



**Diego Roberto Gerhardt**

**DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO DE FIXAÇÃO DE  
SOLDAGEM PARA O PISO DA CABINE DE UM PULVERIZADOR.**

**Horizontina**

**2014**

**Diego Roberto Gerhardt**

**DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO DE FIXAÇÃO DE  
SOLDAGEM PARA O PISO DA CABINE DE UM PULVERIZADOR.**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, pelo Curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Horizontina.

ORIENTADOR: Richard Thomas Lermen, Doutor.

**Horizontina**

**2014**

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

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia:**

**“Desenvolvimento de um Dispositivo de Fixação de Soldagem para o Piso da  
Cabine de um Pulverizador.”**

**Elaborada por:**

**Diego Roberto Gerhardt**

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

**Aprovado em: 30/10/2014  
Pela Comissão Examinadora**

---

**Prof. Dr. Richard Thomas Lermen  
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador**

---

**Prof. Me. Anderson Dal Molin  
FAHOR – Faculdade Horizontina**

---

**Prof. Me. Valtair de Jesus Alves  
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**Horizontina  
2014**

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais, minha esposa Marcia e minha filha Rafaela; luz da minha vida, que sempre me apoiaram, me passaram confiança e me fortaleceram nos momentos difíceis dessa longa caminhada , me ensinaram que na vida só com persistência e dedicação se obtém o sucesso.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por sempre iluminar meu caminho e me abençoar, por fazer com que mais esse sonho se torne realidade.

Agradeço a minha família que é base da minha vida, sinônimo de amor, compreensão e dedicação.

Aos professores da FAHOR que me proporcionaram todo o conhecimento.

*“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.”*

( José de Alencar )

## RESUMO

Dispositivos de fixação de soldagem são sistemas provisórios de posicionamentos de peças que visam melhorar a qualidade do produto, aumentar a produtividade e contribuir para a melhora ergonômica nos processos de soldagem. Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um dispositivo de fixação de soldagem para soldar o item Piso da Cabine de um Pulverizador, a qual é processada em uma Indústria Metalúrgica de Santa Rosa- RS. O processo de soldagem atual é feita de forma manual sem o auxílio de dispositivo de fixação de componentes, ocasionando em seu processo distorções nos componentes soldados, perda de produtividade e uma ergonomia inadequada na atividade de soldagem. Diante destes fatores procurou-se, fazer uma avaliação das necessidades e desenvolver um desenho preliminar de um dispositivo de fixação de soldagem, utilizando ferramentas como software Solidworks para elaborar Os desenhos e informações teóricas através da revisão bibliográfica. Nos métodos e técnicas buscaram-se informações detalhadas do projeto do produto através de uma análise minuciosa dos desenhos e informações diretamente no processo de soldagem, em seguida foi definido o modelo, sistema e o design do dispositivo de fixação mais adequado ao processo. Para fabricação do dispositivo, utilizaram-se processos e materiais usuais da própria empresa. Após a fabricação, foram realizados testes práticos, os quais foram executados de forma comparativa com e sem o uso do dispositivo de fixação, os testes foram divididos em três etapas: testes para verificação da qualidade do produto através de medições tridimensionais, análise dos tempos de produção a fim de verificar a produtividade e verificação ergonômica através de avaliações postural, movimentação e manuseio do trabalhador. Portanto, foi desenvolvido um dispositivo de fixação de soldagem que diminuiu a distorção, reduziu o tempo de produção das peças e melhorou a ergonomia nas atividades produtivas de soldagem do Conjunto do Piso da Cabine do Pulverizador.

**Palavras-chave:** Dispositivo de fixação, Aumento da produtividade, Distorção, Ergonomia.

## ABSTRACT

Welding fixture devices are provisional systems that place parts that aim at improving the product quality, increase productivity and help to improve ergonomics in welding processes. Taking this into consideration, this work aims at the development of a welding device for welding the item Set Soldier Stara Cabin's Floor, which is processed in Industry Mechanic, Santa Rosa- RS. The current welding process is done manually without the fixing device component help, causing distortions in the welded components process, loose of productivity and poor ergonomics in the activity welding. Due to the factors presented, it was sought to do a needs assessment and to develop a preliminary design of a welding device, using tools such as software Solidworks to design the project and also using some theoretical information through a literature review. In the methods and techniques it was sought to find detailed information about the product and also about the project trough a thorough analysis of the information and drawings directly in the welding process, then the model, the system and the device design suitable to the process were defined. For the device's production, materials and processes that usually are used in the company were used. After the device's production, some practical tests have been done, which were executed on a comparative basis with and without the device's usage, the tests were divided into three stages: tests for the product checking quality through three-dimensional measurements, analysis of production times to check productivity and ergonomic scanning through postural evaluations, worker's movement and worker's handling. Therefore, a welding device which reduced distortion, parts production time and that improved ergonomics in Pulverized Cabin's Floor welding productive activities.

**Keywords:** welding fixture, productivity, distortion, ergonomics.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Dispositivo de fixação para robô de solda.....	15
Figura 2: Dispositivos de fixação semiautomáticos .....	16
Figura 3: Dispositivo sistema modular de fixação .....	16
Figura 4: Dispositivo de fixação com cavalete giratório.....	17
Figura 5: Dispositivo de fixação móvel de bancada. ....	17
Figura 6: Cilindro pneumático e dispositivo de fixação sistema pneumático .....	18
Figura 7: Temperaturas e tensões residuais durante a soldagem.....	19
Figura 8: Distorção em função do tempo de aquecimento e resfriamento.....	20
Figura 9: Posicionamento pela pré-visualização da distorção.....	22
Figura 10: Montagem pré-tensionada de uma junta “T”. .....	23
Figura 11: Posições para manipulação de carga .....	25
Figura 12: A) Cabine do Pulverizador, B) Piso da Cabine do Pulverizador. ....	28
Figura 13: Projeto sistema de sustentação com cavalete. ....	29
Figura 14: Projeto base do dispositivo de fixação .....	30
Figura 15: Parte estrutural do dispositivo de fixação de soldagem.....	30
Figura 16: Montagem das chapas bases do dispositivo de fixação.....	31
Figura 17: Cavalete móvel e giratório .....	31
Figura 18: Montagem final do dispositivo de fixação.....	32
Figura 19: Dispositivo de fixação de soldagem desenvolvido.....	34
Figura 20: Demonstração maior desvio dimensional.....	36
Figura 21: Processo de soldagem sem auxílio do dispositivo.....	37
Figura 22: Processo de soldagem com auxílio do dispositivo.....	38
Figura 23: Avaliação ergonômica processo sem dispositivo: (A) postura, (B) manuseio e movimentação.....	39
Figura 24: Avaliação ergonômica processo com dispositivo: (A) postura, (B) manuseio e movimentação.....	40

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
1.1. JUSTIFICATIVA.....	12
1.2. OBJETIVOS.....	12
1.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>14</b>
2.1. DISPOSITIVOS DE FIXAÇÃO PARA SOLDAGEM.....	14
2.2. TENSÕES E DEFORMAÇÃO DOS MATERIAIS DEVIDO A SOLDAGEM.....	18
2.3. DISTORÇÕES NO PROCESSO DE SOLDAGEM.....	20
2.4. FATORES QUE CAUSAM A DISTORÇÃO.....	21
2.5. ERGONOMIA.....	24
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	<b>26</b>
3.1. MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS.....	26
3.2. MATERIAIS E EQUIPAMENTOS.....	27
3.2.1. DESENVOLVIMENTO DO DISPOSITIVO DE FIXAÇÃO DE SOLDAGEM.....	27
3.2.2. FABRICAÇÃO DO DISPOSITIVO DE FIXAÇÃO DE SOLDAGEM.....	30
3.3. TESTES FUNCIONAIS DO DISPOSITIVO DE FIXAÇÃO DE SOLDAGEM.....	32
3.3.1 FUNCIONAMENTO DO DISPOSITIVO DE FIXAÇÃO.....	33
<b>4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	<b>34</b>
4.1. DISPOSITIVO DE FIXAÇÃO PARA SOLDAGEM.....	34
4.2. ANÁLISES DIMENSIONAIS.....	35
4.3. ANÁLISES DE PRODUTIVIDADE.....	37
4.4. ANÁLISE ERGÔNOMICA.....	38
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	<b>41</b>
<b>6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b> .....	<b>42</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>43</b>
<b>APÊNDICE A – DESENHO 2D DO DISPOSITIVO DE FIXAÇÃO</b> .....	<b>45</b>
<b>APÊNDICE B – DEMONSTRAÇÃO DOS COMPONENTES DO DISPOSITIVO DE FIXAÇÃO</b> .....	<b>46</b>
<b>ANEXO A – PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO ( POP ), ROTEIRO DE SOLDAGEM</b> .....	<b>47</b>
<b>ANEXO B – RELATÓRIO TRIDIMENSIONAL AMOSTRA SOLDADA SEM AUXILIO DO DISPOSITIVO DE FIXAÇÃO</b> .....	<b>49</b>
<b>ANEXO C – RELATÓRIO TRIDIMENSIONAL AMOSTRA SOLDADA COM AUXILIO DO DISPOSITIVO DE FIXAÇÃO</b> .....	<b>50</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Durante o processo de soldagem, o calor gerado sobre os materiais ocasionam mudanças nas propriedades dos metais devido ao aporte de calor transmitido. Esse calor ocasiona uma grande distorção em função das tensões térmicas desenvolvidas durante o processo de soldagem, afetando diretamente na qualidade do produto, principalmente em chapas de espessuras finas ou onde há um grande depósito de solda, ocasionando uma elevada quantidade de calor nessa região, resultando uma maior distorção. O empenamento e distorção ocorrem durante e após a soldagem em seu processo de aquecimento e resfriamento. Além de impactar na estética e na qualidade das peças, o empenamento das mesmas também impacta diretamente no seu desempenho e função primária, fazendo com que os componentes não se encaixem perfeitamente na posição desejada no conjunto onde serão montados.

Para minimizar as distorções na soldagem, uma solução usual é a utilização de um dispositivo de fixação de soldagem, o qual consiste em um sistema provisório de posicionamento de peças e componentes, que permite ao soldador livrar-se de todo o trabalho de medir comprimentos, distâncias, ângulos e demais medidas das peças a serem soldadas. O uso de dispositivos de soldagem no processo simplifica de maneira, que basta fazer o posicionamento dos componentes no dispositivo, prende-las com seus sistemas de fixação e efetuar a soldagem seguindo uma sequência, pois, o dispositivo de fixação irá manter e garantir o posicionamento desejado das peças.

Diante disso, avaliou – se no processo de soldagem de uma empresa metal mecânica de Santa Rosa – RS, o processo de fabricação do item Conjunto Soldado Piso da Cabine de um Pulverizador, bem como a sequência de soldagem, métodos e forma em que o conjunto é soldado, qualidade final do item e a ergonomia do operador durante suas atividades. Esse conjunto, após soldado, é inserido no conjunto final da Cabine do Pulverizador. O processo de soldagem e montagem atual é um processo manual onde os componentes são posicionados com auxílios de grampos de aperto, esquadros e trenas, o item não possui um dispositivo de soldagem para posicionar os componentes do piso no conjunto.

## 1.1.JUSTIFICATIVA

O desenvolvimento desse dispositivo de fixação de soldagem é necessário, pois os dispositivos são responsáveis em garantir o posicionamento do conjunto de acordo com as suas tolerâncias e mantê-los assim após o processo de soldagem, não permitindo as alterações de forma dos conjuntos soldados em função das tensões térmicas geradas pelo alto calor da solda, sendo assim, o dispositivo garantirá a qualidade dimensional do conjunto. Outro fator considerado nesse processo é a questão da produtividade, pois se torna baixa devida o soldador perder muito tempo em posicionar os componentes de forma manual, e por fim, a segurança e postura ergonômica, pois a movimentação do conjunto soldado, no processo, não é o ideal para a saúde do soldador e auxiliares de solda, pois o conjunto soldado possui um fator peso considerável e o processo atual não permite uma postura ergonômica adequada.

