



**João Antônio Widz**

**IMPLANTAÇÃO DE PROCESSO DE SOLDAGEM ROBOTIZADO  
EM UM CONJUNTO DE PEÇAS**

**Horizontina-RS**

**2018**

**João Antônio Widz**

**IMPLANTAÇÃO DE PROCESSO DE SOLDAGEM ROBOTIZADO  
EM UM CONJUNTO DE PEÇAS**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Mecânica na Faculdade Horizontina, sob orientação da professora Me. Francine Centenaro

**Horizontina-RS**

**2018**

**FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA  
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o trabalho final de  
curso**

**“IMPLANTAÇÃO DE PROCESSO DE SOLDAGEM  
ROBOTIZADO EM UM CONJUNTO DE PEÇAS”**

**Elaborada por:  
João Antônio Widz**

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em  
Engenharia Mecânica

Aprovado em:  
Pela Comissão Examinadora

---

  
Ma. Francine Centenaro

Presidente da Comissão Examinadora - Orientador

---

  
Me. Eloi Fernandes

FAHOR – Faculdade Horizontina

---

  
Me. Marcelo André Losekann

FAHOR – Faculdade Horizontina

**Horizontina - RS**

**2018**

## Dedicatória

Dedico este trabalho à meus pais Jorge Widz e Nelci M. Widz pelo grande apoio dado durante esta árdua jornada e também a meus irmãos Laércio Widz e Luciano Widz que sempre estiveram comigo e a minha noiva Camila M. Borges que me manteve firme durante todo o tempo.

## AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus por esta oportunidade e por ter me guardado por todo este tempo.

Agradeço a meus pais por estarem sempre me motivando e incentivando, aos meus irmãos pelos quais me espelhei e a minha noiva por todo o apoio, atenção.

Agradeço a minha orientadora Francine Centenaro, Me. pelos conhecimentos, dedicação e apoio dado.

“O campo da derrota não está povoado de fracassos, mas de homens que tombaram antes de vencer.”

(Abraham Lincoln)

## RESUMO

Há alguns anos já vem sendo falado em empresas do futuro, estas tem como foco principal a automação de seus processos, reduzindo perdas e desperdícios, aumentando a produtividade. Um desses processos é a soldagem, pois a mesma tem um grande uso nas indústrias e está constantemente evoluindo, e este é um método onde a automação tem espaço para se desenvolver, pelo motivo da solda robotizada ser superior a soldagem manual em alguns aspectos como a produtividade e agilidade. Este trabalho tem a finalidade de demonstrar a efetividade da implantação de processo de soldagem robotizado em um conjunto de peças. O objetivo deste estudo é analisar o atual processo, que consiste na soldagem manual do conjunto de peças, coletando dados, analisando o conjunto de peças em estudo bem como o seu desenho e ainda constatar as dificuldades e a partir destas informações desenvolver um novo processo de soldagem com menos etapas. Para o novo processo será projetado e fabricado um novo dispositivo de solda compatível com o robô e desenvolvido o programa de solda. Assim fazer uma análise do novo processo implantado para demonstrar os dados sobre a produtividade, perdas, redução dos defeitos. Conclui-se que a proposta atingiu os objetivos e ainda eliminou etapas que não agregavam valor ao produto e também bem a redução do tempo médio de produção em 15.9 minutos que é equivalente a 72%.

**Palavras-chave:** Soldagem. Automação. Implantação solda robotizada.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Processo de soldagem a gás.....	15
Figura 2 - Soldador utilizando o método de soldagem com eletrodo revestido .	15
Figura 3 - Processo de soldagem TIG.....	16
Figura 4 - Processo de soldagem MIG/MAG.....	17
Figura 5 - Distorção de soldagem .....	20
Figura 6 - Cordão de solda com porosidade .....	21
Figura 7 - Célula de soldagem .....	22
Figura 8 - Dispositivo de solda .....	24
Figura 9 - Fluxo de atividades .....	30
Figura 10 - Vista lateral esquerda ampliada.....	31
Figura 11 - Vista superior .....	32
Figura 12 - Extrato de produção do mês de março de 2018 .....	33
Figura 13 - Sequência operacional do processo atual .....	34
Figura 14 - Dispositivo de solda do processo atual.....	35
Figura 15 - Vista lateral esquerda .....	36
Figura 16 - Vista superior .....	37
Figura 17 - Vista detalhada .....	37
Figura 18 - Vista 4.....	38
Figura 19 - Dispositivo de solda do novo processo (com peça) .....	38
Figura 20 - Dispositivo de solda do novo processo (sem peça).....	39
Figura 21 - Sequência do processo de manufatura dos componentes do dispositivo de soldagem .....	39
Figura 22 - Sequência de montagem e validação do dispositivo.....	40
Figura 23 - Início do programa .....	41
Figura 24 - Final do programa .....	41
Figura 25 - Dispositivo de solda para robô.....	42
Figura 26 - Dispositivo de solda para robô.....	42
Figura 27 - Sequência operacional do novo processo .....	43
Figura 28 - Tempo de produção do novo processo.....	44

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>10</b>
1.1	TEMA	11
1.2	DELIMITAÇÃO DO TEMA	11
1.3	PROBLEMA DE PESQUISA	11
1.4	HIPÓTESES	12
1.5	JUSTIFICATIVA	12
1.6	OBJETIVOS	13
1.6.1	Objetivo geral	13
1.6.2	Objetivos específicos	13
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>14</b>
2.1	PROCESSO DE SOLDAGEM	14
2.2	MÉTODOS DE SOLDAGEM	14
2.2.1	Processo de soldagem á gás	14
2.2.2	Processo de soldagem com eletrodo revestido	15
2.2.3	Processo de soldagem TIG	16
2.2.4	Processo de soldagem Mag	17
2.3	SEGURANÇA NA SOLDAGEM	18
2.4	DEFEITOS NA SOLDAGEM	19
2.4.1	Deformações	19
2.4.2	Distorções	20
2.4.3	Porosidade	20
2.4.4	Tensões	21
2.5	ROBÔ INDUSTRIAL	22
2.6	DISPOSITIVO DE SOLDA	23
2.7	TEMPO DE PREPARAÇÃO ( <i>setup time</i> )	24
2.8	PRODUTIVIDADE	25
2.9	PERDAS E DESPERDÍCIOS	25
2.10	AUTOMAÇÃO	26
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>28</b>
3.1	MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS	29
3.2	RECURSOS NECESSÁRIOS	30
<b>4</b>	<b>APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS</b>	<b>31</b>
4.1	DADOS SOBRE O PROCESSO ATUAL	31
4.2	IMPLANTAÇÃO DO PROCESSO DE SOLDAGEM ROBOTIZADO	35
4.2.1	Projeto do dispositivo de solda robô	38
4.2.2	Programa para solda robotizada	40
4.2.3	Nova sequência de processo	43
	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>46</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>47</b>
	<b>APÊNDICE A - PROJETO DETALHADO DO DISPOSITIVO DE SOLDA -</b>	
	<b>1</b>	<b>50</b>
	<b>APÊNDICE B - PROJETO DETALHADO DO DISPOSITIVO DE SOLDA -</b>	
	<b>2</b>	<b>51</b>
	<b>APÊNDICE C – DESENHO ALTERADO PELO SETOR DA QUALIDADE</b>	
	<b>PARA GERAR RELATÓRIO DIMENSIONAL</b>	<b>52</b>
	<b>APÊNDICE D – DESENHO DO SUPORTE DO CAPÔ ADAPTADO</b>	
	<b>PELO SETOR DA QUALIDADE</b>	<b>53</b>

## 1 INTRODUÇÃO

No convívio do ambiente industrial percebe-se a constante busca pelo aprimoramento dos processos, acompanhado os avanços tecnológicos dos modos de produção de peças e componentes de máquinas agrícolas, de automóveis, de motocicletas, na produção de alimentos, enfim em tudo o que resulta dos processos de fabricação metalomecânico, onde a automação vem sendo cada vez mais presente em busca de um aumento na capacidade produtiva, com o menor custo possível, com o mínimo de desperdício e maior qualidade.

Os processos de soldagem estão presentes em muitos produtos que utilizamos em nosso dia a dia, como por exemplo, nos carros, bicicletas, móveis dentre outros e, como qualquer processo de produção, este meio também está se automatizando, o que vem ocorrendo há vários anos. Uma dessas automações é a soldagem feita por robôs, que agrega várias vantagens neste tipo de união de peças.

De acordo com Portal São Francisco (2018) a soldagem é o processo de união de peças por derretimento, que pode ou não utilizar um enchimento para formar uma junta. Este processo pode ser feito utilizando diferentes fontes de energia, de uma chama de gás ou arco elétrico para um laser ou ultrassom.

Segundo Portal São Francisco (2018) até os primórdios do século 20, a soldagem era feita através de um processo conhecido como soldagem forjada, que consiste em aquecer as peças a serem unidas e depois martelar até que elas se fundem. Com o avanço da eletricidade, o processo tornou-se mais fácil e rápido, e desempenhou um papel importante na cena da indústria durante a primeira e segunda guerra mundial.

O presente trabalho tem como objetivo principal melhorar o processo de soldagem de um item que é produzido em série, que consiste em um conjunto de componentes soldados atualmente de forma manual é feito manualmente. A melhoria proposta é a automação com implantação da soldagem robotizada demonstrando a vantagens e limitações deste procedimento em comparação com o processo atual.

## 1.1 TEMA

O tema proposto para este trabalho é a implantação de um processo de soldagem robotizado em um conjunto de peças que é um suporte de capô de uma máquina agrícola e tem como foco principal a melhoria deste, demonstrando os resultados obtidos.

## 1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Este trabalho consiste em apurar informações e dados e propor melhoria de processo com a implementação da solda robotizada em uma indústria metalúrgica, com o propósito de reduzir o tempo de produção, bem como o custo de produção e também aumentar a produtividade.

## 1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

O item escolhido para a realização do estudo, é um conjunto soldado utilizado como suporte do capô de uma máquina agrícola. No processo atual existem alguns problemas na produção do mesmo como: a baixa produtividade com alta demanda, dificuldade no atendimento das dimensões exigidas pelo cliente, variação dos cordões de solda, variação da transferência de calor para as peças durante a realização do processo de soldagem, que origina empenamentos, falta de cordões de solda, cordões com defeitos, oscilações de produtividade, e necessidade de verificação dimensional do conjunto após a soldagem por conta da não confiabilidade no processo, e ainda tem-se a necessidade de encaminhar o conjunto para o setor de acabamento, com a finalidade de retirar os respingos originados pela solda.

Existe um rodízio de soldadores que efetuam a soldagem deste conjunto, e como o processo é manual, isto interfere diretamente na produção do mesmo, pelo fato de que cada soldador tem uma técnica específica tanto pela aprendizagem do processo de soldagem como a experiência nesta área.

A partir dos dados citados anteriormente, questiona-se: existe a possibilidade de melhorar os aspectos de qualidade de um conjunto soldado, eliminar etapas do processo e ter ganho de produtividade alterando o processo de soldagem manual para robotizado?

