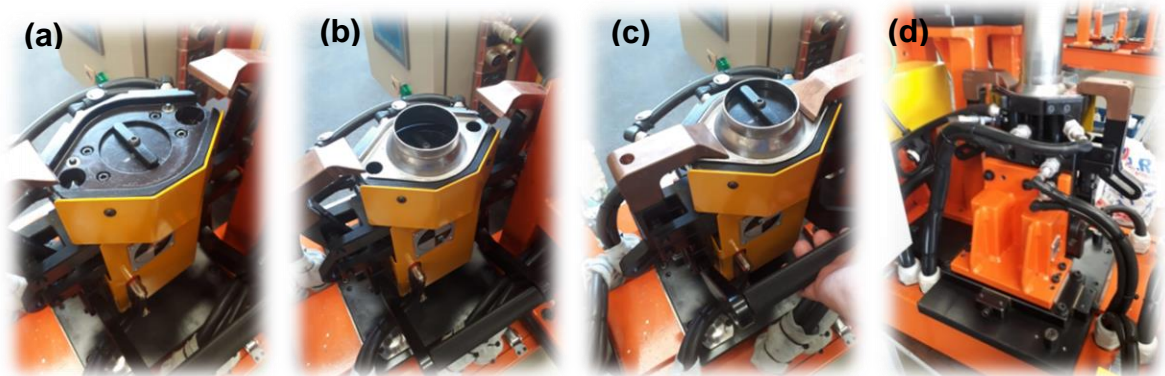
Figura 15 – Dispositivo pronto para execução de solda



A Figura 16 apresenta o dispositivo projetado em suas etapas de processo de soldagem, em fotos reais:

- (a) Dispositivo sem produto;
- (b) Dispositivo com produto, no entanto não acionado;
- (c) Dispositivo com produto acionado;
- (d) Dispositivo com produto e tubo;

Figura 16 –Imagem real do dispositivo de solda



Fonte: Próprio autor

4 CONCLUSÃO

Há tempos as indústrias procuram automatizar seus processos produtivos, os quais, a cada dia que passa, estão apresentando melhorias e mais melhorias. Os benefícios decorrentes da automação para a empresa são vários, tais como o aumento da produtividade, redução de custos, melhoria da qualidade e precisão nos serviços executados, vantagem competitiva no mercado, monitoramento remoto e segurança aos colaboradores, sobretudo em atividades as quais até mesmo as instalações físicas da empresa se encontram suscetíveis a sofrerem danos caso haja a ocorrência de algum acidente, como é o caso do setor de soldagem.

Devido ao grande número de acidentes ocorridos no ambiente de trabalho, e muitos deles decorrentes pelo manuseio de máquinas e equipamentos, levando pessoas a ficarem afastadas, apresentando sequelas temporárias ou permanentes, e em muitos casos levando-as a aposentadoria precoce por não terem mais condições de exercerem atividades laborais, não esquecendo dos colaboradores que vem a óbito tanto no momento do acidente como após, o Ministério do Trabalho obriga a implantação das exigências da NR-12, que são normas específicas para o trabalho com máquinas e equipamentos industriais.

A realização do presente projeto com o estudo de caso aplicado foi de grande proveito para a formação profissional na Engenharia Mecânica.

Nas tarefas como a soldagem, como apresentada no estudo de caso para atendimento de cliente da Alphatech, na qual havia a exposição da saúde e segurança dos colaboradores e do ambiente de instalação das máquinas, o desenvolvimento do dispositivo muito contribuiu quanto à questão da NR-12. Em locais de difíceis acessos, onde são necessários os serviços de solda, a exposição humana é muito preocupante, pois a ocorrência de qualquer descuido pode gerar danos imensuráveis ao operador e ao ambiente de trabalho, tais como perda da visão, câncer, dificuldades respiratórias, entre outras. A criação desse dispositivo para a fixação da peça para soldagem através de um braço robô atendeu as necessidades apontadas pelo cliente, tais como aumento da produtividade, a segurança dos operadores e qualidade com menos refugos.

Estima-se que, anteriormente ao processo de automação, o operador soldava a peça em cerca de 30 segundos e, após a automatização, esse processo é realizado em apenas 10 segundos. Essa diminuição no tempo de processo apresenta um ganho produtivo muito grande.

Para essas situações e outras semelhantes, a Engenharia da Automação, juntamente com a Engenharia Mecânica, tem promovido a elaboração de robôs, os quais possibilitam um trabalho seguro e com mais precisão e qualidade, como é o caso dos serviços de soldagem por braços robotizados.

Espera-se que o presente trabalho possa despertar o interesse por parte daqueles que dirigem as fábricas, para que estejam conscientes do quanto os investimentos na automação podem gerar melhores benefícios, melhorando a qualidade de vida dentro do trabalho e também a competitividade da empresa em um mercado cada vez mais concorrido.