## 1.2.OBJETIVOS

O objetivo do presente trabalho é desenvolver um dispositivo de fixação de soldagem para posicionar os componentes no Conjunto do Piso da Cabine do Pulverizador e mantê-los fixados durante a soldagem, atendendo todas as necessidades da produção como, agilidade, fácil operação, acessos às áreas de solda pelo soldador e também o acesso da tocha de soldagem, além de atender e garantir as especificações dimensionais do conjunto, melhorar a produtividade e ergonomia.

### 1.2.1 Objetivos específicos

Para atingir os objetivos deste trabalho os seguintes objetivos específicos foram delineados:

- Revisar a bibliografia para o entendimento dos conceitos e influências que a solda causa nos materiais;
- Verificar a necessidade de algum material, componente ou processo especial para a fabricação do dispositivo;
- Definir o tamanho e sistema do dispositivo de fixação considerando, o design, tamanho e complexidade do conjunto soldados do piso;
- Fazer os desenhos preliminares do dispositivo de fixação bem como seus componentes utilizando o software Solidworks, CAD, etc.
- Selecionar materiais e acessórios para a fabricação do dispositivo;
- Definir os processos para a fabricação de cada componente que constitui o dispositivo;
- Construir o dispositivo de fixação de acordo com o item a ser soldado;
- Realizar testes funcionais a fim de verificar a eficácia do dispositivo no processo produtivo;
- Comparar o processo de soldagem com e sem o dispositivo, verificando a diminuição das distorções, diminuição dos tempos de produção e a melhora ergonômica;

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

Este referencial teórico consiste em descrever a fundamentação referente a influência da solda nos materiais durante o processo de soldagem e o embasamento teórico de técnicas para a construção de um dispositivo de soldagem.

### 2.1. DISPOSITIVOS DE FIXAÇÃO PARA SOLDAGEM

Segundo Soares (2006), na montagem de conjuntos de solda é comum o uso de dispositivos de fixação dos componentes. Estes dispositivos são responsáveis em garantir o posicionamento do conjunto de acordo com as suas tolerâncias e mantê-los assim após o processo de soldagem, pois há alterações bruscas em sua forma inicial em função das tensões térmicas, geradas pelo alto calor da solda. Dependendo da aplicação, complexidade e da quantidade a ser produzido, é aconselhável desenvolver dispositivos de soldagem específico para a montagem do produto, garantindo a repetibilidade do processo e consequentemente a qualidade do produto durante a produção. Recomenda-se quanto mais complexo o conjunto de solda, mais robusto e mais tecnologia deverá ser investida no dispositivo, pois quanto maior a aplicação de solda maior será a exigência de esforço ao mesmo.

Já Gurova, Quaranta e Stefen (2006), afirmam que dispositivos de fixação de soldagem são métodos técnicos de restrições e os mesmos são utilizados com objetivo de reduzir as distorções residuais, mantendo a peça e ou componentes na posição correta, sob-restrição, minimizando a movimentação enquanto se realiza a soldagem. Esse método deve ser usado com atenção, pois o uso de dispositivos reduz as imperfeições, porém o grau de restrição da estrutura, na direção considerada, pode elevar o nível de tensões residuais e ocasionar trincas. Normalmente a restrição é total na direção longitudinal do cordão de solda.

De acordo com Corazza (2014), os dispositivos de fixação de soldagem permitem uma grande redução no tempo de produção com uma melhoria significativa na qualidade dos conjuntos soldados, os dispositivos de soldagem podem ser para bancada, com cavaletes ou para robôs. Nesses sistemas podem ser incorporados diversos níveis de automação: Fixação mecânica, fixação pneumática, sensoriamento de controle, etc.

Esses sistemas podem ser classificados da seguinte forma:

➤ Dispositivos de fixação para robôs: de acordo com a empresa Feb Robotcs e Automation (2014), os dispositivos de fixação para robô são de fácil operação, são projetados para ter um bom acesso pelo robô aos locais de solda, possuem sistemas de fixação para prendê-los junto a mesa do robô, seu tamanho varia de acordo com o tamanho da peça ou quantidade de peças que serão projetadas para o dispositivo, seus sistemas podem ser de sistemas automático, pneumático ou operação manual. A Figura 1 mostra um tipo de dispositivo para robôs de solda.

Figura 1: Dispositivo de fixação para robô de solda



**Fonte:** Feb Robotcs e Automation, 2014

➤ Dispositivos de fixação de soldagem semiautomáticos: são dispositivos de soldagem com seu mecanismo automático, ao alimentar o dispositivo com componentes através de comandos, pinos guias, apertos de fixação e encaixes, a movimentação é feita automaticamente, bem como giros de mesas, dando agilidade ao processo. (Torque Metal, 2014). A Figura 2 ilustra um dispositivo semiautomático de sistema manual.

Figura 2: Dispositivos de fixação semiautomáticos



Fonte: Torque Metal, 2014.

➤ Dispositivos de fixação sistema modular: o sistema consiste de uma mesa com furos distribuídos uniformemente, com a possibilidade de se estender lateralmente, formando uma estação de trabalho em 3D. Nos furos podem ser alocados os elementos de fixação (grampos, parafusos, etc.) e os Elementos de localização (pinos, buchas, localizadores, espaçadores). O sistema pode ainda compor com outras mesas para ir se adequando as necessidades da empresa no que tange ao tamanho e forma da peça, a Figura 3 demonstra um exemplo de dispositivo desse sistema. (Figueredo e Lorandi apud Demmeler ,2007).

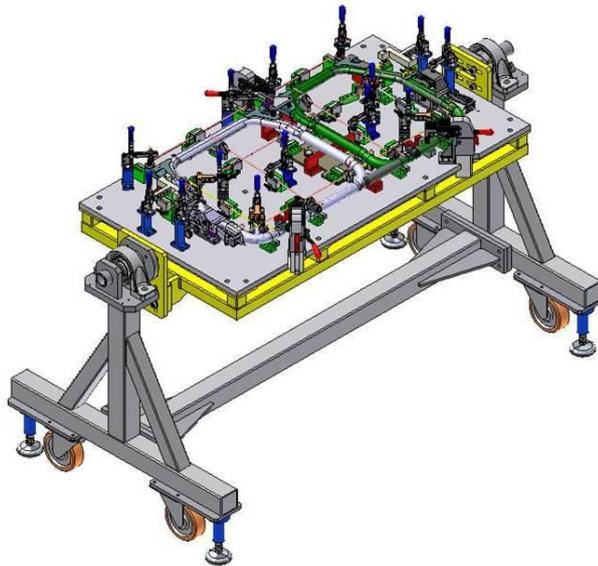
Figura 3: Dispositivo sistema modular de fixação



Fonte: Figueredo e Lorandi, 2007.

➤ Dispositivos de fixação de soldagem com cavalete giratório: esse sistema de dispositivo são indicados para peças de médio e grande porte, são dispositivos móveis com rodízios por isso pode ser movimentado, seu sistema giratório possibilita fazer a soldagem em diversas posições com grande facilidade e com pouco esforço, também podem ser incorporado no sistema a automotização. (Fluipress, 2014). A Figura 4 ilustra esse sistema.

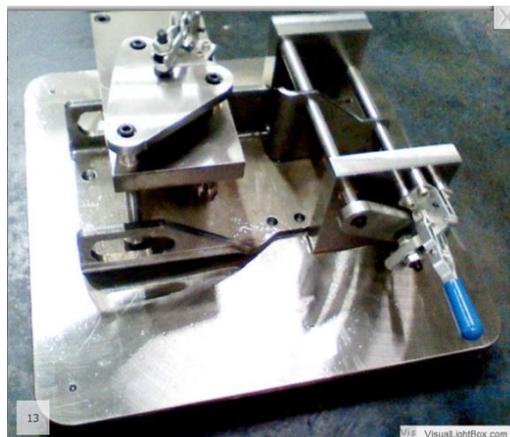
Figura 4: Dispositivo de fixação com cavalete giratório



**Fonte:** Fluipress, dispositivos de fixação para soldagem, 2009.

➤ Dispositivos de fixação para bancada = dispositivos usados em peças de pequeno porte, sua operação de soldagem são feitas geralmente em cima de uma bancada na qual o dispositivo é colocado( Movelttec, 2010). A Figura 5 demonstra um exemplo do dispositivo posicionado sobre uma mesa de bancada.

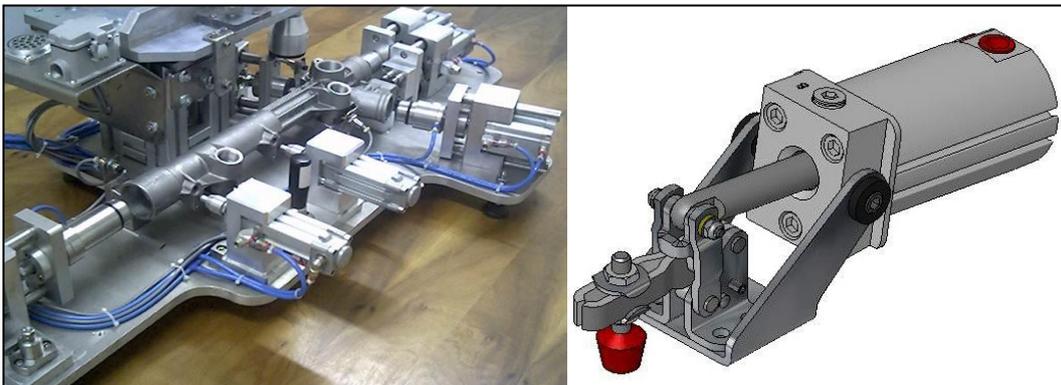
Figura 5: Dispositivo de fixação móvel de bancada.



**Fonte:** Movelttec ferramentaria,2010..

➤ Dispositivos de fixação de soldagem sistema pneumático: de acordo com Mecânica Industrial (2014), um cilindro pneumático é um tipo de dispositivo usado para gerar a força a partir da energia do gás pressurizado. Nos dispositivos de soldagem os cilindros pneumáticos, são usados para posicionar componentes na posição desejada e libera-los após a soldagem. Eles trabalham geralmente por sistemas automatizados onde por comandos os cilindros avançam e recuam durante o trabalho. A Figura 6 esboça um dispositivo com sistema pneumático e o cilindro pneumático usual em dispositivos de fixações.

Figura 6: Cilindro pneumático e dispositivo de fixação sistema pneumático



**Fonte:** Penco Automação, 2014.

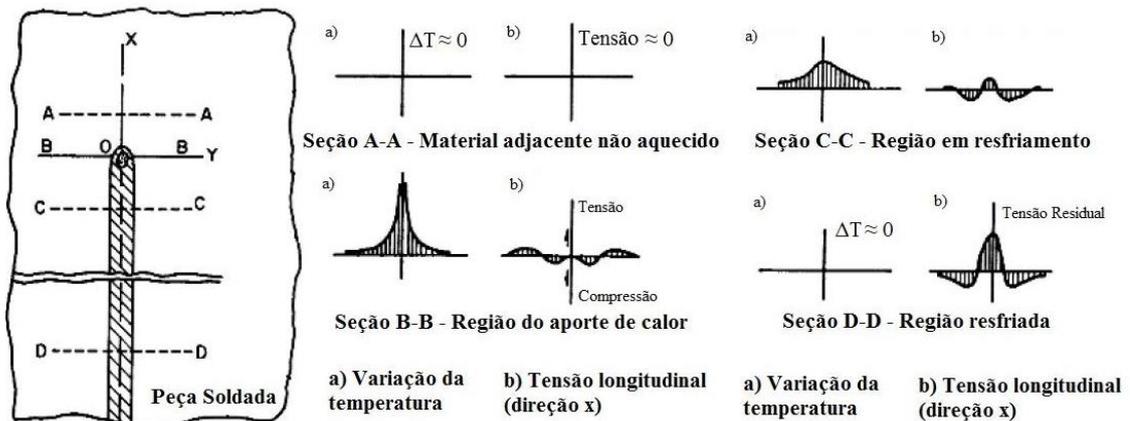
Os dispositivos de fixação para soldagem estão sendo cada vez mais, um requisito essencial para os processos de manufatura, os modelos variam de acordo com a necessidade e complexidade de cada processo, porém a função dos dispositivos são principalmente reduzir as distorções e variações dos materiais durante a soldagem.