## 1.4 HIPÓTESES

Tendo conhecimento sobre estes problemas decorrentes do processo de soldagem deste conjunto, a proposta deste estudo é a implantação da soldagem robotizada. Com a implantação deste novo modo de produção pode-se obter melhorias, como a uniformidade da soldagem das peças, o que significa que os cordões terão o mesmo tamanho com uma mínima diferença, dentro da tolerância, pois o robô apresenta uma variação desprezível dos parâmetros de solda durante a execução do processo. Esta uniformidade da soldagem faz com que o conjunto apresente um empenamento desconsiderável e aumenta a produtividade pois tendo necessidade o robô pode operar 24 (vinte e quatro) horas por dia.

A implantação da soldagem robotizada faz com que a presença do soldador seja necessária apenas para posicionar as peças corretamente no dispositivo, reduzindo consideravelmente a chance de erros e praticamente eliminando os defeitos deste processo neste item.

Para que o robô possa soldar a peça, o mesmo recebe uma programação para cada diferente código produzido, e, uma vez programado o robô, ele soldará uma peça igualmente a outra, diminuindo as variações existentes na soldagem manual, fazendo com que a peça apresente um empenamento menor, podendo este ser corrigido com compensação da peça pois não haverá uma variação do aquecimento, eliminando assim o processo de resfriamento, uma vez que esta etapa não agrega valor no item.

## 1.5 JUSTIFICATIVA

No atual contexto industrial as empresas estão cada vez mais competitivas e buscando ampliar seu espaço no mercado e, para isso elas devem sempre estar se atualizando em todas as áreas, buscando melhorias que facilitam as atividades de seus gestores e colaboradores. O que se percebe, é que a cada dia mais essas melhorias estão sendo direcionadas para a automatização dos processos produtivos que vão desde a produção até a estocagem dos produtos confeccionados, com o intuito principal de redução de custos e tempo de produção, de aumento de produção e a satisfação do cliente.

No caso de uma indústria metalúrgica o setor de produção, especialmente a soldagem é o ponto chave para a melhoria e a redução ao máximo, da chance de erros, o que torna-se possível com a automação deste processo. Este é o argumento que será utilizado para demonstrar as melhorias possíveis com este conceito produtivo.

Com isso busca-se demonstrar a efetividade da implantação da automação no processo de soldagem, suas aplicabilidades reais e os possíveis resultados, uma vez que tem-se que a soldagem robotizada é muito superior a soldagem manual em vários aspectos que serão demonstrados na sequência do trabalho.

## 1.6 OBJETIVOS

### 1.6.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste estudo é implementar o processo de solda robotizada num conjunto de peças.

### 1.6.2 Objetivos específicos

Para atender o objetivo geral, é necessário que sejam atingidos os objetivos específicos:

- Realizar a coleta de dados, relacionados ao tempo de produção, setup atuais e dificuldades para a montagem e soldagem manuais
- Realizar estudo sobre o processo atual com base nos dados e informações coletadas.
- Reduzir o tempo de produção em pelo menos 50%.
- Projetar e acompanhar a produção do dispositivo de solda, robotizada.
- Implantação da solda robotizada com acompanhamento da elaboração do programa do robô, bem com a soldagem do conjunto em estudo.
- Com a alteração do processo, verificar se haverá o aumento da produtividade, redução dos custos e eliminação das etapas que não agregam valor ao produto.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 PROCESSO DE SOLDAGEM

Segundo Bacarese, Marques, Modenesi (2009), no ramo industrial existem mais de 50 processos de soldagem diferentes e ainda afirmam que a soldagem é o método mais importante para unir materiais permanentemente, esta importância é confirmada pela utilização do processo de soldagem nas mais diversas atividades industriais.

Soldagem é união de materiais mediante o emprego de calor e/ou força com ou sem material de adição. Pode ser facilitada através do emprego de materiais auxiliares, por exemplo: gases de proteção, pós ou pastas de soldagem. Sendo a energia necessária para a soldagem, fornecida externamente. (Batalha, 2003).

Segundo a AWS - *American Welding Society* (1994) a soldagem é definida como uma coalescência localizada de metais ou não metais, produzida pelo aquecimento dos materiais até a temperatura de fusão, com ou sem a aplicação de pressão, com ou sem o uso de metal de adição.

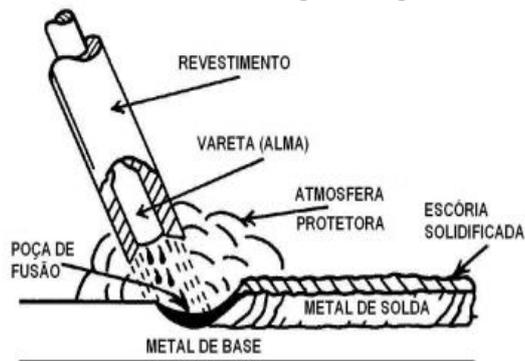
### 2.2 MÉTODOS DE SOLDAGEM

Conforme Bacarese, Marques, Modenesi (2009), existem vários métodos de soldagem que utilizam diferentes técnicas tais como: a soldagem a gás, soldagem com eletrodo revestido, TIG (*tungsten inert gas*) e a soldagem Mig/Mag que é o método utilizado para a solda do conjunto em estudo.

#### 2.2.1 Processo de soldagem a gás

A soldagem a gás consiste em um processo que une metais com o aquecimento até a fusão dos mesmos com uma chama de gás combustível e oxigênio. Uma característica importante sobre esse processo é o controle de adição de calor pois a fonte que gera esse calor é independente da alimentação do metal de adição. (Bacarese, Marques, Modenesi,2009). A Figura 1 mostra a o processo de soldagem a gás.

Figura 1 – Processo de soldagem a gás



**Fonte:** Esab, 2018

A SUMIG (2018) afirma que a soldagem Oxicomustível (também conhecida como Solda Oxiacetilênica ou Solda a Gás) é um processo de fusão de materiais metálicos que ocorre por meio de uma chama proveniente da queima de uma mistura de gases.

### 2.2.2 Processo de soldagem com eletrodo revestido

De acordo com Bacarese, Marques, Modenesi (2009), o processo de soldagem com eletrodo revestido (Figura 2), obtém a união de metais pelo aquecimento de destes com o arco elétrico gerado entre o eletrodo e os metais a serem soldados.

Figura 2 – Soldador utilizando o método de soldagem com eletrodo revestido



**Fonte:** Heavyduty, 2018

A ESAB (2018) define a soldagem com eletrodo revestido como:

A soldagem é realizada com o calor de um arco elétrico mantido entre a extremidade de um eletrodo metálico revestido e a peça de O calor produzido pelo arco funde o metal de base, a alma do eletrodo e o revestimento. Quando as gotas de metal fundido são transferidas através do arco para a poça de fusão, são protegidas da atmosfera pelos gases produzidos durante a decomposição do revestimento. A escória líquida flutua em direção à superfície da poça de fusão, onde protege o metal de solda da atmosfera durante a solidificação. Outras funções do revestimento são proporcionar estabilidade ao arco e controlar a forma do cordão de solda.(ESAB, 2018).

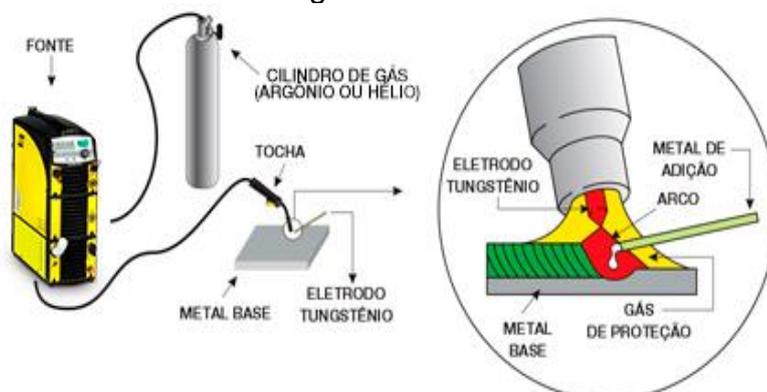
### 2.2.3 Processo de soldagem TIG

Bracarense, Marques, Modenesi (2009), afirmam que o processo de soldagem TIG (Figura 3), é o método de união de peças metálicas através da geração do arco elétrico entre o eletrodo de tungstênio não consumível e as peças a serem unidas, a poça de fusão é protegida por gases inertes.

A ESAB (2018) define soldagem TIG como :

Soldagem TIG (Tungsten Inert Gas) ou GTAW (Gas-Shielded Tungsten Arc Welding) é um processo que utiliza um eletrodo sólido de tungstênio não consumível. O eletrodo, o arco e a área em volta da poça de fusão da solda são protegidos por uma atmosfera protetora de gás inerte. Se um metal de enchimento é necessário, ele é adicionado no limite da poça de fusão. A soldagem TIG produz uma solda limpa e de alta qualidade. Como não é gerada escória, a chance de inclusão da mesma no metal de solda é eliminada, e a solda não necessita de limpeza no final do processo. (ESAB, 2018).

Figura 3 – Processo de soldagem TIG



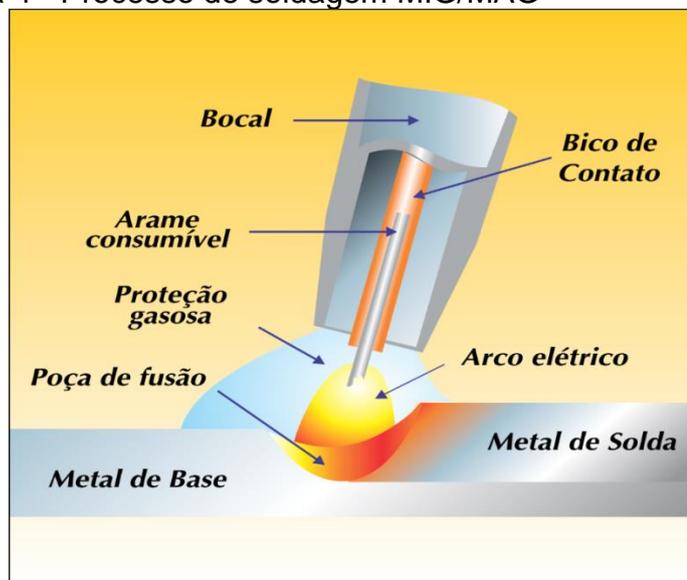
Fonte: Esab, 2018

## 2.2.4 Processo de soldagem Mag

O conceito básico de GMAW (*GAS METAL ARC WELDING*) foi introduzido nos anos de 1920, e tornado comercialmente viável após 1948. Inicialmente foi empregado com um gás de proteção inerte na soldagem do alumínio. Consequentemente, o termo soldagem MIG (*METAL INERT GAS*) foi inicialmente aplicado e ainda é uma referência ao processo, de acordo com a Figura 4. (ESAB, 2005).

Desenvolvimentos subsequentes acrescentaram atividades com baixas densidades com corrente contínuas pulsadas, tendo emprego em uma ampla gama de materiais, e o uso de gases de proteção reativos ou ativos (particularmente o dióxido de carbono,  $CO_2$ ) e misturas de gases. Esse desenvolvimento posterior levou à aceitação formal do termo GMAW – Gás Metal Arc Welding para o processo, visto que tanto gases inertes quanto reativos são empregados. No entanto, quando se empregam gases reativos, é muito comum usar o termo soldagem MAG (*METAL ACTIVE GÁS*). (ESAB, 2005).

