

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE ENGENHARIA**

**CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SOLDAGEM**

**CLAUDINEY ÚLTIMO DUMONT**

**GESSE DIAS**

**OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE SOLDAGEM DE ESTRUTURAS  
DE ASSENTOS VEICULARES.**

**BELO HORIZONTE**

**JUNHO/2016**

CLAUDINEY ÚLTIMO DUMONT

GESSE DIAS

**OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE SOLDAGEM DE ESTRUTURAS  
DE ASSENTOS VEICULARES**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Soldagem da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito para obtenção de título de Especialista em Engenharia da Soldagem.

Área de concentração: Engenharia de Soldagem.

Orientadora: Prof. Dra. Ivanilza Felizardo

BELO HORIZONTE

JUNHO/2016

D893o

Dumont, Claudiney Último.

Otimização do processo de soldagem de estruturas de assentos veiculares [manuscrito] / Claudiney Último Dumont, Gessé Dias. - 2016. 69 f., enc.: il.

Orientadora: Ivanilza Felizardo.

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Soldagem da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito para obtenção de título de Especialista em Engenharia da Soldagem.

Bibliografia: f.68-69.

1. Soldagem. 2. Arco de soldagem a gás de metal.  
I. Felizardo, Ivanilza. II. Dias, Gessé. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. IV. Título.

CDU: 621.791

## FOLHA DE APROVAÇÃO

## **AGRADECIMENTO**

Primeiramente, agradecemos a Deus por nos abençoar e sempre nos indicar o caminho.

Às nossas esposas, filhos e filhas, agradecemos pelas palavras de apreço, pelo carinho e amizade que nos transmitiram durante todo o curso, e toda força que nos deram para a realização deste sonho.

Ao nosso coordenador Prof. Dr. Alexandre Queiroz Bracarense pelo empenho em tornar possível a realização do curso de Pós Graduação em Engenharia de Soldagem pela UFMG.

Aos professores pelos ensinamentos transmitidos, incentivo e dedicação, pela disponibilização de tempo e pela amizade.

À nossa orientadora Prof. Dra. Ivanilza Felizardo pela disponibilidade, incentivo e toda a ajuda que nos despendeu durante a elaboração deste trabalho.

Agradecemos, em especial, à Sra. Priscila Rayanne R. S. Pacheco, secretária do Curso de Especialização em Engenharia de Soldagem, por sua prestatividade, pelo carinho e atenção dispensada a todos nós.

A todos que contribuíram para a realização deste trabalho, fica expresso aqui a nossa gratidão.

*“O saber a gente aprende com os mestres e os livros. A sabedoria se aprende é com a vida e com os humildes.”*

*Cora Coralina*

## RESUMO

Os novos desafios enfrentados pelas organizações neste século, exigem de seus gestores a implementação de modelos de produção, que sejam produtivos e que promovam a competitividade e perenidade do negócio.

Assim sendo, a automação combinada com o uso de equipamentos de soldagem e com tecnologia para regulação de parâmetros CMT, tornam o processo mais produtivo. É nesse contexto que o presente trabalho demonstra a viabilidade da implementação da otimização do processo Gás Metal Arc Welding - GMAW automatizado, em substituição ao processo GMAW manual, na produção de assentos veiculares.

Quanto ao método aplicado para a implementação, foram coletados como base 4 dados referentes à soldagem dos assentos com a utilização do processo de GMAW manual, para a elaboração do estudo de análise do retorno de investimento – Payback. Ferramenta esta, que permite analisar a implementação da otimização do processo automatizado, comparando o custo de fabricação anterior com o custo atual.

Durante a coleta de informações, foi realizada uma avaliação dos dados de produtividade da soldagem das juntas, com os processos GMAW manual e GMAW mecanizado.

Esta análise confirma a capacidade produtiva dos processos implementados na célula da linha 3 (soldagem de fechamento da estrutura dos assentos dianteiros), garantindo a capacidade produtiva do processo, aumentando a qualidade do produto, reduzindo o custo de fabricação e gerando menos sucatas.

**Palavras Chaves:** Payback. Soldagem GMAW. Otimização. Viabilidade.

### **ABSTRACT**

The new challenges faced by organizations in this century require their managers to implement production models that are productive and to promote the competitiveness and sustainability of the business.