## 2.2. TENSÕES E DEFORMAÇÃO DOS MATERIAIS DEVIDO A SOLDAGEM

Segundo Zinn e Scholtes (2002), durante a execução do processo de soldagem, os componente de soldagem apresentam uma distribuição heterogênea de temperatura, o qual associado a diferentes zonas de dilatação e contração dos materiais geram tensões residuais. Durante a fusão do material, um grande aquecimento térmico é gerado na região da junta, causando a dilatação desta área, a qual é restringida pelos materiais adjacentes que não foram aquecidos, gerando tensões compressivas próximas a zona da solda. Na etapa de resfriamento a junta

soldada também tem sua contração limitada pelo material adjacente, promovendo o surgimento de tensões trativas nesta região, como pode ser visto na Figura 7.

Figura 7: Temperaturas e tensões residuais durante a soldagem



Fonte: Adaptada de Papazoglou (1982).

Na concepção de Leggatt (2008), as tensões residuais são um grande problema para os equipamentos mecânicos em geral, pois a sua presença pode levar a falhas pela aplicação de forças inferiores às forças consideradas no projeto. As tensões residuais trativas podem atingir aproximadamente a magnitude do limite de escoamento quando as condições seguintes condições foram atendidas: existe uma restrição impedindo a contração térmica do material aquecido; a deformação devido à contração térmica da temperatura de fusão até a temperatura ambiente ou de pós-aquecimento ultrapassa o escoamento do material.

Uma das melhores formas de evitar que os materiais tenham essas tensões e deformações durante o processo de soldagem é o uso de dispositivos de soldagem, pois, o mesmo irá prender o material de forma que seja minimizado o trabalho de deformação e empenamentos gerados pelo calor da soldagem.

Segundo Okumura (1982), as deformações decorrentes do processo de soldagem diminuem a precisão dimensional e a aparência visual dos componentes soldados, além de influenciar na redução da resistência estrutural do material. A remoção dessas distorções é bastante onerosa, tanto em termos de tempo de execução da tarefa, como em mão de obra capacitada para executar esse processo.

Dessa forma é preferível adotar medidas e soluções que reduzem ou impeçam as distorções após a soldagem.

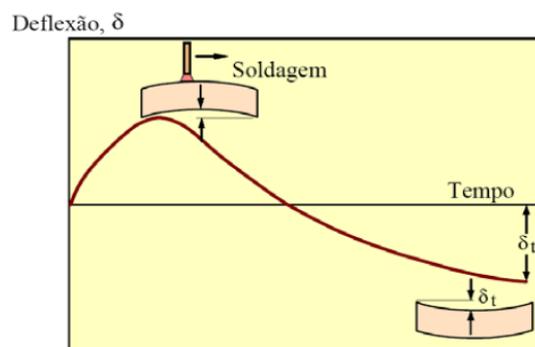
Na concepção de Modenesi (2001), há diversas medidas que podem ser empregadas a fim de reduzir a distorção em soldagem. Estas técnicas podem ser administradas em distintas fases: durante a elaboração do projeto, na qual se analisa as possíveis deformações que podem ocorrer na soldagem, durante e após a soldagem.

Entre as principais medidas que podem ser adotadas para controlar ou corrigir as distorções destacam-se: Projeto cuidadoso da peça ou estrutura; Planejamento da sequência da deposição das soldas; Projeto adequado do chanfro; Adoção de técnicas especiais para a deposição da solda; Desempeno, com ou sem aplicação de calor, da junta soldada; Remoção e correção de soldas problemáticas; Análise do projeto e verificar as possíveis melhorias e ou alterações que podem ser feitas a fim de evitar deformações; Análise do dimensionamento de solda, a fim de diminuir o número de solda e evitando ou diminuindo as tensões térmicas.

### 2.3 DISTORÇÕES NO PROCESSO DE SOLDAGEM

Segundo Modenesi (2001), a distorção é uma alteração de forma e dimensões que os componentes soldados sofrem, como resultado do movimento de material que ocorre em função das tensões térmicas desenvolvidas durante o processo de soldagem. A distorção final de um componente soldado é sempre oposta e, em geral, da mesma ordem de grandeza do movimento de material que ocorre durante a soldagem, conforme é ilustrado na Figura 8:

Figura 8: Distorção em função do tempo de aquecimento e resfriamento.



De acordo com Soares apud FBTS (2006), Fundação Brasileira de Tecnologia da Soldagem, a distorção na soldagem é o resultado da expansão e contração do metal de solda e metal base durante o ciclo térmico (aquecimento e resfriamento) do processo de soldagem. Durante o aquecimento e resfriamento, vários fatores influenciam as contrações do metal e causam a distorção, bem como alteram as propriedades físicas e mecânicas com o aporte de calor aplicado. Estas alterações afetam inclusive o fluxo e a uniformidade da distribuição de calor, sendo esta última à causa mais significativa para a deformação dos materiais durante a soldagem.

Conforme American Welding Society (AWS,1997), a soldagem ocasiona um alto aquecimento localizado dos metais a serem unidos e a distribuição de temperatura não é uniforme. De maneira geral, o metal de solda e a ZTA estão à temperatura acima do metal do metal de base não afetado. Durante o resfriamento, a poça de fusão contrai e solidifica, gerando tensões ao redor do cordão de solda e da ZTA. Se as tensões ( $\delta$ ) produzidas pela expansão térmica e contração excederem o limite de escoamento do metal base, ocorrem deformações ( $\epsilon$ ) plásticas localizadas. A deformação plástica resulta em mudanças nos componentes dimensionais e distorce a estrutura definitivamente. Se um componente for aquecido e resfriado de maneira uniforme, a distorção será minimizada.

#### 2.4. FATORES QUE CAUSAM A DISTORÇÃO

Estes fatores são estudados por vários pesquisadores para reduzir as consequências negativas do processo de soldagem, baseados no tipo de junta, procedimento de montagem e pré deformação elástica.

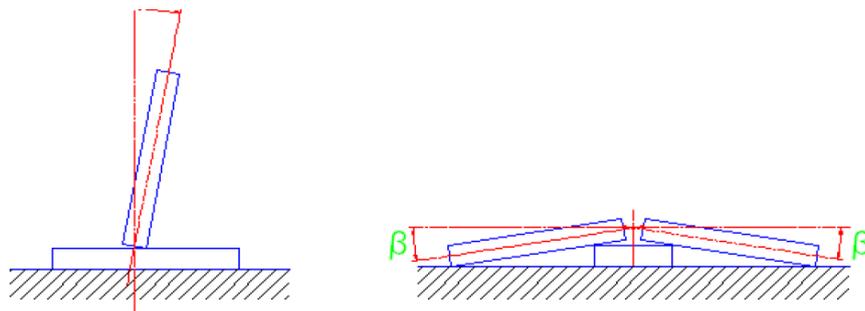
Segundo Masubuchi (1980), os fatores que afetam a distorção são:

➤ Grau de restrição – a restrição “dispositivos de soldagem” pode ser usada para minimizar a distorção. Os componentes soldados em restrição externa estão livres para deslocarem-se ou distorcerem em resposta às tensões de soldagem. É comum fixar ou restringir os componentes a serem soldados de maneira a impedir o movimento e a distorção. Esta restrição causa tensões residuais elevadas nos componentes.

➤ Projeto da junta – de acordo com Michaleris e DeBiccari (1997), ao especificar um tipo de junta, deve ser considerado o menor número de partes e o menor volume de solda possível, de maneira a reduzir a quantidade de cordões de solda, conseqüentemente, menor quantidade de calor aplicado.

➤ Procedimento de montagem – por meio da pré-visualização da distorção, pode-se utilizar na montagem a disposição das peças de forma a compensar o movimento de distorção pós-soldagem, como apresentado na Figura 9. Ou seja, uma vez que se tenha o conhecimento do tipo de distorção que pode ocorrer, o pré-posicionamento das peças de forma inversa, garante que com a soldagem, as tensões atuantes, sejam aliviadas por falta de restrições. Este método é mais prático a ser utilizado em montagens simples e pode ser melhor aproveitado em submontagens, até formar o conjunto final.

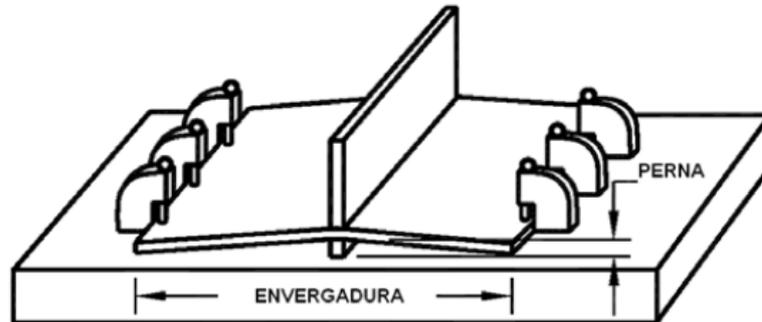
Figura 9: Posicionamento pela pré-visualização da distorção.



**Fonte:** Adaptado de Modenesi, 2001.

A montagem que utiliza dispositivos de fixação para restringir o movimento, também pode ser aplicada, porém, pode resultar em altos níveis de tensões residuais. Os fatores que causam a distorção, quando aplicados isoladamente, pode-se obter um resultado inferior ao desejado, mas quando aplicados em conjunto, este resultado tende a satisfazer, não ocorrendo distorções significativas. Por exemplo, a pré-deformação considera a condição inicial de posição da peça e a sua restrição através da fixação conforme a Figura 10.

Figura 10: Montagem pré-tensionada de uma junta “T”.



Fonte: Bohn, modificado.

➤ Procedimento de soldagem – o procedimento de soldagem influencia o grau de distorção devido ao aporte de calor produzido. O soldador tem pouco controle do aporte de calor especificado em um procedimento de soldagem, o que não impede em tentar minimizar a distorção. O dimensionamento correto da junta reduz o volume de metal de solda e o tempo necessário para preenchê-lo, minimizando o aporte de calor na junta. O excesso de metal de solda, causa a convexidade do cordão, não aumenta a resistência deste, mas aumenta as forças de contração.

➤ Propriedades do metal base – quanto à natureza dos materiais, sabe-se que metais diferentes expandem em quantidades diferentes quando aquecidos. Os coeficientes de dilatação do metal de base e do metal de solda têm uma influência importante na deformação. A deformação não ocorreria se o material tivesse coeficiente zero de dilatação, mas como isso não acontece, quanto maior o valor de coeficiente de dilatação, maior será a tendência a deformação durante a soldagem.

➤ Tensões internas – de acordo com Lucas (1998), tensões internas estão presentes nos componentes de uma estrutura mesmo antes de sua fabricação, são oriundas de diversos processos como laminação, corte e conformação.