Figura 4 - Processo de soldagem MIG/MAG



Fonte: CASTOLIN EUTECTIC, 2018

Conforme Bracarense, Marques, Modenesi (2009), no processo de soldagem MIG/MAG, (Figura 2), tem vários pontos positivos como: alta taxa de deposição, grande versatilidade quanto ao tipo de material e espessuras aplicáveis, não existindo fluxos de soldagem.

De acordo com Messler (1999), no processo MAG é utilizado gás de proteção, e este gás tem duas funções. Primeira função é proteger o arco e a peça de fusão. Segundo, fornece as características desejadas do arco através de seu efeito na ionização. Uma variedade de gases pode ser usada, dependendo da reatividade do metal que está sendo soldado, do projeto da junta e das características específicas do arco que são desejadas.

Nos processos MAG utilizam-se gases ativos que obrigatoriamente devem conter um percentual de oxigênio ou gás carbônico. Os gases de proteção, usados na solda MAG, decompõem-se na presença do arco elétrico, isso faz com que reações entre os produtos da decomposição do gás e os metais presentes na solda reajam entre si. A decomposição do gás e as reações ocorridas entre eles e os metais fazem esses gases serem denominados ativos, enquanto os gases que não se decompõem e não reagem com os metais são denominados inertes. (Silva, Pereira, 2014).

Segundo Bracarense, Marques, Modenesi (2009), a soldagem que utiliza gás ativo é o processo de solda MAG, este é um método que tem como finalidade unir peças metálicas por aquecimento por um arco elétrico estabelecido entre um eletrodo metálico nu, consúmível, e as peças a serem soldadas.

### 2.3 SEGURANÇA NA SOLDAGEM

Conforme Bracarense, Marques, Modenesi (2009), no processo de solda existem alguns riscos, como, manuseio de materiais com temperaturas elevadas, exposição a quantidades altas de luz e outras formas de radiação, e a respingos originados da fusão dos materiais que são partículas metálicas incandescentes que são projetadas divergentemente.

Os soldadores estão expostos aos riscos citados acima e necessitam de vestimentas adequadas e equipamentos de proteção individual (EPI), como aventais, luvas, mangas, perneiras de couro, sapatos de segurança, capacete

de proteção, óculos de segurança e ombreiras de couro, estes devem proteger o corpo do soldador para evitar queimaduras e outras lesões e ainda proporcionar liberdade de movimentos ao soldador. (Bracarense, Marques, Modenesi, 2009).

Conforme Santos (2015), no processo de soldagem existe os riscos com a alta temperatura, radiação ultravioleta, radiação infravermelho, respingos produzidos durante a soldagem, fumos, que são perigos constantes para o soldador e pessoas que estão próximas da área de soldagem. E ainda o autor recomenda a norma ANSI Z 49.1 – Segurança em Soldagem e Corte.

O ruído é um dos riscos que está presente no processo de soldagem e segundo Machado (1996), o excesso de ruído pode ocasionar surdez permanente ou temporária, além de causar cansaço o que gera redução da concentração e eficiência do soldador e a melhor solução não é apenas o uso de protetores mas diminuir a origem do ruído.

Algumas medidas de segurança contra incêndios e explosões são necessárias. Segundo Santos (2015) deve-se ter fácil acesso a materiais que extingam incêndio. Antes de iniciar o processo de solda é de recomendação que se remova materiais inflamáveis, como combustíveis, óleos, papéis, tintas, entre outros. Em casos onde estes materiais não podem ser removidos os mesmos deverão ser cobertos ou colocados em separadores de compensado naval ou chapa metálica.

## 2.4 DEFEITOS NA SOLDAGEM

Santos (2015) afirma que defeito é um conjunto de discontinuidades, e tendo ultrapassado o limite imposto por um projeto ou código, o cordão de solda deverá ser refeito ou a região soldada ficará com problema. Na soldagem é praticamente impossível de produzir cordões sem defeitos ou discontinuidades, e para isso são utilizadas normas como ASME ou AWS, para que as condições permitidas sejam verificadas.

### 2.4.1 Deformações

As deformações um dos diversos defeitos que existem na soldagem, esta é definida como:

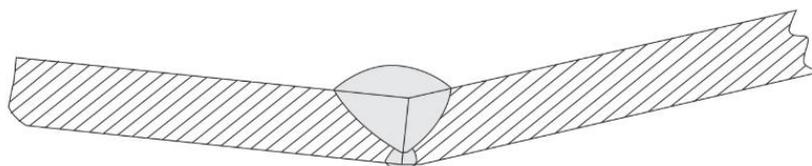
Como se sabe uma peça metálica dilata ou contrai quando a sua temperatura aumenta ou diminui. As deformações de origem térmica originadas poderão ser expressas em termos das dimensões das peças à temperatura ambiente. Se as deformações forem permanentes e o metal for livre de se movimentar, ocorrerão empenos e distorções, mas caso o movimento seja restringido ocorrerão tensões residuais. (BRANCO,FERNANDES,CASTRO,1999,p.572).

Segundo Bracarense, Marques, Modenesi (2009), a deformação é originada quando a região aquecida encontra dificuldades de se dilatar pelo fato das partes adjacentes a áreas aquecida ter a temperatura menor.

#### 2.4.2 Distorções

Distorções são mudanças na forma da peça depois da mesma ter passado pelo processo de soldagem, que tem como principal responsável a adição de calor. Conforme é mostrado na Figura 5, e se não forem tomados cuidados importantes, a distorção nas peças pode ter um custo de retrabalho e desnecessário para a empresa.(Santos, 2015).

Figura 5 – Distorção de soldagem



**Fonte:** Adaptado de Santos (2015)

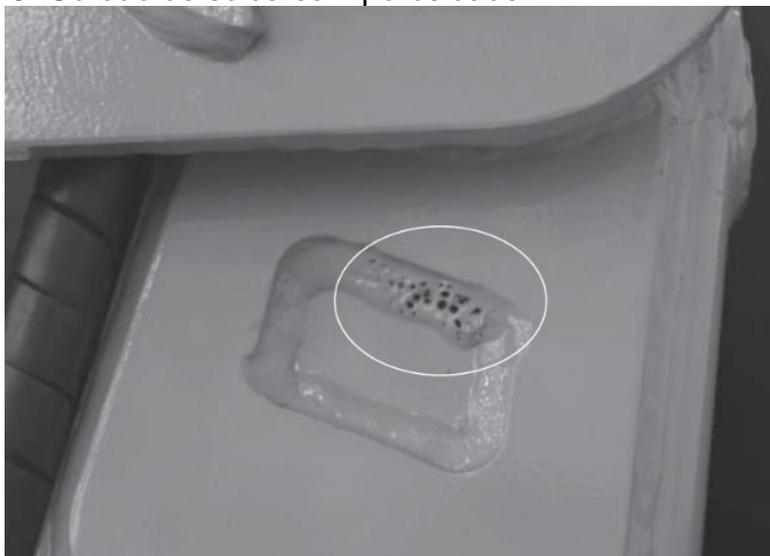
De acordo com Bracarense, Marques, Modenesi (2009), distorção são desvios permanentes de forma ou dimensões originadas das deformações plásticas que ocorrem devidos às tensões transientes desenvolvidas durante o processo de soldagem

#### 2.4.3 Porosidade

Conforme Santos (2015) a porosidade (Figura 6) é gerada pela formação de gases e que por algum parâmetro ou método incorreto ficam presos no cordão de solda. A porosidade pode ocorrer também quando existem agentes contaminantes que vencem a barreira do gás de proteção e ficam presos no

cordão de solda. Normalmente os poros tem formato esférico e em alguns caso tem o formato alongado.

Figura 6- Cordão de solda com porosidade



**Fonte:** Santos, (2015)

Modenesi (2001), define soldagem como:

Porosidade é formada pela evolução de gases, na parte posterior da poça de fusão, durante a solidificação da solda. Os poros têm usualmente um formato esférico, embora poros alongados (porosidade vermiforme) possam ser formados, em geral, associados com o hidrogênio.

#### 2.4.4 Tensões

De acordo com Branco, Fernandes, Castro, (1999), as tensões residuais criadas em juntas soldadas são originadas a partir de deformações inelásticas formadas pelo do efeito do ciclo térmico da soldagem. O processo de soldagem por fusão utiliza uma fonte de calor localizada, que geralmente é um arco elétrico, que produzindo temperaturas elevadas, dá lugar ao acontecimento de de gradientes térmicos importantes na zona da junta soldada. A partir do aquecimento durante a soldagem e resfriamento pós soldagem, ocorrem dilatações e contrações que por consequência das temperaturas geram campos de tensões e deformações complexas.

Bracarense, Marques, Modenesi (2009), definem tensões como:

Tensões residuais são aquelas que permanecem na peça quando todas as solicitações externas são removidas. Essas tensões podem aparecer em materiais submetidos a diferentes processamentos térmicos ou mecânicos (fundição, soldagem, laminação, forjamento, usinagem, tempêra etc.).

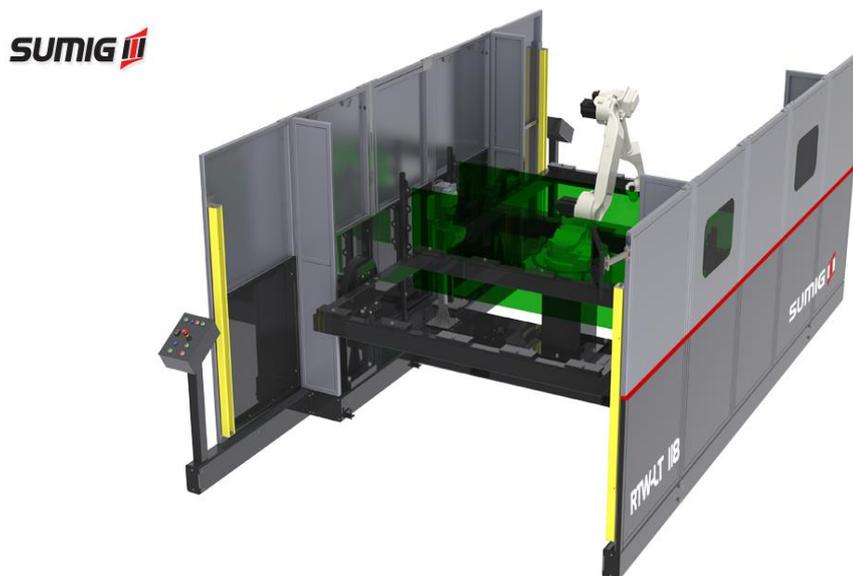
## 2.5 ROBÔ INDUSTRIAL

Infosolda Portal Brasileiro de soldagem define robô de solda como:

A palavra robótica é oriunda do idioma tcheco e na sua tradução mais simples quer dizer trabalho forçado; foi utilizada pela primeira vez em 1954 por Isaac Asimov, em um livro de ficção científica, embora o termo genérico "robot" tenha sido empregado antes, em 1917, por Karen Capek, em associação à figura de um humanoide.

Segundo a Infosolda (2018) soldagem industrial com o uso de robôs teve início na década de 60 na indústria automobilística onde as suas funções ainda eram bastante específicas, a robotização teve um maior crescimento a partir da evolução da informática através de implantação de microprocessadores nestes equipamentos que passaram a conferir respostas mais rápidas as condições de soldagem, já na Europa esta automação dos processos de soldagem surgiu somente na década de 70 também na indústria automobilística. Um modelo de célula de soldagem é demonstrado pela Figura 7.