Thus, automation combined with the use of welding equipment which has technology for setting parameters CMT makes the process more productive. It is in this context that this study demonstrates the viability of implementing the optimization of the gas metal arc welding process - automated GMAW replacing the manual GMAW process in the production of vehicle seats.

As for the method used to implement this, 4 items of data regarding the welding of seats using the manual GMAW process were collected as a basis for preparing the analytical study of the return on investment - Payback, the tool which allows you to analyze the implementation of optimization of the automated process, comparing the previous cost with the current manufacturing cost.

During the data collection, an assessment of the data relating to the productivity of welding gaskets was carried out comparing the manual and mechanized GMAW processes.

This analysis confirms the productive capacity of the processes implemented in cell line 3, welding the structure of the front seats, ensuring the productive capacity of the process, increasing product quality, reducing the cost of manufacturing and generating less waste.

**Keywords:** Payback. GMAW welding. Optimization. Viability.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Subdivisão dos processos de soldagem .....	16
Figura 2 – Principais processos de soldagem (classificação aws) .....	17
Figura 3 – Processo de soldagem por fusão de acordo com a fonte de energia .....	18
Figura 4 – Princípio de funcionamento e componentes do processo gmaw. ....	20
Figura 5 – Robô de soldagem gmaw.....	21
Figura 6 – Cálculos de Payback.....	21
Figura 7 – Assento Dianteiro.....	21
Figura 8 – Desenho Produto .....	21
Figura 9 – Imagem do Dispositivo de Soldagem Manual .....	21
Figura 10 – Layout Linha 3 – Soldagem Manual.....	21
Figura 11 – Dispositivo subconjunto tubo de ligação dianteiro.....	31
Figura 12 – Simbologia de soldagem no tubo apc. ....	31
Figura 13 – Dispositivo subconjunto lateral externa do encosto dianteiro.....	31
Figura 14 – Simbologia de soldagem no subconjunto lateral externa e interna do encosto dianteiro .....	32
Figura 15 – Dispositivo subconjunto lateral externa do encosto dianteiro.....	33
Figura 16 – Simbologia de soldagem no subconjunto lateral ext. E interna do encosto dianteiro .....	34
Figura 17 – Dispositivo do encosto dianteiro direito e esquerdo .....	34
Figura 18 – Simbologia de soldagem no encosto dianteiro direito e esquerdo .....	35
Figura 19 – Dispositivo subconjunto lateral ext. E interna do banco dianteiro .....	36
Figura 20 – Simbologia de soldagem lateral ext. E interna do assento dianteiro .....	36
Figura 21 – Dispositivo subconjunto lateral ext. E interna do assento dianteiro.....	37
Figura 22 – Simbologia de soldagem na lateral ext. E interna do assento dianteiro .	38
Figura 23 – Dispositivo subconjunto assento dianteiro .....	39
Figura 24 – Simbologia de soldagem no subconjunto do assento dianteiro.....	40
Figura 25 – Dispositivo conjunto do assento dianteiro .....	40
Figura 26 – Simbologia de soldagem no conjunto do assento dianteiro .....	41
Figura 27 – Instrução de processo.....	42
Figura 28 – Célula 11 e 12 com dispositivo do assento dianteiro automático .....	44
Figura 29 – Simbologia de soldagem na estrutura do assento dianteiro automático	45

Figura 30 – Dispositivo de soldagem automático .....	46
Figura 31 – Programação da trajetória.....	47
Figura 32 – Bancada para inspeção visual e reparo .....	47
Figura 33 – Folha de parâmetro.....	49
Figura 34 – Tela de programação.....	50
Figura 35 – Linha modificada – processo de soldagem gmaw automatizado .....	51
Figura 36 – Célula de soldagem.....	52
Figura 37 – Projeto demonstrativo - célula de soldagem .....	53
Figura 38 – Comparação: antes e depois .....	54
Figura 39 – Comparação: antes e depois .....	55
Figura 40 – Comparação: antes e depois .....	56
Figura 41 – Comparação: antes e depois .....	57
Figura 42 – Planilha de custo da mão de obra e encargos sociais .....	58
Figura 43 – Planilha de cálculo de consumo do arame.....	59
Figura 44 – Gráfico de custo do arame .....	60
Figura 45 – Gráfico de custo do bico de contato.....	621
Figura 46 – Análise do custo – gás de proteção .....	62
Figura 47 – Gráfico de custo – gás de proteção.....	62
Figura 48 – Gráfico de redução – consumo de energia .....	63
Figura 49 – Gráfico de redução – custo de retrabalho .....	64