De acordo com Soares apud FBTS (2006), o calor aplicado durante a soldagem tende a aliviar estas tensões, e a deformação final é uma combinação do somatório das tensões internas. Muitas vezes estas deformações se opõem à deformação causada pela soldagem e assim reduzem a deformação resultante, outras vezes os efeitos são exatamente o oposto. É difícil antecipar como seções conformadas reagem ao calor de soldagem, uma vez que o arranjo das tensões internas é desconhecido. Na prática é aconselhável assumir que as peças que

contenham consideráveis tensões internas possam trazer problemas no que se refere a deformação e assim aplicar medidas para controlar seus movimentos durante a soldagem.

➤ Sequência de soldagem – influência na distribuição de calor na região de solda e adjacentes. Uma vez que a interação de ambas as regiões resulta na deformação, é necessário desenvolver uma sequência adequada para controlar ou direcionar as tensões térmicas geradas pela distribuição de calor e pelas reações do metal ( contração e dilatação ) quando a elas submetido.

A sequência bem planejada envolve a deposição de material em diferentes pontos de um conjunto soldado, de forma a balancear as forças de contração de soldas já executadas e garantir a relação de produtividade e qualidade. Na determinação da sequência de soldagem, todas as observações anteriores devem ser consideradas para minimizar as deformações ou obter o efeito desejado. Soares apud FBTS (2006).

## 2.5. ERGONOMIA

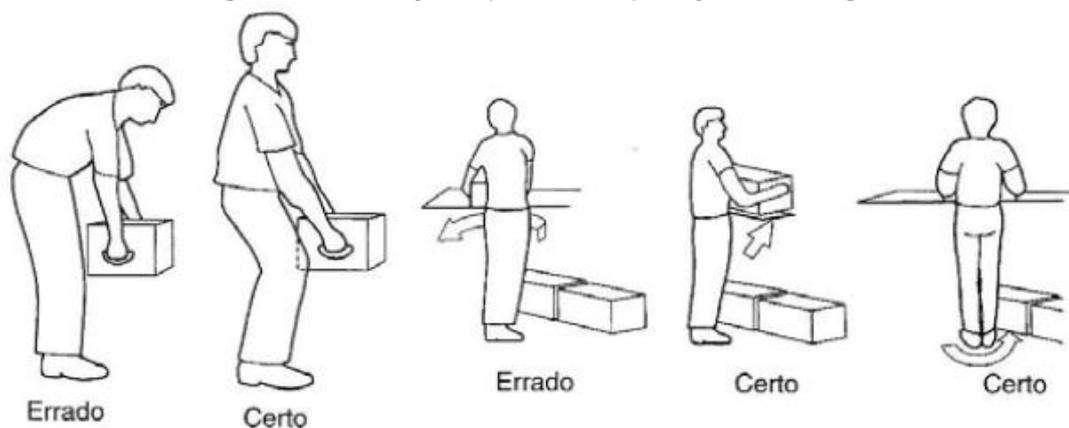
De acordo com a norma NR17, voltada a questões de ergonomia no trabalho, que visa proporcionar e estabelecer ao trabalhador condições de trabalho com o máximo de conforto, segurança e eficiência em seu desempenho, o empregador deve realizar análises ergonômicas nos locais de trabalho devendo abordar as condições trabalhistas estabelecidas na norma regulamentadora conforme as citadas abaixo.

NR17.2.2. Não deverá ser exigido nem admitido o transporte manual de cargas, por um trabalhador, cujo peso seja suscetível de comprometer sua saúde e segurança; NR17.3.2. Para trabalho manual sentado ou que tenha de ser de feito de pé, as bancadas, mesas, escrivaninhas e os painéis devem proporcionar ao trabalhador condições de boa postura, visualização e operação e devem atender aos seguintes requisitos:

- a) ter altura e características da superfície de trabalho compatíveis com o tipo de atividade, com a distância requerida dos olhos ao campo de trabalho e com a altura e com a altura do assento;
- b) ter área de trabalho de fácil alcance e visualização pelo trabalhador;
- c) ter características dimensionais que possibilitem posicionamento e movimentação adequados aos segmentos corporais. (BRASIL NR17, 2005).

A norma NR 17 afirma ainda, que o transporte e a descarga de materiais são indicados à utilização de qualquer equipamento, pois deverá ser executado de forma que o esforço físico realizado pelo trabalhador seja compatível com sua capacidade de força e não comprometa a sua saúde ou sua segurança. Na elevação de cargas pesadas, é necessário que o esforço se produza quando a coluna vertebral estiver reta, isto é, quando as vértebras exercerem uma pressão uniforme sobre os discos intervertebrais. Com a idade e segundo o peso das cargas, assim como do seu modo de movimentação e elevação, o disco intervertebral se deforma e sua estrutura se altera. Se realizarmos um esforço em posição curvada, a pressão que se exerce sobre o disco não é mais distribuída de forma homogênea, o que pode provocar uma hérnia do disco intervertebral, com conseqüente compressão dolorosa da medula espinhal na saída da coluna vertebral. A Figura 11 ilustra algumas posições erradas e corretas durante atividades diárias de trabalho.

Figura 11: Posições para manipulação de carga



Fonte: Adaptado de IIDA, 2005.

O Manual de Ergonomia Unicamp (2001) fez uma análise ergonômica e afirma que para um operário brasileiro, os limites de pesos que podem ser levantados sem causar problemas à sua saúde são apresentados na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1 - Limites de carga por pessoa

Pessoas X Limitações	Homens	Mulheres
Adultos (18 a 35 anos)	40Kg	20 Kg
De 16 a 18 anos	16Kg	8Kg
Menos de 16 anos	PROIBIDO	

Fonte: Unicamp, 2001.

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1. MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS**

Os parâmetros para o desenvolvimento do dispositivo de fixação de soldagem do Piso da Cabine do Pulverizador, baseou-se na necessidade que o setor de soldagem da empresa metalúrgica apresentava durante o seu processo de fabricação. Conhecendo as necessidades como o aumento da produtividade, na qual foi medida através dos tempos de produção, qualidade do produto na qual foi feito através de medições dimensionais e ergonomia que foi avaliado pela segurança do trabalho da empresa.

Inicialmente buscou-se fazer uma avaliação minuciosa do projeto do produto através da análise de seus desenhos, considerando quesitos como o design, tamanhos e complexidade do conjunto soldado, as tolerâncias especificadas no desenho do produto, seu fator peso/massa avaliando todos os componentes unidos e outras informações necessárias para a elaboração do projeto do dispositivo.

Sequencialmente buscaram-se as informações necessárias junto ao processo de soldagem do conjunto soldado, essas necessidades foram coletadas através de observações feitas durante o processo. Também, buscou se informações junto ao responsável do processo de soldagem e aos operadores (soldadores) que executam o processo de soldagem do item. Foram consideradas as seguintes informações: acesso aos locais de solda, movimentação e montagem dos componentes para formar o conjunto, forma em que são fixados os componentes e as dificuldades que se tem durante o processamento do item.

Para definir o modelo e o sistema do dispositivo de fixação de soldagem, buscaram-se informações detalhadas do projeto do produto através de uma análise detalhada dos desenhos, tolerâncias especificadas, informações diretamente no processo de soldagem e a subsídios teóricos citados na revisão da bibliografia o qual, se teve um estudo dos modelos e sistemas de dispositivos existentes no mercado. Em seguida foi definido o modelo, sistema e o design do dispositivo de fixação mais adequado ao processo. O modelo proposto foi o dispositivo de fixação com cavalete giratório, com grampos e torpedos de apertos de fácil operação e com o objetivo de facilitar a movimentação no processo, o dispositivo apresentar rodas articuladas.

Por fim, foi elaborado um desenho preliminar do dispositivo de fixação de soldagem, utilizando o software SolidWorks e desenvolvido os desenhos do projeto para sua fabricação. Os desenhos foram elaborados para todos os componentes, referenciando as dimensões, as tolerâncias, os materiais, as aplicações e demais informações necessárias para a fabricação dos mesmos.

### 3.2 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Após definir o modelo e sistema do dispositivo de fixação de soldagem, foi executada uma análise dos materiais e componentes necessários para o desenvolvimento do projeto, procurou-se utilizar materiais usuais da empresa já que a empresa trabalha com uma gama muito grande em aços, perfil, chapas e cantoneiras. Porém, alguns componentes que não são usuais na empresa e eram necessários na confecção do dispositivo, foi feito pesquisas em catálogos, pela internet e através de representantes comerciais e desenvolvidos fornecedores para esses materiais não usuais.

Definido materiais e componentes ao dispositivo de fixação, o próximo passo foi definir os processos para cada componente, bem como as máquinas necessárias para a fabricação do dispositivo, entre os processos e máquinas foram utilizado:

- Corte laser: definido para cortar as chapas necessárias ao dispositivo;
- Corte serra: definido para cortar os tubos estruturais do dispositivo;
- Torno mecânico convencional: definido para usinar os eixos, buchas e pino;
- Furadeira de bancada: definido para fazer furos e roscas onde necessários;
- Aparelho de solda Mag: será utilizado para unir os componentes;
- Montagem: fara fazer junção dos componentes para formar o dispositivo;
- Máquina pintura: pintura do dispositivo;

#### 3.2.1. Desenvolvimento do dispositivo de fixação de soldagem

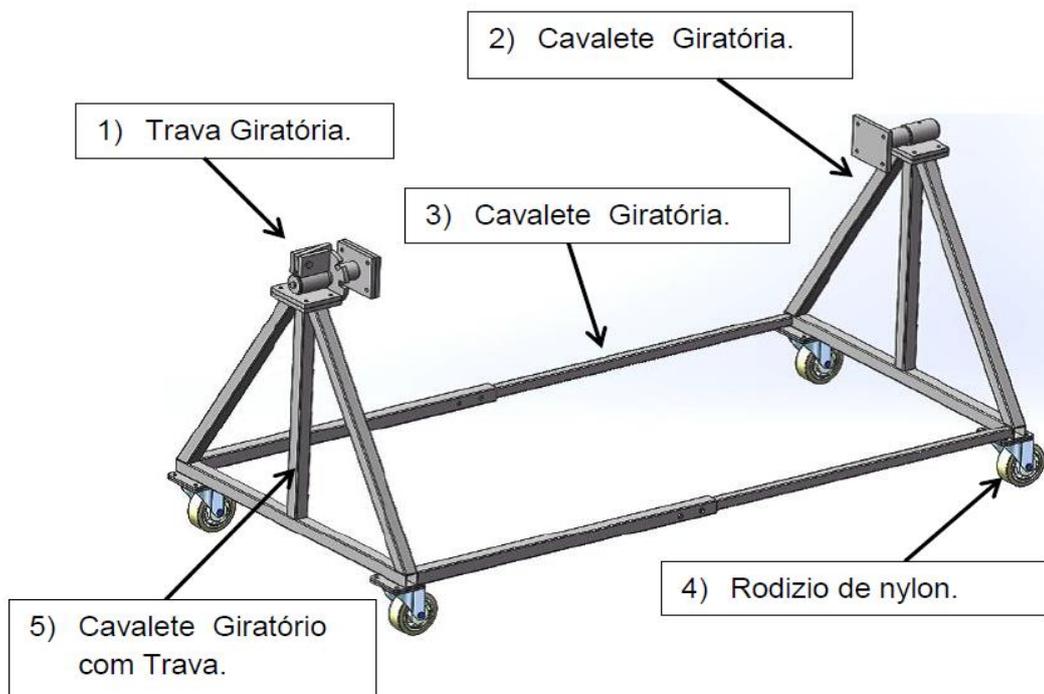
Figura 12 (A) demonstra o conjunto da Cabine do Pulverizador e a demonstração onde o Conjunto Soldado do Piso é montado na Cabine, já na Figura 12 (B) demostra o conjunto do piso soldado bem como suas áreas de aplicação de



➤ Parte de Sustentação do Dispositivo de Fixação:

A Figura 13 demonstra o conjunto de sustentação do dispositivo e são formadas pelas seguintes partes: 1) Trava do sistema giratório a qual tem função de travar o dispositivo na posição desejada; 2) Cavalete giratório o qual tem a função de girar o dispositivo em sentido rotacional; 3) Barra suporte o qual tem a função de fixar os cavaletes no sentido horizontal, evitando sua abertura durante a movimentação; 4) Rodízios os quais tem a função de movimentar o dispositivo, modelo carga dinâmica de 120 kg; 5) Cavalete giratório com trava o qual tem a função de girar o dispositivo em sentido rotacional e travar na posição desejada.