Figura 7 – Célula de soldagem



**Fonte:** SUMIG, 2018

Segundo Rivin (2018), a definição robô industrial de acordo com a RIA (robot institute of america) é um manipulador reprogramável, multifuncional, projetado para mover materiais, peças, ferramentas ou dispositivos especiais em movimentos variáveis programados para a realização de uma variedade de tarefas.

De acordo com a norma ISO-10218 (1992), robô industrial é definido com uma máquina para manipulação, com vários graus de liberdade, controlada automaticamente, reprogramável, multifuncional, que pode ter base fixa ou móvel para utilização em aplicações de automação industrial.

Um robô industrial consiste em um conjunto de braços conectados e articulados, geralmente o primeiro braço é fixado em uma base e o último é denominado de extremidade terminal onde é alocada a tocha de solda. Desta maneira o movimento dos braços e da tocha é controlado de acordo com a programação do robô. (Bracarense, Marques, Modenesi, 2009)

## 2.6 DISPOSITIVO DE SOLDA

Segundo a Usintek (2018), um dispositivo de solda tem a capacidade de diminuir o tempo de produção e ao mesmo tempo melhorar a qualidade dos componentes soldados. Para as indústrias que estão em fase de automação de seus processos produtivos, possuir um dispositivo de solda é uma das aquisições mais importantes neste período. Devido a sua importância é preciso saber exatamente qual o processo de soldagem é mais usado em determinada empresa para depois se pensar em um modelo de dispositivo de solda adequado.

De acordo com GSE Automotiva (2018) os dispositivos de solda (Figura 8) posicionam as peças geometricamente, possibilitando a soldagem com repetibilidade e respeitando o projeto. Sua ergonomia favorece os movimentos do soldador, permitindo maior rapidez e eficiência em seu trabalho.

Figura 8 – Dispositivo de solda



**Fonte:** JS INDÚSTRIA, 2018

De acordo com Rennova Ferramentaria (2018), os dispositivos para solda são equipamentos de alta qualidade e eficiência que automatizam os processos de soldagem em diversos ramos industriais. Um fabricante de dispositivos para solda de qualidade produz excelentes dispositivos, que irão posicionar as peças em linha de produção, o que possibilita que o processo de soldagem aconteça de forma ágil. Porém, o fabricante de dispositivos para solda deve considerar além da funcionalidade de seus dispositivos respeitar o produto que está sendo soldado e o projeto inicial do cliente, criando dispositivos modernos e funcionais.

## 2.7 TEMPO DE PREPARAÇÃO (*setup time*)

Conforme Mertins, Laugeni (2002) *Setup time* é o tempo de preparação de máquinas e equipamentos para determinada tarefa. Com a redução do tempo preparação tem-se menores estoques, lotes e com ciclos mais rápidos. Reduzindo o tempo de preparação e tendo um número pequeno de peças em produção o sistema de produção torna-se mais flexível as mudanças da demanda do produto.

De acordo com Antunes, Alvarez, Bortolotto, Klippel, Pellegrin (2008) *setup* é o tempo de preparação que remete a mudanças de ferramentas e dispositivos, sendo assim *setup* é o tempo das atividades de operação que ocorrem desde a última peça fabricada do lote anterior até a fabricação da primeira peça boa do lote seguinte.

## 2.8 PRODUTIVIDADE

A produtividade está ligada com o aproveitamento dos recursos no processo de produção, que se diz respeito ao quanto poder ser produzido com específica parcela de recursos. Seguindo neste pensamento a produtividade refere-se ao melhor aproveitamento dos funcionários, máquinas, da energia, dos combustíveis, entre outros recursos. (Moreira, 2006).

Para que se tenha uma boa produtividade deve-se ter um processo confiável, segundo Mertins, Laugeni (2002), confiabilidade é a probabilidade de que um sistema tem para dar a resposta esperada, o quanto menos o sistema errar ou ter uma ação irregular mais confiável é o processo.

## 2.9 PERDAS E DESPERDÍCIOS

Segundo Ohno (1997) existem 7 desperdícios que devem ser eliminados.

1. desperdício de superprodução;
2. desperdício de tempo disponível (espera);
3. desperdício em transporte;
4. desperdício do processamento em si;
5. desperdício de estoque disponível (estoque);
6. desperdício de movimento;
7. desperdício de produzir produtos defeituosos.

De acordo com Ohno (1997) a eliminação dos desperdícios citados anteriormente pode causar o aumento da eficiência de operação com uma ampla margem. Para fazê-lo, devemos produzir apenas a quantidade necessária, liberando assim a força de trabalho extra.

As perdas tem uma conexão direta com a produtividade e segundo Mertins e Laugeni (2002), para que se possa ter um aumento da produtividade, deve-se reduzir ao máximo as perdas. Os autores descrevem-as como “seis grandes perdas”, as quais estão citadas a seguir:

1. Quebras: é o que deixa de ser produzido por quebra de máquinas ou equipamentos.

2. Ajustes (*setup*): é o que não é produzido por que máquina estava em preparação.
3. Pequenas paradas/tempo ocioso: São pequenas paradas durante o processo para ajustes no processo, o que toma tempo da produção
4. Baixa velocidade: se o processo opera em baixa velocidade gera desperdício de tempo e reduz a quantidade de peças produzidas.
5. Qualidade insatisfatória: é a quantidade itens que é perdida pela baixa qualidade dos itens quando o processo já está em linha de produção.
6. Perdas por *start up*: é a quantidade de itens que é perdida pela baixa qualidade dos itens quando o processo ainda não está em linha de produção.

## 2.10 AUTOMAÇÃO

A automação está avançando em todas as áreas de produção, e é um conceito importante para se entender, Lamb (2015), define automação como:

Automação é o uso de comandos lógicos programáveis e de equipamentos meca- nizados para substituir as atividades manuais que envolvem tomadas de decisão e comandos-resposta de seres humanos. Historicamente, a mecanização – como o uso dos mecanismos de temporização para disparar a lingueta da alavanca de uma catraca – ajudou os humanos na realização de tarefas com exigências físicas. A automação, porém, vai além da mecanização, pois reduz a necessidade de requisitos sensoriais e mentais humanos, além de otimizar a produtividade. (LAMB, 2015).

A automação começou a ficar evidente em meados da década de 70, quando apareceram os primeiros robôs industriais no chão de fábrica, estes robôs consistiam em braços e garra que eram controlados por computador e tinham funções como solda, pintura elevação e montagem, inspeção e testes, (Lamb, 2015).

Para Camargo (2014) automação se refere ao processo de instalar controles automáticos em um equipamento, uma máquina ou um processo. A automação industrial surgiu como facilidade para produção em larga escala e para que os produtos produzidos tivessem o mesmo padrão de qualidade independente do tempo de produção bem como a quantidade produzida.

Lamb (2015) cita vantagens sobre a implantação da automação, algumas delas estão a seguir:

Operadores humanos com tarefas de trabalho pesadas ou monótonas podem ser substituídos.

Operadores humanos que realizam tarefas em ambientes perigosos, como aqueles com temperaturas extremas ou atmosferas radioativas e tóxicas, podem ser substituídos.

Tarefas que estão além da capacidade humana foram facilitadas. O manuseio de cargas grandes ou pesadas, a manipulação de elementos minúsculos ou as exigências para se fabricar um produto de forma muito rápida ou muito lenta são exemplos disso.

A produção com frequência é mais rápida e os custos de mão de obra são menores por produto em comparação às operações manuais equivalentes.

Os sistemas de automação conseguem incorporar facilmente inspeções e verificações a fim de reduzir o número de produtos fora de um determinado padrão de produção, permitindo o controle estatístico de processo que gerará produtos mais consistentes e uniformes.

Os sistemas de automação não ficam doentes.

### 3 METODOLOGIA

A metodologia tem relação direta com os objetivos propostos. Para Marconi e Lakatos (2010 p. 65):

O método é conjunto das atividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia, permite alcançar o objetivo – conhecimentos válidos e verdadeiros – traçando o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando as decisões dos cientistas.

Miguel, Fleury, et al., (2010), apud Thiollent, (2007), define pesquisa-ação como:

A pesquisa-ação é um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo.

A partir da definição acima este trabalho se encaixa no método de pesquisa-ação

Segundo Baldissera (2001) define pesquisa-ação como:

Uma pesquisa pode ser qualificada de pesquisa-ação quando houver realmente uma ação por parte das pessoas implicadas no processo investigativo, visto partir de um projeto de ação social ou da solução de problemas coletivos e estar centrada no agir participativo e na ideologia de ação coletiva.

Este projeto de pesquisa analisou o atual processo de produção de um conjunto de peças soldadas, onde foram coletadas informações e dados suficientes para que pudesse ser realizada uma análise geral do mesmo, e com isso possibilitou-se a realização de um novo estudo, que consiste na aplicação do processo de soldagem robotizada, tendo como base os conhecimentos adquiridos no decorrer do curso de engenharia mecânica, nos dados coletados no processo e em bibliografias, para que a implantação do novo processo de soldagem atinja os resultados esperados.

### 3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

A coleta de dados sobre o processo atual de soldagem será realizada com o auxílio do sistema de gerenciamento da empresa, a partir da verificação do relatório de produção do conjunto de peças.

O tempo de produção de cada peça será extraído do relatório do sistema de gerenciamento, porém neste período de fabricação está incluso o deslocamento do operador até o computador onde é feita a abertura e fechamento da ordem de fabricação.

Para ter as informações sobre as dificuldades de produção do conjunto, será realizado um estudo na forma do método *Brainstorming* com um grupo formado pelo encarregado do setor de soldagem, os soldadores, o encarregado da qualidade e os inspetores da qualidade.

Ainda para a implantação do processo de soldagem robotizada deverá ser realizada a análise do desenho do conjunto, dentro da qual dar-se-á atenção para as cotas críticas que o desenho da peça apresenta e também para as dimensões que o atual processo não garante. Essas informações bem como as dificuldades de execução do processo atual, relatadas no estudo servirão de base para o projeto do dispositivo de solda robô.

O projeto do dispositivo de solda (Apêndice A) será realizado em *software* de desenho, baseando-se no sólido 3D do conjunto. Após o término do projeto o mesmo será detalhado e enviado para a fabricação, onde será realizado o acompanhamento do mesmo e medição dos componentes do dispositivo.

Quando concluída esta etapa os componentes serão enviados para a ferramentaria onde serão montados e ajustados. Logo após o dispositivo devidamente ajustado, o encarregado do setor de soldagem será contatado para que o programa no robô de solda seja elaborado.

Para uma melhor compreensão da metodologia a ser seguida no desenvolvimento deste trabalho, elaborou-se um fluxo das atividades conforme apresentado na Figura 9.

Figura 9 - Fluxo de atividades



**Fonte:** Autor, 2018

E como ultima etapa o dispositivo será validado no sistema de gerenciamento da empresa.

### 3.2 RECURSOS NECESSÁRIOS

Esta parte do projeto objetiva à indicação dos recursos necessários à realização da pesquisa que podem variar de acordo com o projeto. Os recursos mais utilizados estão dispostos a seguir:

- a) Peças e componentes;
- b) Suprimentos de solda;
- c) Registros de produção;
- d) Equipamentos para registro (lápiz, canetas, etc.);
- e) Pastas para documentos;
- f) Questionários;
- g) Computador;
- h) Software de desenho.