## LISTA DE SIGLAS

<b>AWS</b>	- American Welding Society
<b>GMAW</b>	- Gas Metal Arc Welding
<b>RSW</b>	- Resistance Spot Welding
<b>MIG</b>	- Metal Inert Gas
<b>MAG</b>	- Metal active Gas
<b>CMT</b>	- Cood Metal Transfer
<b>CC</b>	- Corrente Continua
<b>°F</b>	- Grau Fahrenheit
<b>CO<sub>2</sub></b>	- Dióxido de Carbono
<b>O<sub>2</sub></b>	- Oxigênio
<b>N<sub>2</sub></b>	- Nitrogênio

## SUMÁRIO

1. <b>INTRODUÇÃO</b> .....	12
2. <b>OBJETIVOS</b> .....	13
2.1 OBJETIVO GERAL.....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	13
3. <b>JUSTIFICATIVA</b> .....	14
4. <b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	15
4.1 DEFINIÇÃO DE SOLDAGEM.....	15
4.2 SOLDAGEM .....	15
4.3 PROCESSOS DE SOLDAGEM .....	16
4.4 DEFINIÇÕES DOS PROCESSOS DE SOLDAGEM.....	17
4.5 PROCESSO DE SOLDAGEM A ARCO COM PROTEÇÃO GASOSA GMAW (MIG/MAG).....	19
4.6 PROCESSOS DE SOLDAGEM ROBOTIZADOS .....	20
4.7 ROBÓTICA .....	21
4.8 PROCESSOS DE SOLDAGEM ROBOTIZADOS .....	22
4.9 CARACTERÍSTICAS DO ROBÔ.....	22
4.10 <i>PAYBACK</i> - PRAZO MÉDIO DE RECUPERAÇÃO.....	23
5. <b>METODOLOGIA</b> .....	24
5.1 DETECÇÃO DO PROBLEMA .....	24
5.2 ESTUDO DE <i>PAYBACK</i> .....	24
5.3 IMPLEMENTAÇÃO.....	26
6. <b>LEVANTAMENTO DE DADOS</b> .....	27
6.1 DESCRIÇÃO DO PRODUTO .....	27
6.2 DISPOSITIVOS DE MONTAGEM / SOLDAGEM .....	27
6.3 DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE SOLDAGEM.....	30
6.3.1 PROCESSO GMAW MANUAL - LINHA TRÊS: SOLDAGEM DE FECHAMENTO DA ESTRUTURA DO ASSENTO DIANTEIRO .....	30
6.3.2 INSTRUÇÕES DO PROCESSO MANUAL .....	41
6.3.3 ÁREA FOCO DO TRABALHO .....	43
6.3.4 PROBLEMAS DETECTADOS NA SOLDAGEM MANUAL .....	43
6.5 PROCESSO DE SOLDAGEM GMAW AUTOMATIZADO - LINHA TRÊS.....	43
6.5.1 PARÂMETROS DE SOLDAGEM UTILIZADOS PROCESSO GMAW AUTOMÁTICO.....	48
7. <b>RESULTADOS</b> .....	52
8. <b>CONCLUSÃO</b> .....	65
<b>REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA</b> .....	66

## 1. INTRODUÇÃO

Com a crescente abertura do mercado nacional, a implementação da automatização da soldagem e a abertura a novos concorrentes torna-se urgente para a empresa à sua imediata adequação a esta tecnologia de fabricação, promovendo melhoria na qualidade dos produtos, e garantindo assim a sua competitividade.

A competitividade intensa no mercado atual requer a conquista e manutenção de clientes, ofertando produtos adequados as suas necessidades, atendendo aos parâmetros de qualidade desejados, oferecendo baixo custo de produção e que estejam disponíveis em tempo hábil.