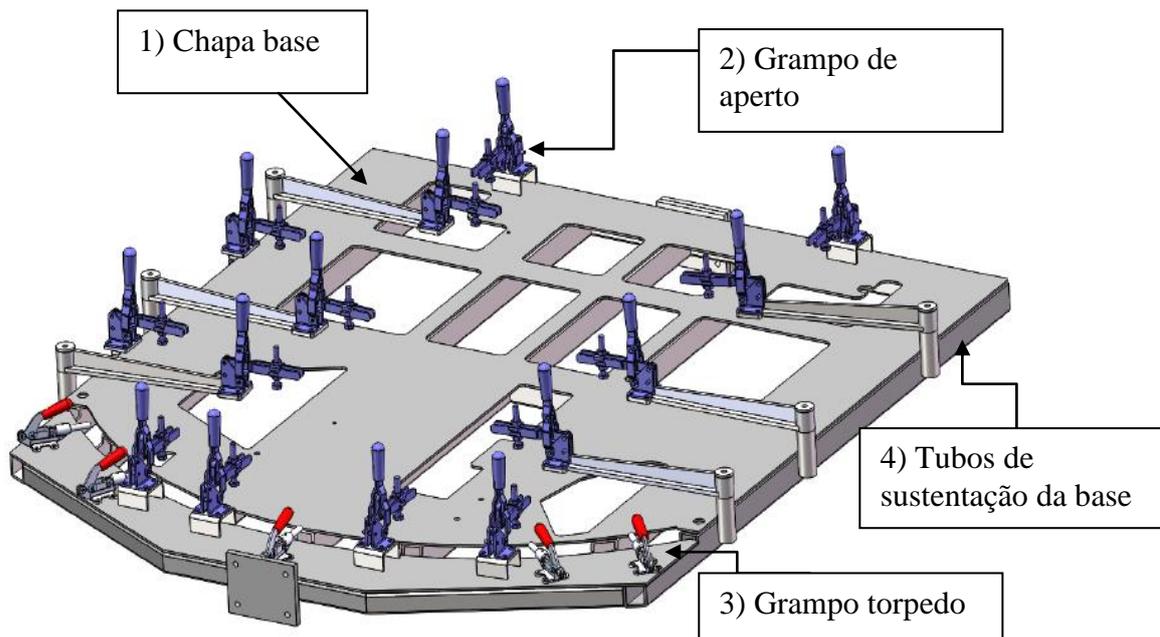
Figura 13: Projeto sistema de sustentação com cavalete.



➤ Parte Base do Dispositivo de Fixação:

A Figura 14 demonstra a base do dispositivo bem como seus componentes de fixação: 1) Chapa Base serve para apoiar e sustentar a chapa principal do conj. Piso, ela é plainada para garantir a planicidade do piso; 2) Grampo de aperto serve para manter na posição desejada o componente não permitindo movimentação no processo de soldagem; 3) Grampo torpedo tem a mesma função do grampo de aperto, porém é usada para manter componentes na posição vertical; 4) Tubos de sustentação serve para dar a estrutura do dispositivo.

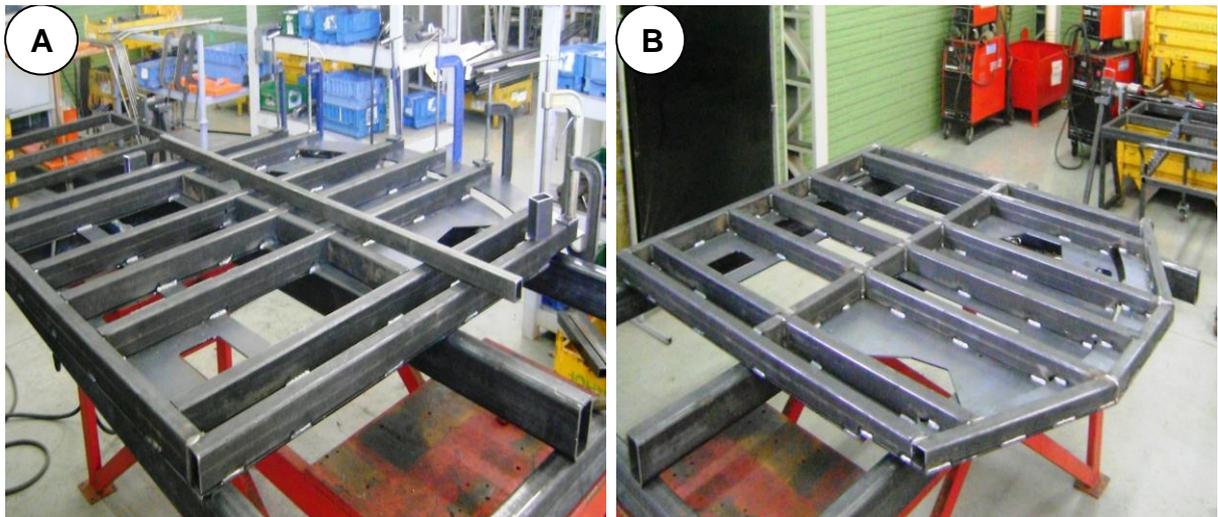
Figura 14: Projeto base do dispositivo de fixação



### 3.2.2. Fabricação do dispositivo de fixação de soldagem

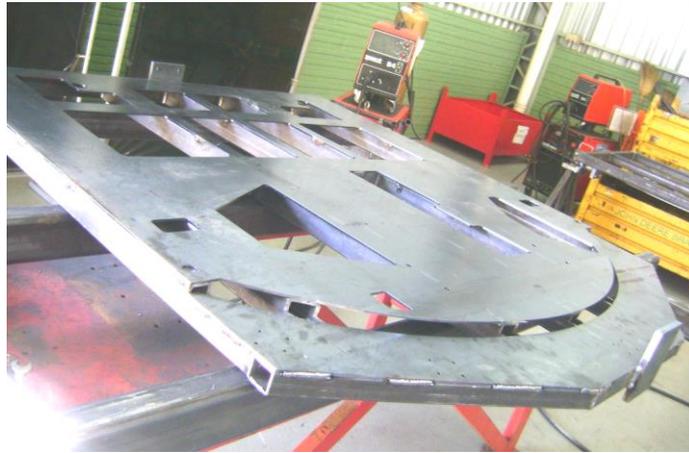
Primeiramente foi fabricado a parte de sustentação do dispositivo, essa parte é composta por tubos estrutural 40x60x4,75 mm de material SAE-1020, os tubos foram posicionados de forma plana e paralelos e posteriormente prendidas com auxílio de fixadores Figura 15 (A) e unidas na posição desejada com cordões de solda. A parte estrutural com o desenvolvimento finalizado pode ser visualizada na Figura 15 (B).

Figura 15: Parte estrutural do dispositivo de fixação de soldagem.



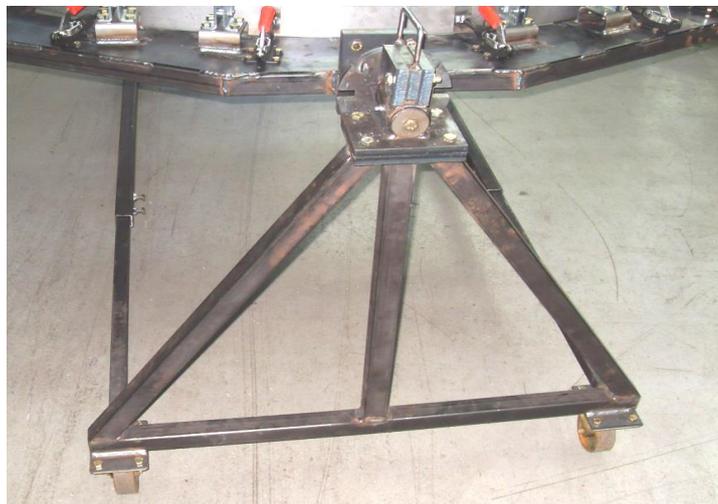
Com a estrutura concluída a próxima etapa foi fixar as chapas bases do dispositivo, as chapas foram processadas em corte laser e são constituídas de material 12,7 mm de espessura e material SAE 1020. As chapas foram posicionadas sobre os tubos estruturais e fixadas com cordões de solda na posição correta conforme o projeto do dispositivo. A fim de garantir a planicidade e o alinhamento aos componentes do conjunto do piso, as chapas foram fresadas no lado que ficará exposta e em contato com o conjunto.

Figura 16: Montagem das chapas bases do dispositivo de fixação



Para a fabricação dos cavaletes de sustentação Figura 17, foram utilizados tubos mecânicos quadrados 40x40x3 mm SAE-1020, para facilitar a movimentação foram usados rodízios de resina térmica e sistema giratório com travas que proporcionam giros de mesa ao dispositivo e travamento na posição desejada para efetuar a soldagem, auxiliando na postura correta do operador durante o processo produtivo.

Figura 17: Cavalete móvel e giratório



A parte final de montagem e construção do dispositivo de fixação Figura 18 constitui na fixação dos grampos torpedos, grampos de fixação e aperto, encostos e demais sistemas para fazer o posicionamento e encaixe dos componentes do conjunto soldado. Nessa parte também foi montado os cavaletes que foram fixados com parafusos e porcas na base do gabarito e as barras de sustentação que executam a função de sustentar os cavaletes e dar rigidez ao dispositivo.

Figura 18: Montagem final do dispositivo de fixação



### 3.3 TESTES FUNCIONAIS DO DISPOSITIVO DE FIXAÇÃO DE SOLDAGEM

O teste funcional do dispositivo de fixação consiste na avaliação de desempenho do dispositivo, esses métodos serviram como parâmetros para obter os resultados da implantação do dispositivo no processo de manufatura, nas avaliações foram considerados, as distorções, produtividade e ergonomia.

Inicialmente foi executada a soldagem no item Piso da Cabine da forma atual, ou seja, sem o auxílio do dispositivo de soldagem em três amostras, após foi executado o dimensional completo do item na máquina de medição tridimensional, a fim de avaliar principalmente as distorções ocasionadas no processo de soldagem. Posteriormente foi realizada a soldagem do Piso da Cabine em três amostras, utilizando o dispositivo de soldagem e da mesma forma foi realizado o dimensional completo do item após soldado. Os resultados dimensionais de cada processo foram

mensurados e comparados a fim de verificar a eficácia do desenvolvimento e implantação do dispositivo de fixação no processo no quesito qualidade dimensional do produto.

A próxima etapa dos testes funcionais consiste na medição dos tempos de produção de soldagem, primeiramente foi soldado o Piso da Cabine da forma manual e cronometrado seus tempos de produção de três amostras, com o auxílio de um cronometro, do inicio ao fim da soldagem e em seguida, foi executado da mesma forma, a medição dos tempos de produção para a soldagem com o auxílio do dispositivo de fixação em três amostras. Os tempos de produção dos dois processos foram tirados uma média e comparados, para verificar se foram reduzidos os tempos de produção com a inclusão do dispositivo de fixação no processo de soldagem.