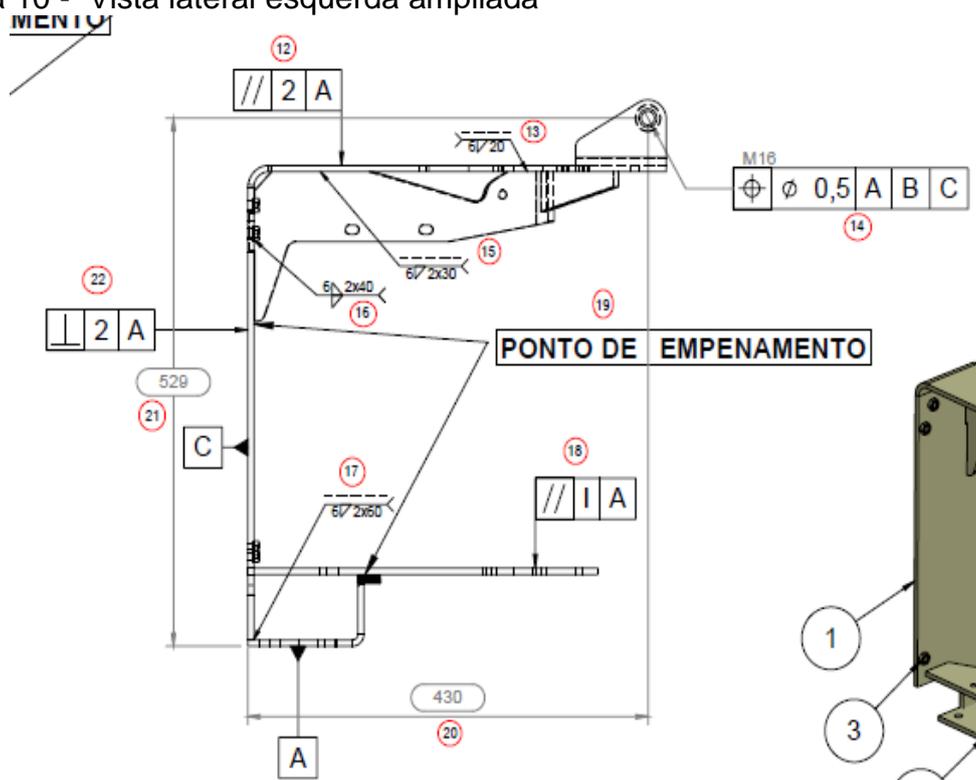
## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 4.1 DADOS SOBRE O PROCESSO ATUAL

Para começar o estudo do processo atual foi analisado o desenho do conjunto que está demonstrado no Apêndice C, este desenho foi adaptado pelo setor de qualidade para o processo de soldagem manual devido aos empenamentos.

Nesse desenho foram observados os pontos de empenamentos que era um dos pontos críticos no processo de soldagem manual, que foram identificados durante a soldagem manual do conjunto, e ainda observou-se as cotas demarcadas com os números 20, 21, que eram mais difíceis de garantir. A Figura 10 demonstra as cotas 20 e 21 em uma vista ampliada.

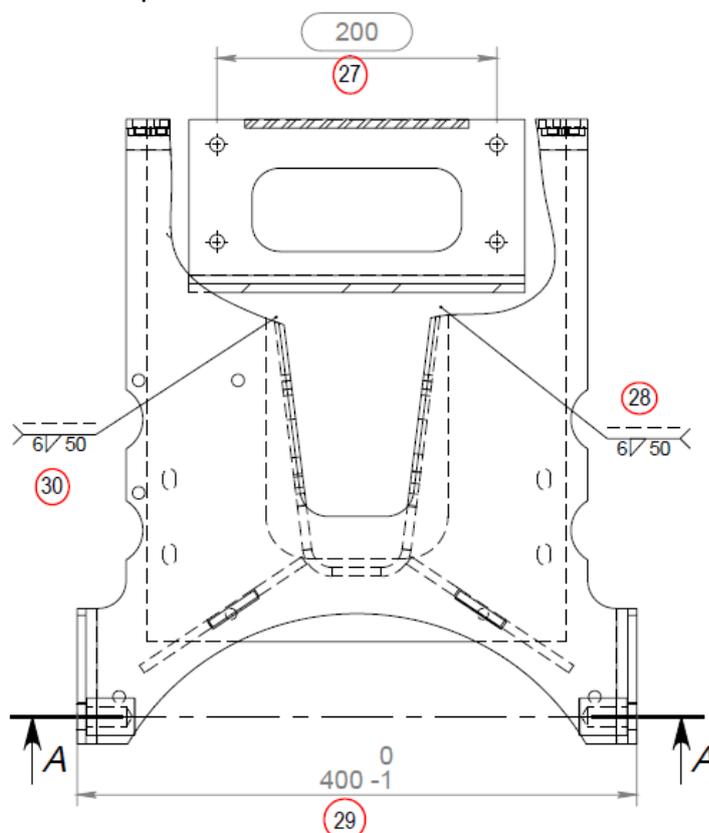
Figura 10 - Vista lateral esquerda ampliada



**Fonte:** Autor, 2018

A cota demarcada com o número 29 também apresentava dificuldade para ser garantida, a Figura 11 mostra uma a vista superior detalhada.

Figura 11 – Vista superior



**Fonte:** Autor, 2018

Com o auxílio do sistema de produção informatizado da empresa obteve-se um extrato de produção do dia primeiro ao dia trinta do mês de março de 2018 conforme o Figura 8, onde são apresentadas informações quanto ao tipo de operação realizada, data de início e fim da operação, horário inicial e final, e ainda, a quantidade de peças por pedido do cliente, recebidos nos dias primeiro, oito e quinze de março.

O tempo total de 11.616 minutos de produção apresentado no extrato do estoque considerou o tempo de produção desde a abertura da ordem de produção, montagem das peças do conjunto no dispositivo, execução da soldagem, o tempo de resfriamento e a retirada do conjunto do dispositivo até o fechamento da ordem de produção.

O tempo médio de produção por peça de 22,04 minutos apresentado no extrato do estoque (Figura 12) é resultado da soma do tempo gasto de produção dividido pela quantidade de peças produzidas.

O tempo de produção para cada peça pode variar em decorrência de intervenção do operador, pois foram contabilizados os tempos que o mesmo necessita para deslocamento até o monitor onde realiza a abertura e fechamento da ordem, tampouco as paradas para as necessidades particulares.

Figura 12 – Extrato de produção do mês de março de 2018

MARÇO		Extrato do Estoque					2018	
Código.: XXXXXXXX		Desc.: Suporte do Capô		Unid.: UN		Tipo: PF		
Data	Hora início	Operação	Entrada	Saida	Situação	Hora final	Nº Doc.	
01/03/2018	7:30:00	Solda e resfriamento	119,000	24	95	17:28:00	294294	
02/03/2018	7:30:00	Solda e resfriamento		24	71	17:28:00	294294	
05/03/2018	7:30:00	Solda e resfriamento		24	47	17:28:00	294294	
06/03/2018	7:30:00	Solda e resfriamento		24	23	17:28:00	294294	
07/03/2018	7:30:00	Solda e resfriamento		23	-1	17:28:00	294294	
08/03/2018	7:30:00	Solda e resfriamento	120,000	24	96	17:28:00	295731	
09/03/2018	7:30:00	Solda e resfriamento		24	72	17:28:00	295731	
12/03/2018	7:30:00	Solda e resfriamento		24	48	17:28:00	295731	
13/03/2018	7:30:00	Solda e resfriamento		24	24	17:28:00	295731	
14/03/2018	7:30:00	Solda e resfriamento		24	0	17:28:00	295731	
15/03/2018	7:30:00	Solda e resfriamento	240,000	24	216	17:28:00	300111	
16/03/2018	7:30:00	Solda e resfriamento		24	192	17:28:00	300111	
19/03/2018	7:30:00	Solda e resfriamento		24	168	17:28:00	300111	
20/03/2018	7:30:00	Solda e resfriamento		24	144	17:28:00	300111	
21/03/2018	7:30:00	Solda e resfriamento		24	120	17:28:00	300111	
22/03/2018	7:30:00	Solda e resfriamento		24	96	17:28:00	300111	
23/03/2018	7:30:00	Solda e resfriamento		24	72	17:28:00	300111	
26/03/2018	7:30:00	Solda e resfriamento		24	48	17:28:00	300111	
27/03/2018	7:30:00	Solda e resfriamento		24	24	17:28:00	300111	
28/03/2018	7:30:00	Solda e resfriamento		24	0	17:28:00	300111	
29/03/2018	7:30:00	Solda e resfriamento	100,000	24	76	17:28:00	300111	
30/03/2018	7:30:00	Solda e resfriamento		24	52	17:28:00	300111	
TOTAL DE PEÇAS PRODUZIDAS				527	peças			
TEMPO TOTAL				11616	minutos			
TEMPO MÉDIO DE PRODUÇÃO POR PEÇA				22,04	PEÇAS / MINUTOS			

Fonte: Autor, 2018

Outra informação obtida a partir do sistema de gerenciamento da produção informatizado da empresa foi a sequência operacional atual do item, conforme a Figura 13. Os tempos que constam neste documento são tempos padrões, que foram verificados do primeiro lote produzido como pedido de linha do conjunto soldado.

Figura 13 – Sequência operacional do processo atual

Sequência Operacional						Folha 01 de 01
Código:		Descrição:				
Oper.	Máquina	T. Op.	Inst. Insp.	Critério	Descrição da Operação	
010	GSMIG150	17,000	GS	TB Desenho	MONTAR E SOLDAR COM AUXÍLIO DE GABARITO CONFORME DESENHO	
020	GSMIG150	5,000	VIS	TB Desenho	RESFRIAR PEÇA DENTRO DO DISPOSITIVO COM ÁGUA E AR COMPRIMIDO.	
030	ACAB-10	10,000	VIS	TB Desenho	ENCAMINHAR ACABAMENTO PARA RETIRADA DE RESPINGOS	
040	CABI-100	20,000	VIS	TB Desenho	ENCAMINHAR BANHO/PINTURA	
050	EXPE-10	5,000	VIS	TB Desenho	ENCAMINHAR PARA EXPEDIÇÃO	
Total Tempo:		57,000				

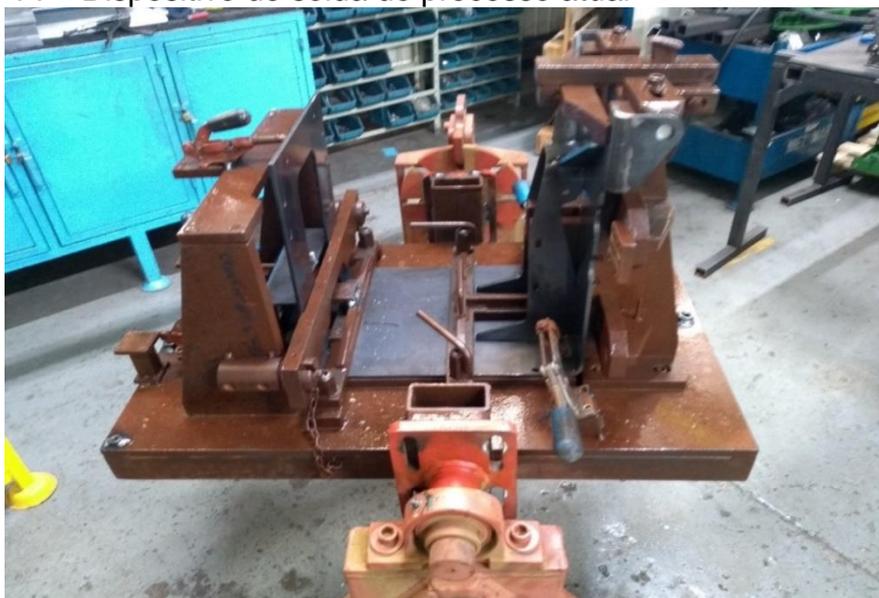
**Fonte:** Autor, 2018

A partir do estudo realizado com a equipe, foram constatadas algumas dificuldades de produção e defeitos no processo e no dispositivo de solda, que estão citados abaixo:

- Dispositivo não garantia totalmente as dimensões exigidas;
- Difícil acesso para soldagem;
- Desperdício de tempo resfriando a peça dentro do gabarito por causa da compensação dos empenamentos oriundos da soldagem;
- Medição 100% das peças produzidas;
- As peças fabricadas apresentavam muitas divergências de medidas, até mesmo cotas fora da tolerância tendo assim que ser feita a calibragem das peças.