Levando-se em consideração a afirmativa acima, a produtividade e a qualidade são fundamentais para a obtenção de produtos mais competitivos no mercado.

A otimização do processo de soldagem Gás Metal Arc. Welding (GMAW) vem apresentando excelentes resultados, proporcionando à indústria uma melhoria significativa em seus índices de produtividade.

Dentro deste contexto, em uma primeira fase de trabalho foi executada a substituição do processo GMAW manual pelo processo automatizado, na operação de fechamento da estrutura do assento dianteiro.

Esta substituição visou à redução de operações, melhoria na qualidade nos cordões de solda, padronização dos parâmetros de soldagem, repetibilidade e ergonomia.

Neste trabalho serão apresentados os resultados da otimização do processo GMAW.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho é substituir o método de aplicação do processo GMAW manual pelo processo robotizado na fabricação de estruturas dos assentos veiculares.

### 2.2 Objetivos Especificos

- Padronizar e controlar os parâmetros de soldagem;
- Melhorar a qualidade do produto final definindo uma sequência de soldagem e o dimensionamento dos cordões de solda;
- Reduzir mão de obra;
- Reduzir custo final na fabricação dos assentos veiculares.

### **3. JUSTIFICATIVA**

Com a perda de mercado para a concorrência, a empresa busca como alternativa a automação do processo GMAW na linha de fabricação de assentos veiculares, para atender as exigências do mercado com produtos de melhor qualidade e menor custo de produção, capaz de torná-la novamente competitiva.

As estruturas dos assentos veiculares atualmente são fabricadas pelo processo GMAW manual, utilizando dispositivos que permitem a execução dos cordões de solda de maneiras diferentes por parte dos soldadores, permitindo assim variações nos parâmetros, na sequência de soldagem, no dimensionamento, afetando diretamente na qualidade do produto final.

Neste contexto, a empresa parte para automatização do processo GMAW, no intuito de reduzir os problemas gerados no processo manual, garantindo assim a receptibilidade, qualidade do produto final e redução do custo de fabricação.

## 4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 Definição de soldagem

A própria definição do que é uma soldagem, tem sofrido alterações no tempo. Em meados da década de 50, a American Welding Society (AWS) definia soldagem da seguinte forma:

Solda: uma coalescência, onde a coalescência é produzida pelo aquecimento a temperaturas convenientes, com ou sem aplicação de pressão e com ou sem o uso do metal de adição. O metal de adição, ou possui ponto de fusão aproximadamente igual aos metais base, ou possui ponto de fusão abaixo daquele dos metais, mas acima de 800° F. (AWS, 1958).

Cerca de trinta anos mais tarde a AWS publicou, na 8ª edição do Welding Handbook, uma nova definição do processo:

Solda: Uma coalescência localizada de metais ou não metais, produzida ou pelo aquecimento dos materiais até a temperatura de soldagem, com ou sem aplicação de pressão, ou pela aplicação de pressão somente, com ou sem o uso de metal de adição. (AWS, 1987).

Uma definição geral para a soldagem foi descrita por Wainer, Brandi e Mello (1992) e pela AWS (2010):

Soldagem é um processo de união entre partes metálicas usando uma fonte de calor, com ou sem aplicação de pressão.

### 4.2 Soldagem

Apesar de possuir aparência moderna, a união de materiais já era praticada há cerca de quatro mil e oitocentos anos, nos vales dos rios Nilo e Tigre-Eufrates.