A avaliação da melhora ergonômica no processo de soldagem baseou-se na NR-17- Ergonomia e no manual sobre ergonomia Unicamp, a avaliação foi feita considerando a postura do trabalhador na atividade de soldagem e a avaliação de levantamento, transporte e descarga individual de materiais. As avaliações foram realizadas da mesma forma comparativa, comparando os processos sem o uso do dispositivo e posteriormente com a implantação do dispositivo no processo e assim fazer a avaliação se o novo processo proposto contribuiu na melhora ergonômica.

### **3.3.1 Funcionamento do dispositivo de fixação**

Para a execução do processo de soldagem, foi elaborado um roteiro de soldagem Procedimento Operacional Padrão (POP), a fim de facilitar no processamento do item, conforme Anexo-A. Este roteiro de soldagem elaborado contempla todas as informações necessárias para a execução do processo, incluindo sequências operacionais de montagem dos componentes e operações do dispositivo, parâmetros de regulagem da máquina de soldagem, posicionamento de cordões de solda e inspeções que foram executadas na finalização ou durante o processo.

O roteiro de soldagem é ilustrativo com fotos para melhor visualização e entendimento por parte dos operadores, os roteiros de soldagem foram disponibilizados nas células de soldagem durante as operações para serem consultadas.

## 4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A apresentação dos resultados consiste em apresentar o dispositivo de fixação de soldagem e verificar a eficácia após sua implantação no processo, essa análise é dividida em quatro partes: apresentar o dispositivo de fixação, apresentar análise e comparação dimensional, análise do ganho em produtividade e análise da melhora ergonômica, detalhados na sequência.

### 4.1. DISPOSITIVO DE FIXAÇÃO PARA SOLDAGEM

Após a confecção de todos os componentes, através de um processo de montagem formou-se o dispositivo de fixação final conforme, pode ser visualizado na Figura 19. A união dos subconjuntos foi feito com a utilização de parafusos, porcas e arruelas auto travante, formando uma estrutura rígida e com boa aparência. O dispositivo de soldagem possui uma dimensão 2097 mm de comprimento, 1406 mm de largura e altura de 950 mm, o dispositivo possui ainda uma massa final de 354 kg.

Figura 19: Dispositivo de fixação de soldagem desenvolvido.



Com o objetivo de fazer a movimentação no processo de soldagem o dispositivo apresenta rodízios de nylon com capacidade de carga dinâmica de 125 kg por rodízio. Para fazer os giros da mesa de trabalho o dispositivo apresenta dois mancais e dois eixos mancais, podendo dessa forma girar 360° a mesa. Com intuito de fazer a fixação dos componentes e mantê-los rígidos durante a soldagem o dispositivo apresenta quinze grampos torpedo com força de retenção de 250 kgf e quatro grampos verticais com força de retenção de 280 Kgf. Os dois cavaletes que fazem a sustentação do dispositivo possuem duas barras de sustentação para dar rigidez ao dispositivo.

#### 4.2. ANÁLISES DIMENSIONAIS

A análise dimensional consiste em avaliar a eficácia do dispositivo de fixação quanto a garantia das especificações e tolerâncias do produto, conforme o projeto do cliente “desenho”. As medições foram executadas em uma máquina tridimensional (Braço Medição Tridimensional – FARO). As avaliações foram feitas em três amostras de cada processo e os resultados obtidos estão nos Anexo - B (Relatório Tridimensional processamento sem dispositivo de fixação) e Anexo – C (Relatório Tridimensional com uso dispositivo de fixação).

Observando e comparando os dois relatórios dimensionais, observa-se que as amostras soldadas tiveram uma maior variação na cota da planicidade, o qual possui uma tolerância de 4 mm, conforme pode ser visualizado no Quadro 1 as medições de cada amostra foram feitas e logo após gerado as médias dessas medições.

Quadro 1 – Avaliação da Planicidade das Amostras.

	AMOSTRAS COM DISPOSITIVO	AMOSTRAS SEM DISPOSITIVO
Amostra 1	1,894	4,124
Amostra 2	2,022	5,214
Amostra 3	1,954	4,356
<b>MÉDIA</b>	<b>1,957</b>	<b>4,565</b>

Considerando a média das três amostras, as peças soldadas com o auxílio do dispositivo obtiveram um desvio médio de 1,957mm em sua planicidade, já as



### 4.3. ANÁLISES DE PRODUTIVIDADE

Essa análise consistiu em fazer a cronometragem dos tempos de produção de soldagem a fim de avaliar através de um valor mensurável, a melhora da produtividade com a implantação do dispositivo.

A cronometragem dos tempos de produção foi realizada em três amostras de cada processo, inicialmente foi cronometrado o tempo de produção do processo sem auxílio do dispositivo de fixação, conforme Figura 21. Esse processo obteve os seguintes resultados: Amostra 1= 55 minutos, Amostra 2 = 57 minutos, Amostra 3 = 59 minutos. Com esses resultados se obteve um tempo médio de produção de 57 minutos por peça.

Figura 21: Processo de soldagem sem auxílio do dispositivo.



Na medição dos tempos de produção do processo com auxílio do dispositivo visto na Figura 22, obteve os seguintes tempos de produção: Amostra 1= 39 minutos, Amostra 2= 42 minutos e Amostra 3= 36 minutos. Com esses resultados obteve-se um tempo médio de 39 minutos por peça.

Figura 22: Processo de soldagem com auxílio do dispositivo



Os valores obtidos em cada processo serviram como parâmetro para comparar qual dos dois processos obtém menores tempos de produção, conforme resultados extraídos na coleta de tempos, o processo com o auxílio do dispositivo de soldagem obteve uma redução estimada de 18 minutos por peça em seu processamento de soldagem. Outro fator que deve ser considerado no quesito redução de tempo, é que para executar o giro da peça e soldar do lado inferior do conjunto soldado, eram necessárias duas pessoas para executar essa operação. Já com o dispositivo, uma única pessoa consegue fazer essa operação de giro, já que o dispositivo permite facilmente o seu giro através de seus mancais giratórios.

#### 4.4. ANÁLISE ERGÔNOMICA

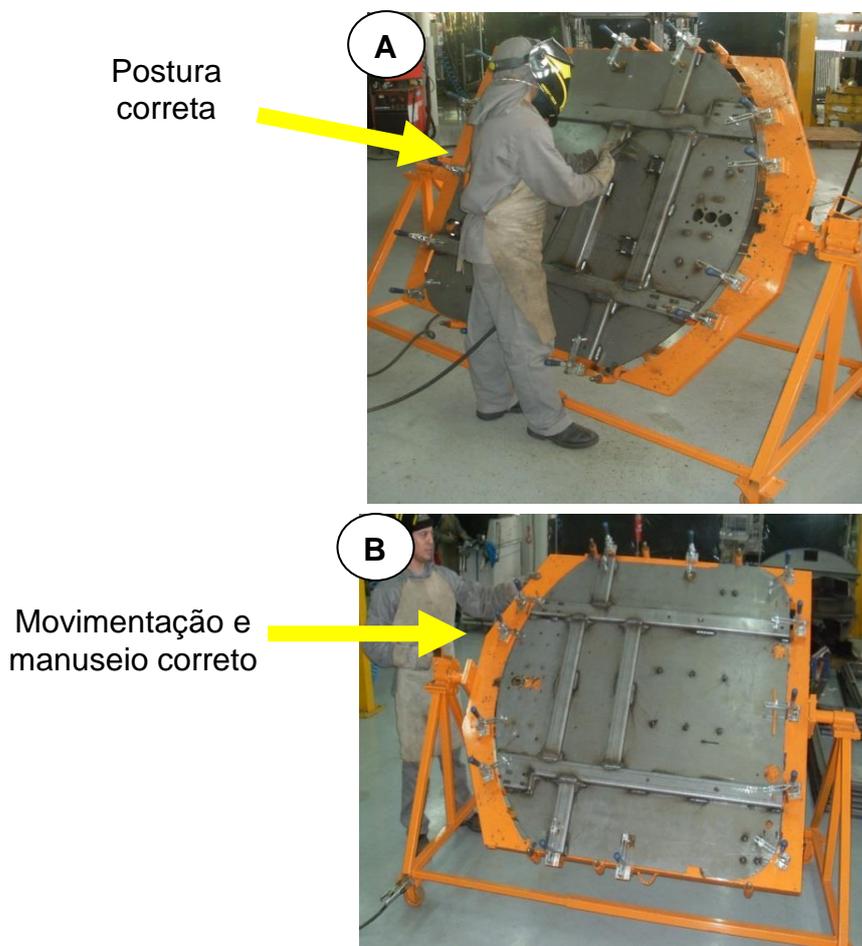
A análise ergonômica enfatizou quatro características principais na atividade de soldagem, a postura ergonômica e o levantamento, transporte e descarga individual de materiais. Essas características foram avaliadas nos dois processos, primeiramente as avaliações foram feitas no processo de soldagem sem o auxílio de dispositivos.

Figura 23: Avaliação ergonômica processo sem dispositivo: (A) postura, (B) manuseio e movimentação.



Conforme pode ser visualizada na Figura 23 (A), a postura da coluna cervical do trabalhador não é a mais adequada, pois, segundo a NR17, o trabalhador deve estar com a coluna cervical mais ereta possível em suas atividades diárias. Outro aspecto avaliado foi à movimentação, transporte e levantamento de materiais, nesse processo é feito todo manual conforme pode ser visualizado na Figura 23 (B), o aspecto agravante nesse processo foi fazer a movimentação e manuseio do conjunto soldado, esse processo é executado por duas pessoas, o peso do conjunto soldado é de 86 kg, dividida por (duas pessoas) dá um total de 43 kg carga por pessoa, dessa forma ultrapassa os 40 kg da tabela de limites de carga admitido segundo Manual de Ergonomia Unicamp (2001).

Figura 24: Avaliação ergonômica processo com dispositivo: (A) postura, (B) manuseio e movimentação.



A avaliação ergonômica no processo com auxílio do dispositivo obteve os seguintes resultados:

Na avaliação postural como a altura do dispositivo em relação ao piso é de 1 m proporcionou ao trabalhador uma correta postura de sua coluna cervical, a imagem da Figura 24 (A), comprova a melhoria. A mesa de bancada do dispositivo permite também ao trabalhador, um fácil alcance e visualização de sua atividade de soldagem.

Quanto à avaliação de manuseio e movimentação durante a soldagem vista na Figura 24 (B), o dispositivo, por possuir um sistema giratório de mesa, facilitou ao trabalhador fazer a movimentação e giros da mesa com facilidade e com mínimos esforços no processo, o dispositivo contém grampos torpedos na qual prendem os componentes de maneira segura, fizeram com que não ocorra risco de componentes atingirem o trabalhador no manuseio do dispositivo. O dispositivo por conter rodízios articulados, permitem uma movimentação facilitada nas instalações do setor.

## 5. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos nos testes funcionais e as análises realizadas, conclui-se que:

1. Foi projetado e desenvolvido um dispositivo de soldagem com cavaletes e sistema giratório para soldar o Conjunto Soldado Piso da Cabine Stara, com o objetivo de reduzir as distorções, diminuir o tempo de produção do processo e melhorar na ergonomia durante as atividades de soldagem.
2. Os resultados comprovaram que a implantação do dispositivo no processo de soldagem, diminuíram as distorções do Conjunto Soldado do Piso gerados pelo calor da solda em 2,608 mm, essa diminuição ocorreu através da fixação dos componentes com grampos torpedos em uma mesa sólida e plainada, o qual manteve os componentes rígidos durante a soldagem.
3. Houve uma redução de 18 minutos por peça soldada com a implantação do dispositivo, as operações foram facilitadas com o dispositivo, pois basta prender os componentes na posição correta e executar a soldagem que o dispositivo garante seu posicionamento, não é necessário duas pessoas para girar a peça, o dispositivo permite seu giro de mesa através de seus mancais.
4. Melhorou na ergonomia postural, movimentação e transporte, pois o dispositivo permite que o soldador trabalhe com postura ereta da coluna cervical devido a altura do dispositivo, melhorou na movimentação devido o dispositivo permitir giro de mesa diminuindo o esforço físico e melhorou no transporte, pois o dispositivo contém rodízios para ser movimentado.