Também foi constatado pelo estudo que o dispositivo estava em estado precário, como mostra a Figura 14.

Figura 14 – Dispositivo de solda do processo atual



**Fonte:** Autor, 2018

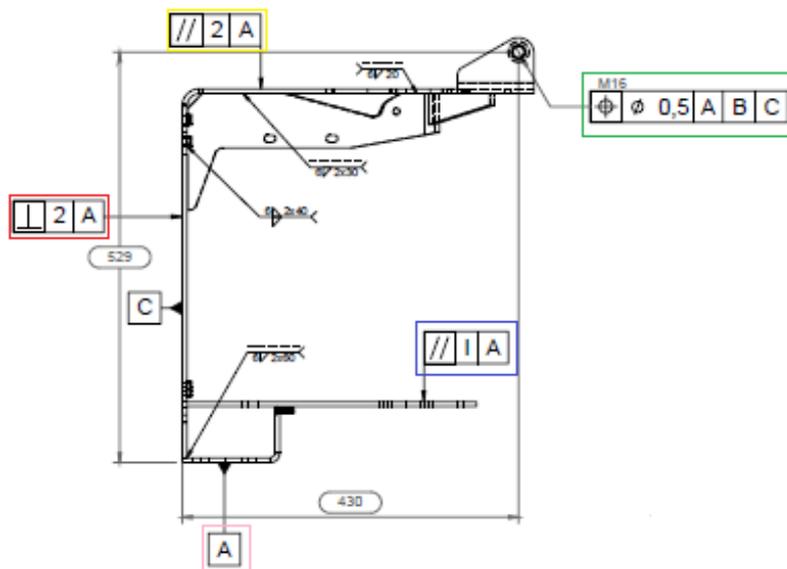
#### 4.2 IMPLANTAÇÃO DO PROCESSO DE SOLDAGEM ROBOTIZADO

Após concluído o levantamento de dados do processo manual e verificação de suas características, iniciou-se a primeira etapa da implantação do processo de solda robotizada para o item suporte do capô, de uma máquina agrícola, através da análise do desenho do conjunto estudado, constituído por seis componentes, sendo eles chapas dobradas, barra rosca, buchas roscadas e porcas. O desenho utilizado foi modificado pelo setor da qualidade para ter mais clareza das medidas, conforme mostra o Apêndice D.

A partir desta análise do desenho do conjunto, foram identificadas as cotas que são críticas para o cliente, tendo o dispositivo de solda que garantir as mesmas.

A Figura 15 demonstra a vista lateral esquerda ampliada de com cotas destacadas.

Figura 15 – Vista lateral esquerda



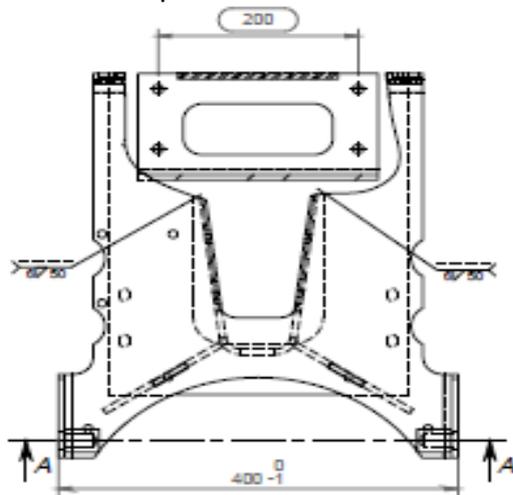
**Fonte:** Autor, 2018

As principais cotas apresentadas na Figura 12 são, cota linear de 430mm com tolerância de  $\pm 1,2$ mm, cota linear de 529mm com tolerância de  $\pm 1,2$ mm, cota de tolerância de forma (demarcada em vermelho) onde se demonstra que a face indicada não ultrapassar 2mm de perpendicularidade em relação a face indicada pela letra “A” (circulada em rosa).

Também é apresentada a cota de tolerância de forma (demarcada em amarelo), onde se demonstra que a face indicada não pode ultrapassar 2mm de paralelismo em relação a face indicada pela letra “A” (demarcada em rosa). Cota de tolerância de posição (demarcada em verde), demonstra que o furo não deve ultrapassar a tolerância geométrica de 0,5 mm, cota tolerância de forma (demarcada em azul), demonstra que a face indicada não pode ultrapassar 1mm de paralelismo em relação a face indicada pela letra “A” (demarcada em rosa). Todas as tolerâncias são especificadas de acordo com a tabela de tolerância que consta no desenho.

Em relação a Figura 16, as únicas cotas apresentadas são a cota linear de 400mm com tolerância de -1 mm de acordo com a indicação do desenho, e a cota linear de 200mm com tolerância de  $\pm 1,2$  mm de acordo com a tabela de tolerância que consta no desenho.

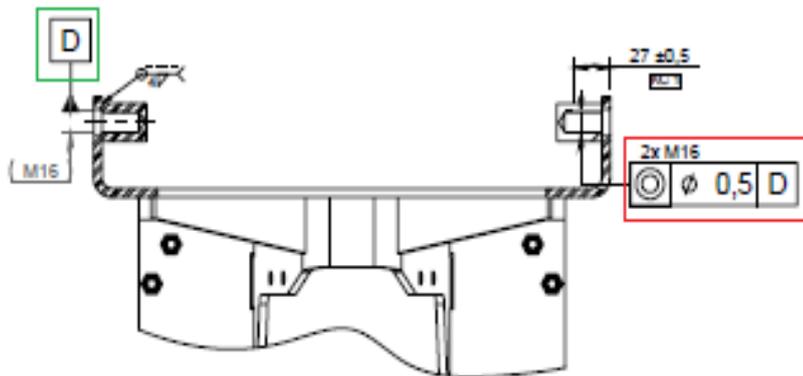
Figura 16 – Vista superior



**Fonte:** Autor, 2018

A partir da análise da Figura 17, identificou-se a cota tridimensional (demarcada em vermelho), a qual demonstra que a bucha deve estar concêntrica com a bucha indicada pela letra “D”(demarcada em verde). São indicados também aqui, os tamanhos de cordões de solda que devem ser considerados na elaboração do programa de solda

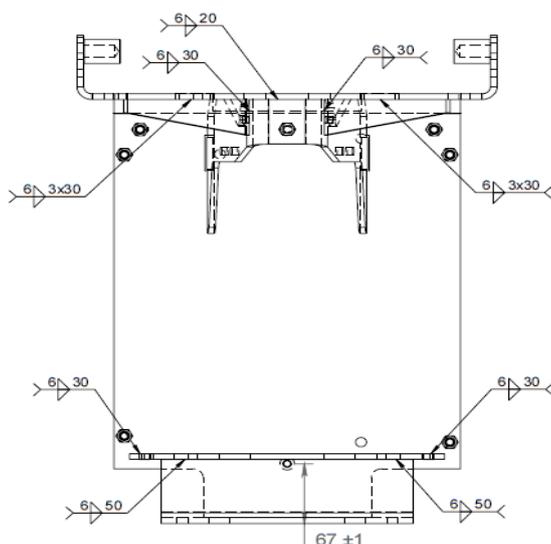
Figura 17 – Vista detalhada



**Fonte:** Autor, 2018

A Figura 18, apresenta a cota linear de 67mm com tolerância de  $\pm 1$ mm de acordo com a indicação do desenho.

Figura 18 – Vista 4



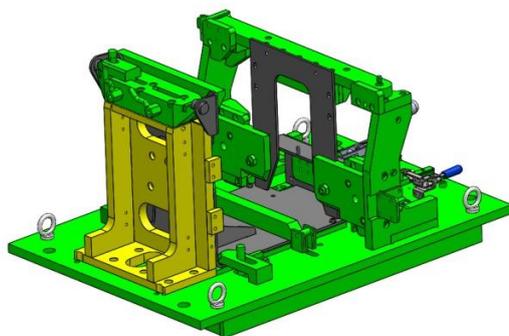
**Fonte:** Autor, 2018

Na Figura 18, também observa-se que o comprimento dos cordões de solda variam de acordo com o dimensional dos componentes.

#### 4.2.1 Projeto do dispositivo de solda robô

Após o término da análise do conjunto, iniciou-se o projeto do novo dispositivo de solda como mostram as Figuras 19 e 20. O dispositivo foi projetado com auxílio de um *software* de desenho computacional, baseando-se no sólido 3D, que foi desenhado a partir das cotas citadas anteriormente na análise do desenho e nas informações coletadas até o momento.

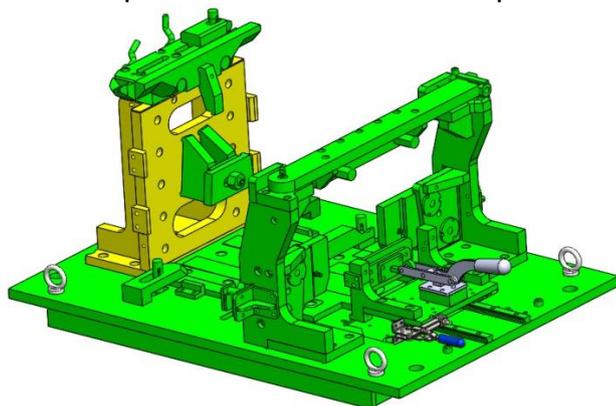
Figura 19 – Dispositivo de solda do novo processo (com peça)



**Fonte:** Autor, 2018

As peças que compõem o dispositivo foram projetadas uma a uma, simulando-as na montagem do dispositivo, verificando a possibilidade de interferências, bem como a praticidade da retirada do conjunto soldado do dispositivo.