Como sugestões para trabalhos futuros, são recomendados:

- Inserção de index — pois quando o operador aciona a alavanca, ela tem uma tendência devido a gravidade de abrir as garras novamente;
- Modificação do material da flange, uma vez que esse elemento sendo de aço carbono, os respingos de solda tem a tendência de aderir nele.

REFERÊNCIAS

ADTECH. 2015. **Robô industrial**. Disponível em <http://pt.machine-controller.com/2015-high-quality-and-best-price-industrial-mig-robot-universal-robots-small-industrial-welding-robot-for-dumper-truck-we_p389.html> Acesso em 14 Out. 2018.

ALUSOLDA. (2018). **Três aspectos importantes dos eletrodos revestidos para a soldagem de aços carbono**. Disponível em <<http://www.alusolda.com.br/conteudo/3-aspectos-importantes-dos-eletrodos-revestidos-para-a-soldagem-de-acos-carbono.html>> Acesso em 14 Out. 2018.

ALVES, L.F. **Aplicação da norma NR-12 para circuitos de segurança utilizando controladores lógicos programáveis e atuadores pneumáticos**. São Carlos: EESC, 2015.

ANSCHAU, L. D. Análise de fumos de soldagem, sistemas de proteção e desenvolvimento de protótipo para estudo da emissão de fumos de soldagem para processo mig/mag. Panambi: UNIJUÍ, 2010.

AVENTA. 2015. **Oito motivos para usar solda MIG / MAG**. Disponível em <<https://aventa.com.br/novidades/8-motivos-para-usar-solda-migmag>> Acesso em 14 Out. 2018.

CARRION, V. CLT. **Comentários à consolidação das leis trabalhistas**. 42 ed. São Paulo: Saraiva, 2018.

COSTA INSTALAÇÕES. 2018. **Solda Tig Mig**. Disponível <<https://www.costainstala-coes.com.br/solda-tig-mig>> Acesso em 20 Set. 2018.

DORF, Richard C.; Bishop, Robert. **Sistemas de Controle Moderno**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

ECID. 2015. **Curso de CLP**. Disponível em <<https://ecid.com.br/curso-online/industriais/curso-de-clp-controladores-logicos-programaveis>> Acesso em 20 Set. 2018.

FELIZARDO, I.; BRACARENSE, A.Q. **Sistema robótico para soldagem de tubos**. Mecatrônica Atual. Out-nov 2007, p.18-23.

FLEMINGNN, D. M. **Engenharia de controle e automação**. São Paulo: Pearson, 2010.

GOEKING, W. 2010. **Da máquina a vapor aos softwares de automação**. Disponível em <<https://www.osetoelettrico.com.br/da-maquina-a-vapor-aos-softwares-de-automacao/>> Acesso em 20 Set. 2018.

LIBERALESSO, A. **Sistema de controle para processos debateladas**. São Paulo: Saber, ano 6, nº 39, dez. 2008.

MAITELI, A. L.; CRUZ, V.S. **Controladores lógicos programáveis**. Natal: UFRN,

2003.

MARQUES, P.V., MODENESI, P.J., BRACARENSE, A.Q. **Soldagem: fundamentos e tecnologia**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

MORAES, C. C. **Engenharia de automação industrial**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

NATALE, Ferdinando. **Automação industrial**. 8. Ed. São Paulo: Érica, 2013.

RANGEL, L. **Soldagem com arame tubular**. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=waiHEc2rCeg>> Acesso em 14 Out. 2018.

ROSÁRIO, J. M. **Princípios de mecatrônica**. 1. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

SILVA, J.A.R.O. **Acidente do trabalho**. 3 ed. São Paulo: LTr, 2014.

SILVEIRA, P. R. **Automação e controlediscreto**. São Paulo: Érica, 2004.

SILVEIRA, C. B. 2016. **Sete benefícios conquistados através da automação industrial**. Disponível em <<https://www.citisystems.com.br/sete-beneficios-automacao-indus-trial/>> Acesso em 22 Set. 2018.

V8BRASIL. 2015. **Máquina de solda MMA (eletrodo), MIG ou TIG: qual escolher?** Disponível em <<https://v8brasil.com.br/blog/maquina-de-solda-mma-mig-tig-qual-escolher/>> Acesso em 14 Out. 2018.

VASCO, P.S. 2016. **O Brasil gasta R\$ 10 bilhões por ano em acidentes de trabalho.** Disponível <<https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2016/04/28/o-brasil-gasta-r-10-bilhoes-por-ano-em-acidentes-de-trabalho-diz-especialista>> Acesso 15 Out. 2018.

VIEIRA, V.I. **Os acidentes do trabalho na Nova NR-12.** 3 ed. São Paulo: LTr, 2015.