Conclui-se com este trabalho, que o dispositivo de soldagem está apto em contribuir para o processo produtivo da empresa de forma efetiva e que projetos de engenharia que visam a melhora dos processos sempre são bem vistas por todos em termos de ganhos, inovações, qualidade e de conforto operacional.

## **6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Como sugestão para trabalhos futuros é possível citar a análise estrutural do dispositivo de soldagem bem como o seu dimensionamento a fim de verificar se sua estrutura é a correta para a função proposta. Outro quesito que poderá ser abordado é fazer a automação do dispositivo, essa automação pode ser feita com sistemas eletrônicos, nesse sistema pode ser incorporado trabalhos por fixação mecânica, pneumática, sensoriamento de controle entre outros sistemas a serem estudados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AWS, Welding Handbook, “ **Welding Technology**”, Miami: American Welding Society. 8ª ed., v.1, p. 223-264,1997.
- BRASIL. NR 17 - Ergonomia. Portaria MTPS n.º 3.751, de 23 de novembro de 1990. Esta Norma Regulamentadora visa a estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente. **Ministério do Trabalho e Emprego**, Brasília.
- Bohn, H.G. “ Controlling Distortion “. P. 217-228.
- CORAZZA, **máquinas, moldes e equipamentos**. Passo Fundo-RS. Disponível em: <<http://www.corazza.ind.br/produtos/11/1562>>. Acesso em: 20 de agosto 2014.
- FEB robotcs e automation, 2014. Disponível em: <<http://www.febrotoics.com.br/produtos.htm#montagem>>. Acesso em: 24 agosto 2014.
- Figueredo, P.J.M, Lorandi, A.L.B, **Sistema Modular de Fixação**, XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2007.
- FLUIPRESS linhas de montagem máquinas especiais. Disponível em:< <http://maquinasespeciais.blogspot.com.br/2010/12/fluipress-dispositivos-de-solda.html> >. Acesso em: 22 agosto 2014.
- Gurova, Tetyana; Quaranta, Francisco; Stefen, Segen “ **Monitoramento do estado das tensões residuais durante fabricação de navios**” 21º Congresso Nacional de Transporte Aquaviário, Construção Naval. 2006.
- IIDA, I. **Ergonomia Projeto e Produção**. 2º Edição. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.
- Leggatt, R.H.,“**Residual Stresses in Welded Structures**”, International Journal of Pressure Vessels and Piping, v. 85, n. 3, p. 144-151. Abril, 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/journal/03080161>>.Acesso: 22 de julho 2014.
- Lucas, B. Et al. **Distorção: Prevenção pelas técnicas de fabricação**. Soldagem & Inspeção. Editora ABS, São Paulo –SP, p.21-23, Agosto 1998.
- Masubuchi, K. **Analysis of welded structures- residual stresses, distortion and their consequences**. Oxford, England / New York, USA : Pergamon Press, 1980.
- MECÂNICA industrial. **Dispositivos Sistema Pneumatico** Disponível em: < <http://www.mecanicaindustrial.com.br/conteudo/31-definicao-de-cilindro-pneumatico>>. Acesso em:11 setembro 2014.
- Michaleris, P. and DeBiccari, A. **Prediction of welding distortion**. Welding Journal. P.172-181, Abril 1997.
- MODENESI, P.J. **Descontinuidade e inspeção em juntas de solda**. Apostila. Belo Horizonte: UFMG, 2001.
- MODENESI, P.J. “ **Efeitos mecânicos do ciclo térmico**”, Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, UFMG, 2001.

MOVALTEC **ferramentaria**. São José dos Pinhais: O Estado do Paraná, 2010. Disponível em: <<http://www.movaltec.com.br/solda.html>>. Acesso em: 28 agosto 2014.

OKUMURA, T, T. **Engenharia de soldagem e aplicações**. Rio de Janeiro: LTC 1982.

Papazoglou, V.J. et. Al, 1982, “**Residual Stresses Due to Welding: Computer-Aided Analysis of Their Formation and Consequences**”, SNAME Transactions, Vol. 90, p. 365-390.

PENCO automação. **Sistema pneumático**. Disponível em: <<http://www.pencoautomacao.com/Galeria-de-Fotos.php>>. Acesso em 7 agosto 2014.

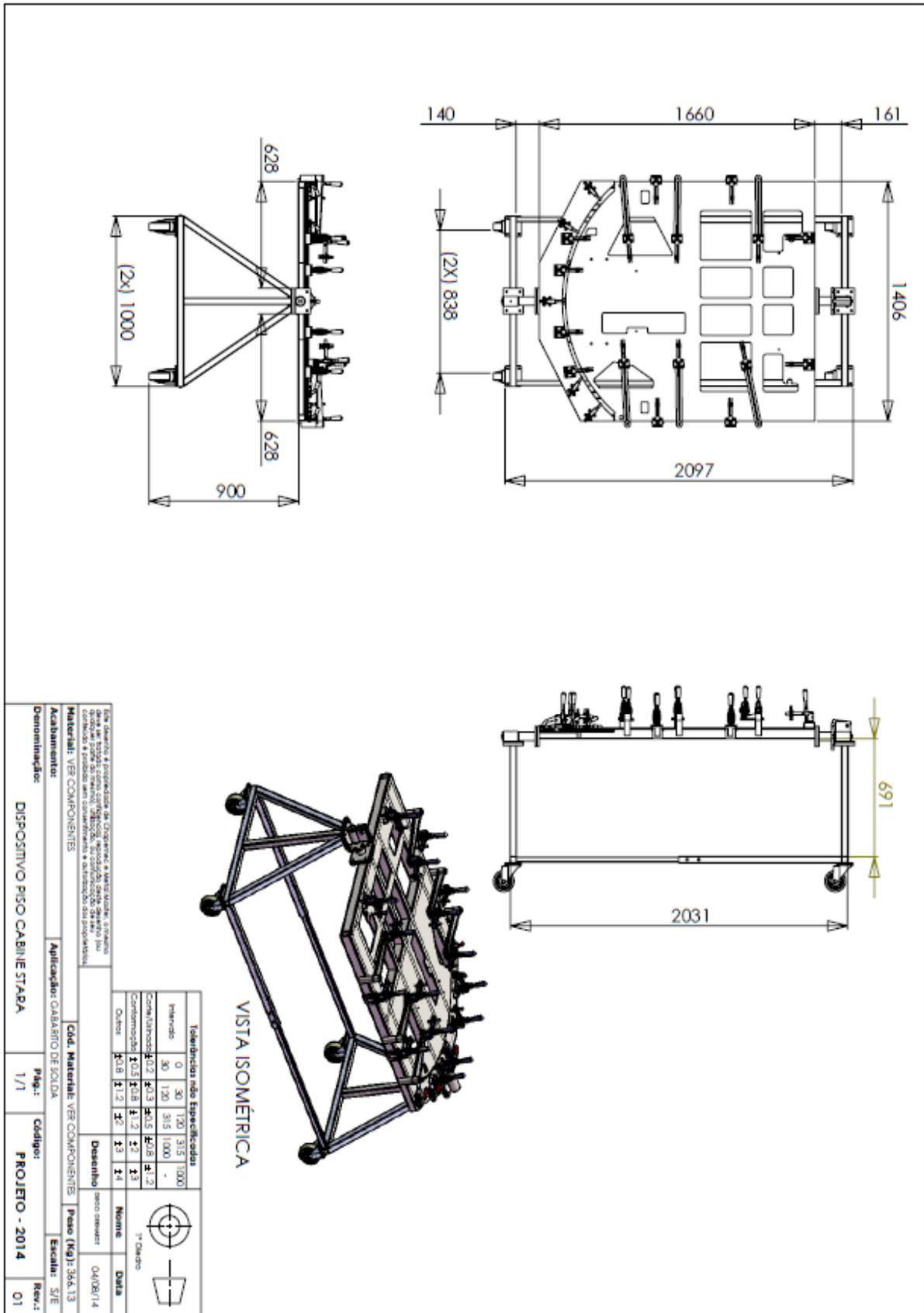
Soares H.C.G. “ **Estudo de sequência de soldagem para redução e eliminação de distorções**” 2006. Dissertação: Pós-Graduação – Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG, Belo Horizonte 2006. Disponível em: [www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/SBPS-7B5JET/disserta\\_o\\_de\\_mestrado\\_helio\\_coelho\\_guimaraes\\_soares\\_pdf](http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/SBPS-7B5JET/disserta_o_de_mestrado_helio_coelho_guimaraes_soares_pdf) Acesso em: 15 julho 2014.

TORQUE metal. Curitiba, 2014. Disponível em: < <http://www.torquemetal.com.br/?pag=dispositivos-soldas>. Acesso em: 11 outubro 2014.

UNICAMP, **MANUAL SOBRE ERGONOMIA**, Campinas – SP 2001. Disponível em: <[http://www.dgrh.unicamp.br/documentos/manuais/man\\_dsso\\_ergonomia.pdf](http://www.dgrh.unicamp.br/documentos/manuais/man_dsso_ergonomia.pdf)> Acesso em: 20 outubro 2014.

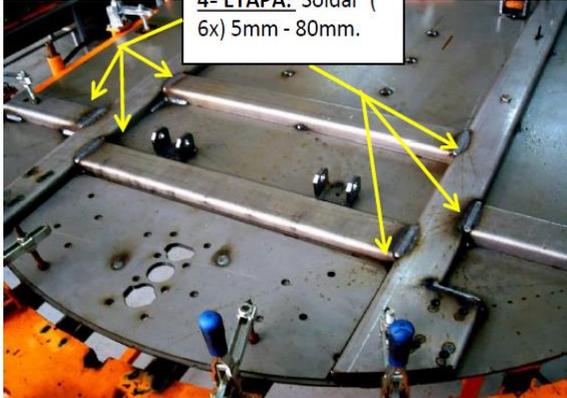
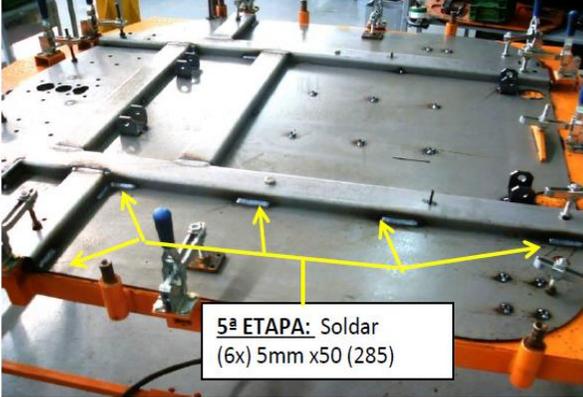
Zinn, W. e Scholtes, B, “**Residual Stress Formation Processes during Welding and Joining**”, Handbook of Residual Stress and Deformation of Steel, pp. 391-396, 2002.