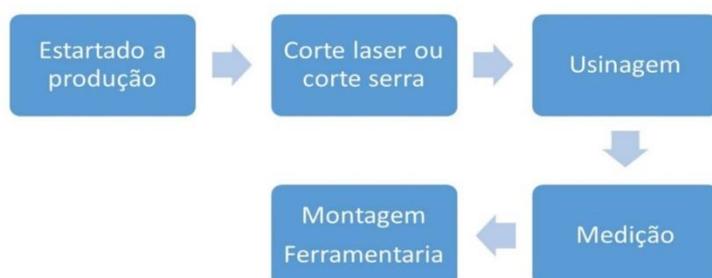
Figura 20 – Dispositivo de solda do novo processo (sem peça)



**Fonte:** Autor, 2018

Com o projeto concluído (Apêndices A e B) as peças do dispositivo foram encaminhadas para a produção. A empresa dispõe de estoque de matéria prima para os dispositivos, então a produção dos mesmos é totalmente interna e sequência de produção das mesmas se dá conforme a Figura 21.

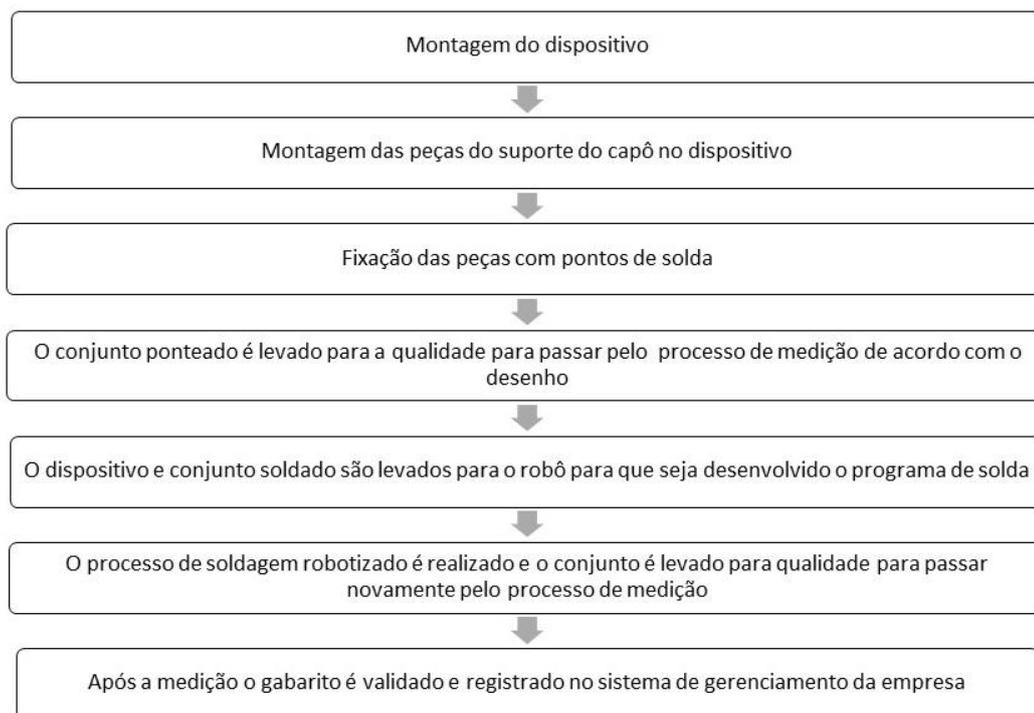
Figura 21 – Sequência do processo de manufatura dos componentes do dispositivo de soldagem



**Fonte:** Autor, 2018

Depois do processo de medição as peças foram encaminhadas para a ferramentaria, para a montagem e validação do dispositivo. A validação do dispositivo segue as etapas conforme Figura 22.

Figura 22 – Sequência de montagem e validação do dispositivo



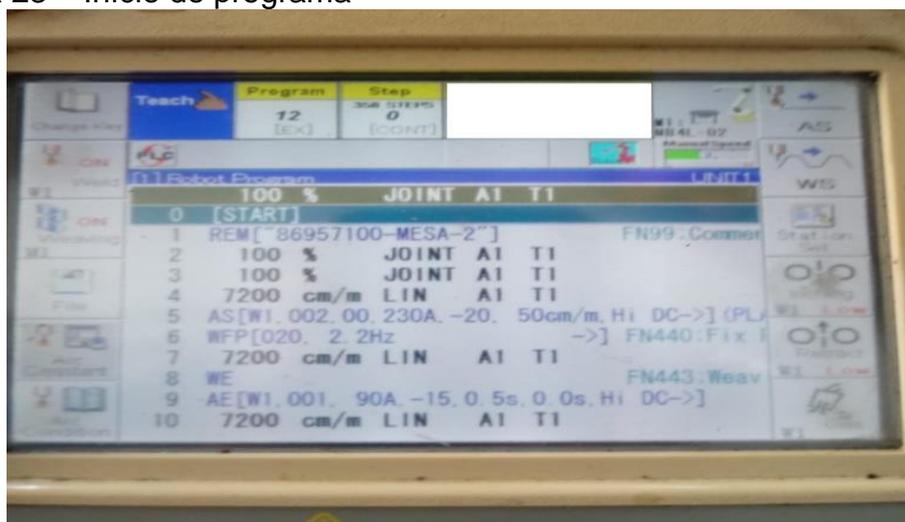
**Fonte:** Autor, 2018

#### 4.2.2 Programa para solda robotizada

Para a validação ser efetivada o programa do robô de solda também deve estar pronto. A célula de soldagem é do modelo FD11-Moducel AL c/ Giro (SUMIG), com duas mesas, sendo a dimensões delas 2000 mm de comprimento e 1000mm de largura, sendo o peso aproximado da célula de soldagem 3000 kg, e capacidade de carga de 1000 kg. Após o conjunto soldado estar ponteadado e devidamente medido o programador do robô foi contatado para efetuar o programa de soldagem.

O programa é feito diretamente no robô, pelo encarreado do setor, com o auxílio de um controle com tela onde pode ser controlado o braço de soldagem, como os parâmetros de solda. A Figura 23 mostra o início do programada no controle do robô.

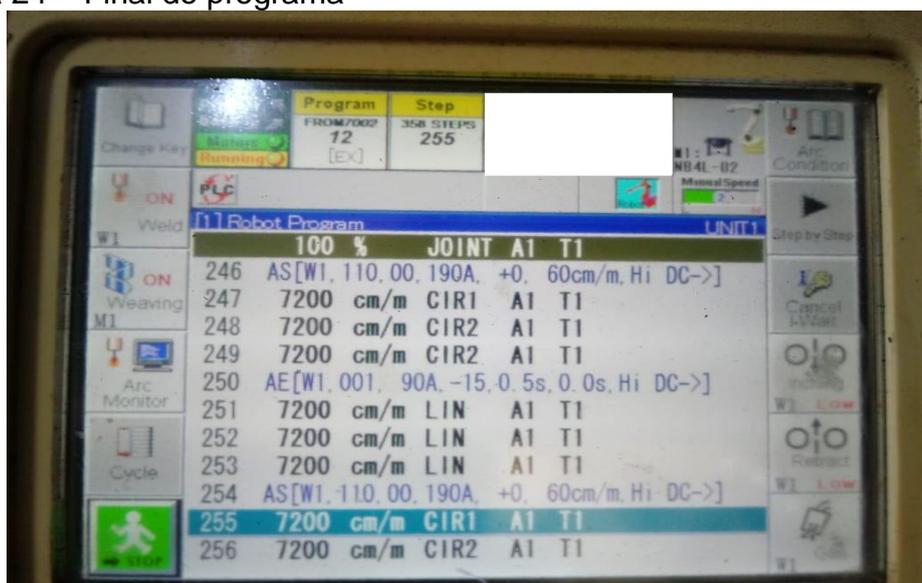
Figura 23 – Início do programa



**Fonte:** Autor, 2018

Antes que a peça seja soldada o operador do robô, deve repassar o programa, isso consiste em acompanhar manual e vagarosamente o robô pelo trajeto que foi programado. A Figura 24 mostra o final do programa no controle do robô. O programa contém um total de 256 linhas, onde é descrito o caminho a ser percorrido bem como os parâmetros de solda para cada cordão.

Figura 24 – Final do programa



**Fonte:** Autor, 2018

Nas Figuras 23 e 24 aparece um recorte em branco, que foi feito pois constava informações de direito da empresa, e foi preciso manter um sigilo.

A Figura 25 mostra a vista do dispositivo acoplado no robô de solda com o conjunto do suporte do capô.

Figura 25 – Dispositivo de solda para robô



**Fonte:** Autor, 2018

O suporte do capô de uma máquina agrícola, montado e fixo para que seja efetuada a solda é apresentado na Figura 26

Figura 26 – Dispositivo de solda para robô



**Fonte:** Autor, 2018

As peças do conjunto soldado bem como as partes móveis estão presas por grampos de fixação.

#### 4.2.3 Nova sequência de processo

Após a validação do dispositivo, também foi validado o processo total de produção da peça pois, duas etapas foram retiradas da sequência operacional, a Figura 13 citada anteriormente mostra a sequência que o processo de soldagem manual, a Figura 27 mostra a nova sequência operacional, considerando o processo robotizado.

Figura 27 - Sequência operacional do novo processo

Sequência Operacional					Folha 01 de 01
Código:		Descrição:			
Oper.	Máquina	T. Op.	Inst. Insp.	Critério	Descrição da Operação
010	SOLRO-10	6,000	GS	TB Desenho	MONTAR E SOLDAR COM AUXÍLIO DE GABARITO CONFORME DESENHO
020	CABI-100	20,000	VIS	TB Desenho	ENCAMINHAR BANHO/PINTURA
030	EXPE-10	5,000	VIS	TB Desenho	ENCAMINHAR PARA EXPEDIÇÃO
Total Tempo:		31,00			

**Fonte:** Autor, 2018

Após o novo processo definido foi retirado um extrato de produção com o auxílio do sistema de gerenciamento da empresa, como mostra a Figura 28.



monitor para abertura e fechamento de ordem e ainda as paradas para as necessidades particulares.

Com este extrato pode-se ver o tempo de produção, e comparando com o tempo de fabricação antigo, o novo processo teve uma redução por peça de 15,9 minutos, essa redução chegou a aproximadamente 72%, superando a expectativa do objetivo proposto que era redução de 50%.

## CONCLUSÃO

A partir da comparação do atual processo com os resultados gerados pela implantação, conclui-se que a soldagem robotizada mostrou-se superior a soldagem manual em vários aspectos. Esta superioridade se dá pelo motivo do robô ter movimentos programados que seguem a sequência determinada pelo programador, assim tendo uma padronização dos parâmetros de soldagem, que por consequência produz cordões mais uniformes, tendo controle do calor gerado pelo processo, e controlando a geração de calor.

Outro ponto positivo foi a eliminação da etapa de acabamento para retirada dos respingos, cuja etapa não agregava valor e foi eliminada no novo processo.

Com a implantação da soldagem robotizada, o papel do soldador ficou limitado apenas a posicionar as peças dentro do dispositivo de soldagem, diminuindo o tempo ocioso que o processo manual tinha, gerando uma maior capacidade de produção por ter o aproveitamento do tempo útil aumentado.

O processo de soldagem robotizada mostrou-se vantajoso em relação a soldagem manual, esta vantagem é comprovada pela redução de 72% do tempo de produção, que consiste em uma redução de 15,9 minutos por peça.

Este trabalho atingiu aos objetivos esperados, com vários pontos positivos, e abriu espaço para continuar aplicando este processo a outros conjuntos soldados, podendo assim gerar maior capacidade de produção na empresa, e a torna mais competitiva tendo um aumento na lucratividade.