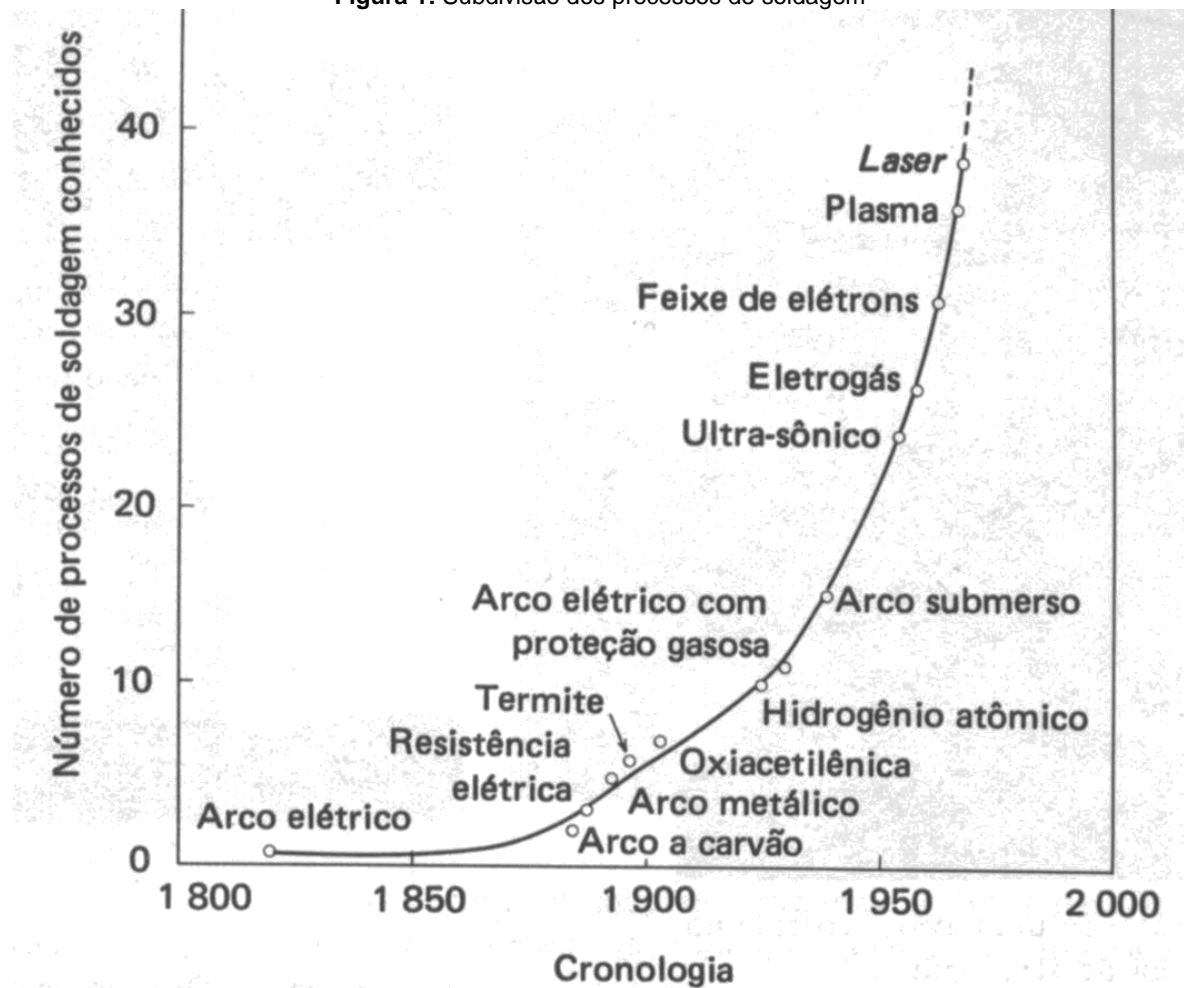
Embora o arco elétrico tenha sido desenvolvido no século XIX, foi após a II Guerra Mundial (1939 a 1945) que os processos de soldagem tiveram um avanço devido à necessidade de fabricação de estruturas em aço, veículos espaciais, veículos



ferroviários e rodoviários, pontes, prédios, oleodutos, gasodutos, plataformas marítimas, etc.

A figura 1 apresenta o surgimento cronológico dos processos de soldagem.