APÊNDICE A – DESENHO 2D DO DISPOSITIVO DE FIXAÇÃO





## ANEXO A – PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO ( POP ), ROTEIRO DE SOLDAGEM

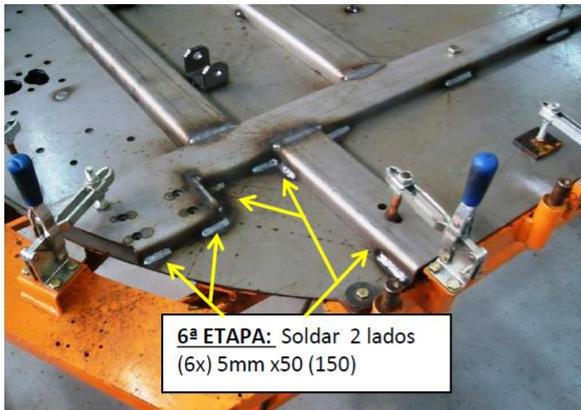
<b>PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO ( POP ) ROTEIRO DE SOLDAGEM</b>		POP: 0032 Rev: 00 Pág. 1 de 2
Código: 013947S	Descrição: Cj. Sd. Piso Cab. Pas	Rev. Desenho: 7
Cliente: Pulverizador	Unidade:	Data Elaboração: 23/09/2014
Processo: Solda Mig/Mag		
Dados do processo:		
Dispositivo de Solda: 05.0573	Mistura do Gás: Arg.(95%) CO2(5%)	Tensão ( Volt ): 19 á 22 V
Aparelhos de Solda: Sumig - Mig/Mag	Arame Bitola: 1mm	Corrente ( Amp. ): 190 á 220 A
Posições de Soldagem: Horizontal		Vazão: 10 - 13 L/min.
Componentes do Conj: 012936S (1un.) ; 011979P (2un.) ; 012931S (1un.) ; 012932P (1un.) ; 012960P (4un.) ; 013946S (1un.) ; 013942P (1un.) ; 013941P (1un.) ; 011128P (1un.) ; 013786P (1un.)		
	<p><b>1ª ETAPA:</b> Posicionar chapa base 013946S no gabarito.</p>	<p><b>2ª ETAPA:</b> Posicionar demais componentes sobre chapa base e fechar os grampos apertos..</p>
	<p><b>3ª ETAPA:</b> Efetuar pontos de 5mm nos locais indicados em ambos os lados.</p>	 <p><b>4ª ETAPA:</b> Soldar ( 6x) 5mm - 80mm.</p>
	<p><b>5ª ETAPA:</b> Soldar (6x) 5mm x50 (285)</p>	
ELABORADO:	DIEGO ROBERTO GERHARDT	DATA: 20/10/2014

**PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO ( POP ) ROTEIRO DE SOLDAGEM**

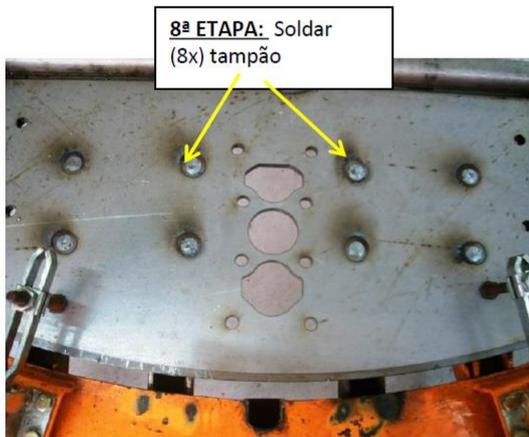
POP: 0032

Rev: 00

Pág. 2 de 2



**6ª ETAPA:** Soldar 2 lados  
(6x) 5mm x50 (150)

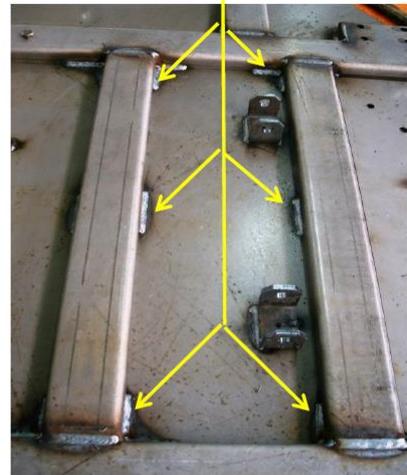


**8ª ETAPA:** Soldar  
(8x) tampão

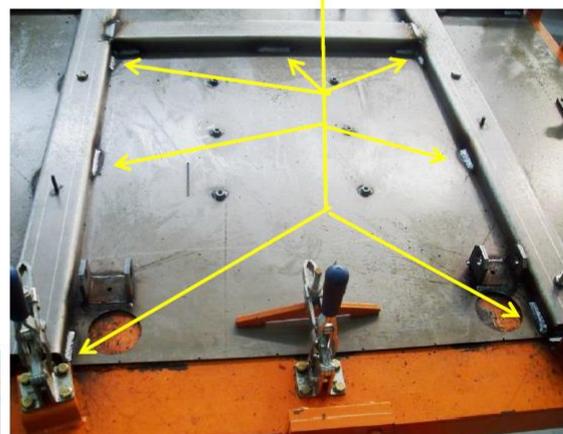
**10ª ETAPA:** Abrir grampos  
aperto, e retirar peça  
soldada com talha.



**7ª ETAPA:** Soldar  
(6x) 5mm x50 (150)



**9ª ETAPA:** Soldar  
(8x) tampão

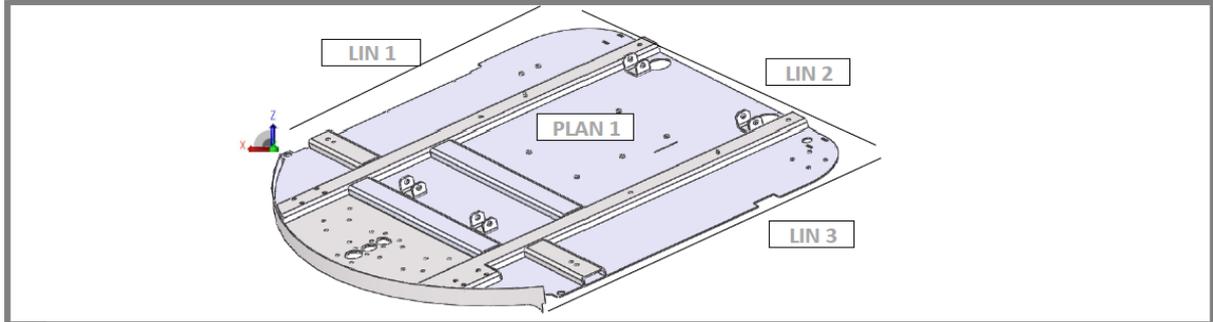


Obs: Inspeccionar a solda conforme descrito na Ordem de Produção.

## ANEXO B – RELATÓRIO TRIDIMENSIONAL AMOSTRA SOLDADA SEM AUXILIO DO DISPOSITIVO DE FIXAÇÃO.

<b>FARO Technologies Inc.</b>		<b>FARO</b>
125 Technology Park	http://www.faro.com	
FL 32746	support@faro.com	
Lake Mary	(407) 333-9911	
USA	03 out 2014 - 16:12 pm	

<b>Informações da sessão</b>	
Nome da peça	Piso Cabine Pulverizador
Nome da empresa	Chapemec
Data	09 set. 2014
Horário	13:32
Temperatura ambiente	22 Graus
Código	013947S - AMOSTRA 1 / 2 / 3

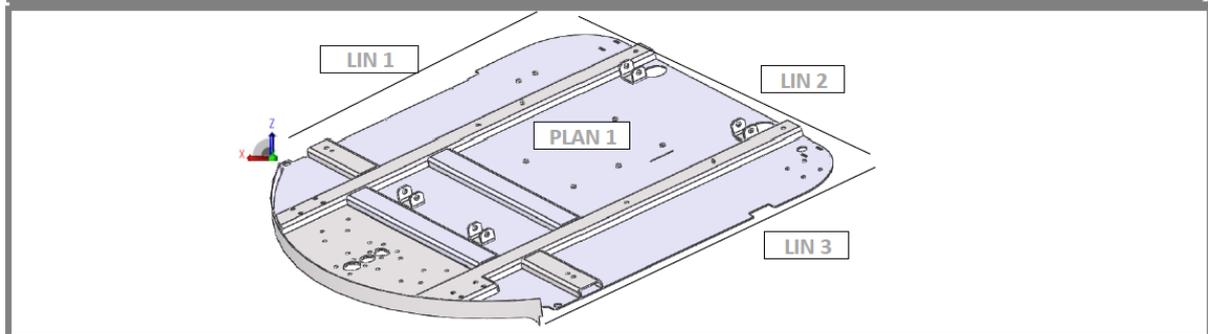


<b>Comprimento 2</b>			<b>Amostra 1</b>	<b>Amostra 2</b>	<b>Amostra 3</b>		
	tol.					nominal	
LZ	+2 -2		561,640	561,230	561,181	562,400	APROVADO
<b>Comprimento 3</b>						nominal	
Comprimento	+1,2 -1,2		112,211	112,009	111,934	112,400	APROVADO
<b>Comprimento 4</b>						nominal	
Comprimento	+3 -3		957,752	957,921	957,412	957,300	APROVADO
<b>Comprimento 5</b>						nominal	
Comprimento	+3 -3		739,044	738,992	738,856	740,000	APROVADO
<b>Comprimento 6</b>						nominal	
Comprimento	+1,2 -1,2		210,006	209,755	209,867	209,500	APROVADO
<b>Comprimento 7</b>						nominal	
Comprimento	+2 -2		352,119	352,562	352,389	352,400	APROVADO
<b>Comprimento 8</b>						nominal	
LX	+1,2 -1,2		177,921	177,880	118,102	177,600	APROVADO
<b>Comprimento 9</b>						nominal	
LX	+0,8 -0,8		37,520	37,321	37,433	37,200	APROVADO
<b>Plano 4</b>						nominal	
Planicidade	4		4,124mm	5,214	4,356	0	REPROVADO

## ANEXO C – RELATÓRIO TRIDIMENSIONAL AMOSTRA SOLDADA COM AUXILIO DO DISPOSITIVO DE FIXAÇÃO.

<b>FARO Technologies Inc.</b>		<b>FARO</b>
125 Technology Park	http://www.faro.com	
FL 32746	support@faro.com	
Lake Mary	(407) 333-9911	
USA	03 out 2014 - 13:44 pm	

<b>Informações da sessão</b>	
Nome da peça	Piso Cabine Pulverizador
Nome da empresa	Chapemec
Data	03 out. 2014
Horário	13:44
Temperatura ambiente	22 Graus
Código	013947S - AMOSTRA 1 / 2 / 3



<b>Comprimento 2</b>			<b>Amostra 1</b>	<b>Amostra 2</b>	<b>Amostra 3</b>	
LZ	tol.					<b>nominal</b>
		+2 -2	562,067	562,108	562,214	562,400 <b>APROVADO</b>
<b>Comprimento 3</b>						
Comprimento	tol.					<b>nominal</b>
		+1,2 -1,2	112,349	112,229	112,352	112,400 <b>APROVADO</b>
<b>Comprimento 4</b>						
Comprimento	tol.					<b>nominal</b>
		+3 -3	957,607	957,475	957,382	957,300 <b>APROVADO</b>
<b>Comprimento 5</b>						
Comprimento	tol.					<b>nominal</b>
		+3 -3	739,312	739,587	739,729	740,000 <b>APROVADO</b>
<b>Comprimento 6</b>						
Comprimento	tol.					<b>nominal</b>
		+1,2 -1,2	210,108	209,657	209,580	209,500 <b>APROVADO</b>
<b>Comprimento 7</b>						
Comprimento	tol.					<b>nominal</b>
		+2 -2	352,227	352,338	352,482	352,400 <b>APROVADO</b>
<b>Comprimento 8</b>						
LX	tol.					<b>nominal</b>
		+1,2 -1,2	177,827	177,704	117,854	177,600 <b>APROVADO</b>
<b>Comprimento 9</b>						
LX	tol.					<b>nominal</b>
		+0,8 -0,8	37,466	37,386	37,852	37,200 <b>APROVADO</b>
<b>Plano 4</b>						
Planicidade	tol.					<b>nominal</b>
		4	1,894	2,022	1,954	0 <b>APROVADO</b>