O tema abordado por este trabalho está evoluindo constantemente, e existem vários assuntos a serem estudados. Sugere-se alguns desses assuntos citados a seguir como continuidade ao estudo de automação do processo de soldagem:

- Fazer a análise do tipo de Robô de solda que tenha maior eficiência na empresa onde será implantada esta automação;
- Avaliar a fundo a solda produzida pelo robô;
- Estudar os tipos de conjuntos que possam ser implantados na solda robotizadas, analisando acesso para soldas e modelos de dispositivo.

## REFERÊNCIAS

ANTUNES.A.; ALVAREZ.R.; BORTOLOTTI.P.; KLIPPEL. M.; PELLEGRIN, Ivan. **Sistemas de produção**: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta. Porto Alegre: Bookman, 2008.

ARALDI, Altamir A. R. **Engenharia de produção e sistemas**. Disponível em: <<http://www.ensinoeinformacao.com/sistemas-de-producao>>. Acesso em: 07 nov. 2018.

BALDISSERA. A. **Pesquisa-ação**: uma metodologia do “conhecer” e do “agir” coletivo. 2001. Disponível em: <<http://revistas.ucpel.edu.br/index.php/rsd/article/viewFile/570/510>>. Acesso em: 19 abr. 2018..

BATALHA, Gilmar F. **Processos de Fabricação**: junção, soldagem e brasagem.

BRANCO.C. M.; FERNANDES, A. A.; CASTRO,.P. M. S. T. **Fadiga de estruturas soldadas**. 2. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1999.

CAMARGO, V. L. A. **Elementos de automação**. São Paulo: Érica, Saraiva, 2014.

CASTOLIN EUTECTIC. **Processo de soldagem MIG/MAG**. 2017. Disponível em: <<http://www.eutectic.com.br/equipamentos-soldagem-mig-mag.html>>. Acesso em: 11 dez. 2018.

ESAB. **Apostila de eletrodos revestidos**. 2005. Disponível em: <[http://www.esab.com.br/br/pt/education/apostilas/upload/1901097rev1\\_apostila\\_eletrodosrevestidos\\_ok.pdf](http://www.esab.com.br/br/pt/education/apostilas/upload/1901097rev1_apostila_eletrodosrevestidos_ok.pdf)>. Acesso em: 11 dez. 2018.

ESAB. **Apostila-MIG-MAG**. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/profab/files/2016/09/ESAB-Apostila-MIG-MAG.pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2018.

ESAB. **Processo de Soldagem - TIG (GTAW)**. 2018. Disponível em: <[http://www.esab.com.br/br/pt/education/blog/processo\\_soldagem\\_tig\\_gtaw.cfm](http://www.esab.com.br/br/pt/education/blog/processo_soldagem_tig_gtaw.cfm)>. Acesso em: 11 dez. 2018.

GSE. **Máquinas e equipamentos**. 2007. Disponível em: <<http://www.gseautomotiva.com.br/maquinas-e-equipamentos/dispositivos-de-soldasautomaticos-e-semiautomaticos>>. Acesso em: 22 abr. 2018.

HEAVY DUTY. **Como é feita a soldagem por eletrodo revestido?** Disponível em: <<http://www.heavyduty.com.br/blog/como-e-feita-a-soldagem-por-eletrodo-revestido>>. Acesso em: 11 dez. 2018.

INFOSOLDA. **Soldagem robotizada Fundamentos.** Disponível em: <<http://www.infosolda.com.br/biblioteca-digital/livros-senai/fundamentos/223-soldagem-robotizada.html>>. Acesso em: 27 ago. 2018.

JS COMÉRCIO E INDÚSTRIA DE MÁQUINAS E FERRAMENTAS. **Produtos.** Disponível em: <<http://jsindustria.com.br/produtos/>>. Acesso em: 8 out. 2018.

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

MARQUES, P. V.; MODENESI, P. J.; BRACARENSE, A. Q. **Soldagem: fundamentos e tecnologia.** 3. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2009.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P.; **Administração da produção.** 6. ed. São Paulo: Saraiva, 2002.

MESSLER JR., R. W. **Principles of Welding: Processes, Physics, Chemistry, and Metallurgy.** New York: John Wiley & Sons, Inc, 1999.

MODENESI, J. P. **Soldagem 1 descontinuidades e inspeção em juntas soldas.** 2001. Disponível em: <<http://foundrygate.com/upload/artigos/Descontinuidades%20e%20Inspe%C3%A7%C3%A3o%20de%20Juntas%20Soldadas.pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações.** São Paulo: Thomson Learning, 2006.

NERIS, Manoel Messias. **Soldagem.** 2012. Disponível em: <[http://www.cpscetec.com.br/cpscetec/arquivos/apostila\\_soldagem.pdf](http://www.cpscetec.com.br/cpscetec/arquivos/apostila_soldagem.pdf)>. Acesso em: 26 set. 2018.

OLIVEIRA, Emanuelle. **Pesquisa-ação.** Disponível em: <<https://www.infoescola.com/pedagogia/pesquisa-acao/>>. Acesso em: 11 dez. 2018.

PINTO, João Bosco Guedes. **Pesquisa-Ação: detalhamento de sua sequência metodológica.** Recife: Mimeo, 1989.

PMR 2202 Introdução a Manufatura Mecânica. <[http://sites.poli.usp.br/d/pmr2202/arquivos/aulas/soldagem\\_brasagem.pdf](http://sites.poli.usp.br/d/pmr2202/arquivos/aulas/soldagem_brasagem.pdf)>. Acessado em: 18 de abril, 2018.

PORTAL SÃO FRANCISCO. **Soldagem.** Disponível em: <<https://www.portalsaofrancisco.com.br/quimica/soldagem>>. Acesso em : 31 out. 2018.

RENOVA. **Fabricante de dispositivos para solda.** Disponível em: <<https://www.renovafermentaria.com.br/fabricante-dispositivos-solda>>. Acesso em: 10 set. 2018.

SANTOS, E. F. **Processos de soldagem conceitos, equipamentos e normas de segurança.** São Paulo: Érica, 2015.

SILVA, D. F. P.; PEREIRA, M.C.S. **Integração entre robô e máquina de solda para revestimento.** Trabalho final de curso. Curitiba: UTFPR, 2014.

SOLUÇÕES CONSULTORIA. **O que é produção contínua?** Disponível em: <<http://solucoesufv.com.br/conteudo/e-producao-continua/>>. Acesso em 07 nov., 2018.

SUMIG. **Células de soldagem robotizada.** 2018. Disponível em: <<https://www.sumig.com/pt/produto/detalhe/celula-de-solda-robotizada-rtw-lt-118>>. Acesso em: 26 set. 2018.

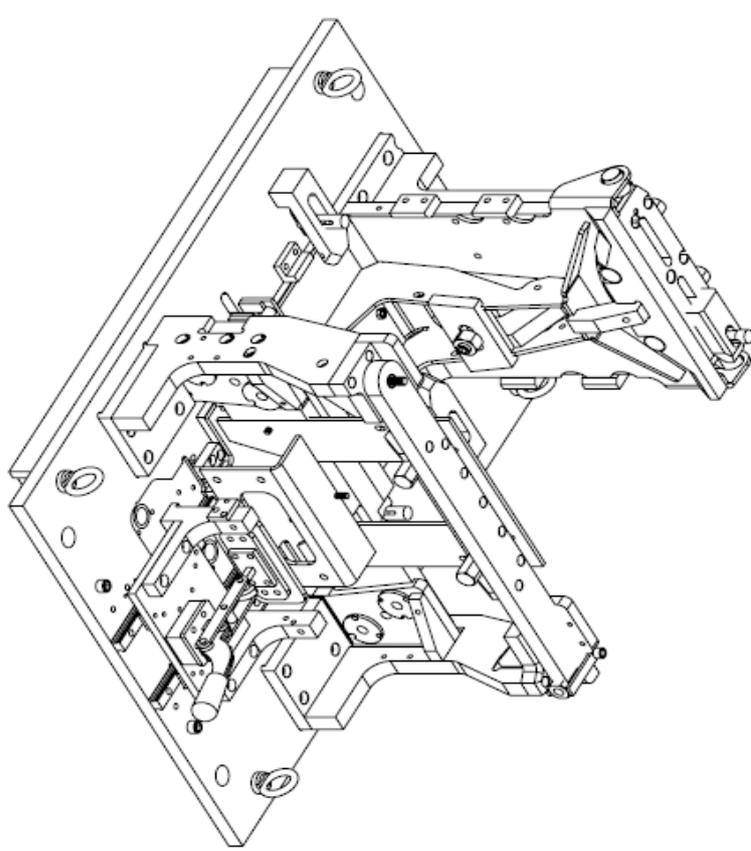
SUMIG. **Processo de Solda Oxiacetilênica.** 2017. Disponível em: <<https://www.sumig.com/pt/blog/post/processo-de-solda-oxiacetilenica>>. Acesso em: 11 dez. 2018.

USINTEK. **Dispositivo de solda.** Disponível em: <<http://www.usintek.com.br/dispositivo-solda>>. Acesso em: 10 set. 2018.

USP. **Robótica.** 2018. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3265250/mod\\_resource/content/1/Aula\\_Rob%C3%B3tica\\_2017.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3265250/mod_resource/content/1/Aula_Rob%C3%B3tica_2017.pdf)>. Acesso em: 18 abr. 2018.

YIN, Roberto K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 2. ed. Porto Alegre: Bookman. 2001.

# APÊNDICE A - PROJETO DETALHADO DO DISPOSITIVO DE SOLDA - 1

<p><b>MARKS</b></p> <p>1º Diecimo</p> <p>CODIGO: GBB9857101</p> <p>PROJETISTA: JOAO WIDZ</p> <p>DESENHISTA: JOAO WIDZ</p> <p>MATERIAL: Material &lt;não especificado&gt;</p> <p>REVISAO: 00</p> <p>QUANT: 1</p> <p>ESP: .</p> <p>RAIO: .</p> <p>ESCALA: 1:20</p> <p>FL: A4</p> <p>PREÇO: 288,72</p> <p>DATA: 13/12/2018</p>	<p><b>DISSON A DIM PARA MEDIDAS DEITOLLETAÇAO</b></p> <p>DECOMPOSICAO: ATÉ 50 100 400 1000</p> <p>INCREMENTAL: 0,10 0,20 0,50 1,00</p> <p>GRÁFICO: 2 DECIMAL 4,00</p> <p>ANGULAR: FORMADO 45° OUTROS 40°</p>	<p><b>ESTE DESENHO DE PROJETO FEITO POR OPERADOR E COLABORER IN TUTORIAO PROFISSIONAL DA EMPRESA MARKS. ELE FOI COMPARADO AO RECEPTOR IDENTIFICADO NO RECEPTOR, NÃO PREZADO SOB COMANDO, REFEITO E SEM MOSTRADO DE ENFERE A TERNOS, ESPECIALMENTE A OPERACIONE. QUER QUE REFEITO A DETRIZO TEM COMO CONSEQUENÇA AGES DARE FRASE.</b></p> <p style="text-align: center;"><b>NA DUVIDA NÃO FAÇA, PERGUNTE!</b></p>
		



# APÊNDICE C – DESENHO ALTERADO PELO SETOR DA QUALIDADE PARA GERAR RELATÓRIO DIMENSIONAL