Figura 1: Subdivisão dos processos de soldagem

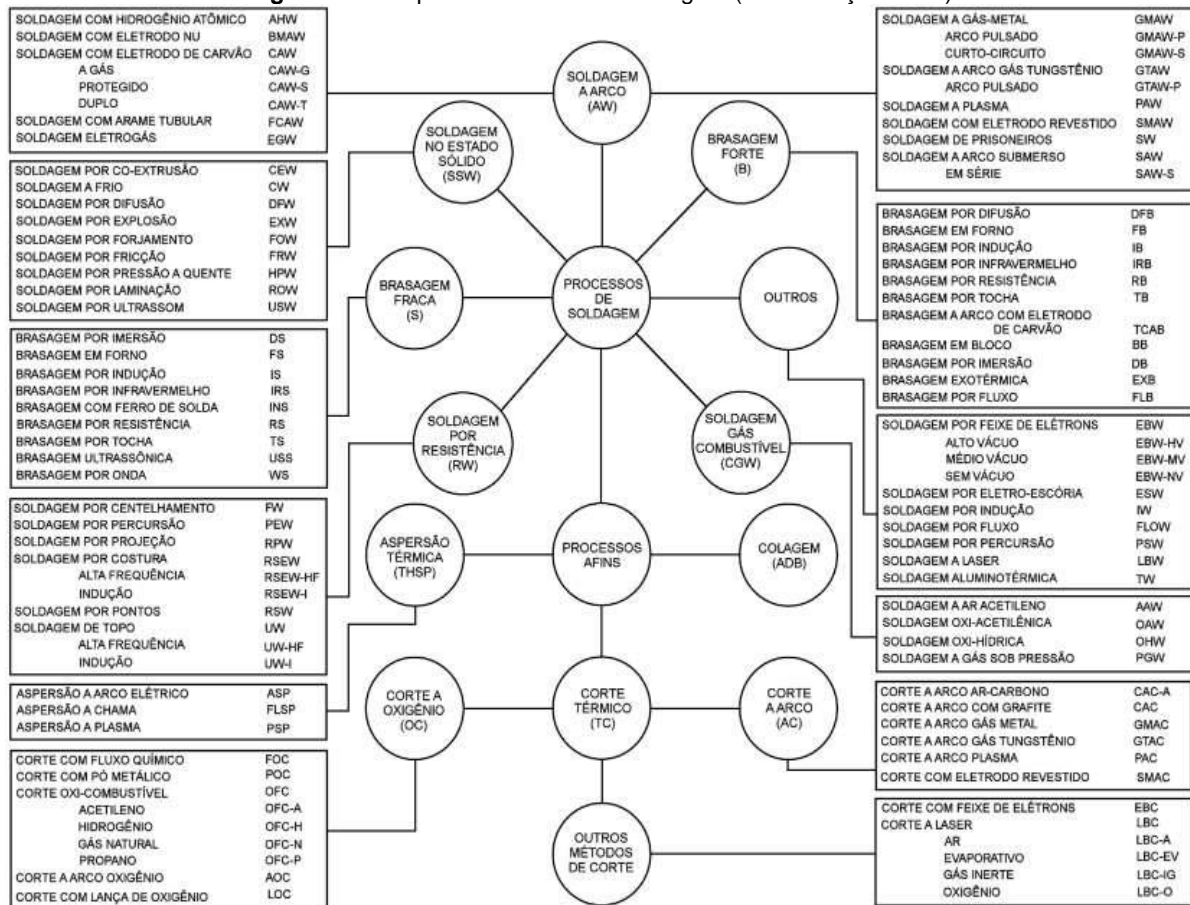


Fonte: WAINER; BRAND; MELLO, 1992

#### 4.3 Processos de soldagem

São inúmeros os processos de soldagem utilizados pelas diversas áreas da indústria para a união de materiais. A figura 2 apresenta os principais processos de soldagem de acordo com a AWS.

Figura 2: Principais Processos de Soldagem (Classificação AWS)



Fonte: Marques (2013, p. 23)

#### 4.4 Definições dos processos de soldagem

A figura 3 apresenta uma tabela que demonstra como alguns processos de soldagem são diferenciados pela fonte de energia para a obtenção da fusão, identificando suas principais características e aplicações.

**Figura 3 – Processo de soldagem por fusão de acordo com a fonte de energia**

Processo	fonte de calor	tipo de corrente e polaridade	Agente protetor	Outras características	Aplicações
Soldagem por eletro-escória	Aquecimento por resistência da escória líquida	Contínua ou alternada	Escória	Automática/ Mecanizada. Junta na vertical. Arame alimentado mecanicamente na poça de fusão. Não existe arco elétrico.	Soldagem de aços carbono, baixa e alta liga, espessura $\geq 50$ mm. Soldagem de peças de grande espessura, eixos etc.
Soldagem a arco submerso	Arco elétrico	Contínua ou alternada.  Eletrodo +	Escória	Automática / mecanizada. Ou semi-automática. O arco arde sob uma camada de fluxo granular.	Soldagem de aços carbono, baixa e alta liga. Espessura $\geq 10$ mm. Posição plana ou horizontal de peças estruturais, tanques, vasos de pressão etc.
Soldagem com eletrodo revestido	Arco elétrico	Contínua ou alternada.  Eletrodo + ou -	Escória e gases gerados	Manual. Vareta metálica recoberta por camada de fluxo.	Soldagem de quase todos os metais, exceto cobre puro, metais preciosos, reativos e de baixo ponto de fusão. Usado na soldagem em geral.
Soldagem com arame tubular	Arco elétrico	Contínua.  Eletrodo +	Escória e gases gerados ou fornecidos por fonte externa. Em geral o $CO_2$	Automático ou semiautomático. O fluxo está contido dentro de um arame tubular de pequeno diâmetro.	Soldagem de aços carbono, baixa e alta liga com espessura $\geq 1$ mm. Soldagem de chapas, tubos e etc.
Soldagem MIG/MAG	Arco elétrico	Contínua.  Eletrodo +	Argônio ou Hélio, Argônio + $O_2$ , Argônio + $CO_2$ , $CO_2$	Automática/ mecanizado ou Semi-automática. O arame é sólido.	Soldagem de aços carbono, baixa e alta liga, não ferrosos, com espessura $\geq 1$ mm. Soldagem de tubos, chapas etc. Qualquer posição
Soldagem plasma	Arco elétrico	Contínua.  Eletrodo -	Argônio ou Hélio, Argônio + Hidrogênio	Manual ou automática. O arame é adicionado separadamente. Eletrodo não consumível de tungstênio. O arco é constricto por um bocal.	Todos os metais importantes em engenharia, exceto Zn, Be e suas ligas, com espessura de até 1,5 mm. Passes de raiz.
Soldagem TIG	Arco elétrico	Contínua ou alternada.  Eletrodo -	Argônio ou Hélio, ou mistura destes	Manual ou automática. Eletrodo não consumível de tungstênio. O arame é adicionado separadamente.	Soldagem de todos os metais, exceto Zn, Be e suas ligas, espessura entre 1 e 6 mm. Soldagem de não ferrosos e aços inox. Passe de raiz de solda em tubulações.
Soldagem por feixe de elétrons	Feixe de elétrons	Contínua. Alta tensão Peça +	Vácuo ( $\approx 10^{-4}$ mm Hg)	Soldagem automática. Não usa, em geral, metal de adição. Feixe de elétrons permite uma elevada concentração de energia.	Soldagem de todos os metais, exceto nos casos de evolução de gases ou vaporização excessiva, em geral, a partir 25 mm de espessura. Indústria nuclear e aeroespacial.
Soldagem a laser	Feixe de luz		Argônio ou Hélio.	Soldagem automática. Não usa, em geral, metal de adição. Laser permite uma elevada concentração de energia.	Soldagem de todos os metais, exceto nos casos de evolução de gases ou vaporização excessiva. Indústria automobilística, nuclear e aeroespacial.
Soldagem a gás	Chama oxiacetilênica		Gás ( $CO, H_2, CO_2, H_2O$ )	Manual. Arame adicionado separadamente.	Soldagem manual de aço carbono, Cu, Al, Zn, Pb e bronze. Soldagem de chapas finas e tubos de pequeno diâmetro.

Fonte: MARQUES; MODENESI; BRACARENSE, 3ª Edição.

#### 4.5 Processo de soldagem a arco com proteção gasosa GMAW (MIG/MAG)

O processo GMAW (MIG/MAG) acontece por meio de um arco elétrico estabelecido entre a peça e um eletrodo consumível em forma de arame (fio), fornecido por um alimentador contínuo, gerando a chamada poça de fusão e com a utilização de um gás de proteção.

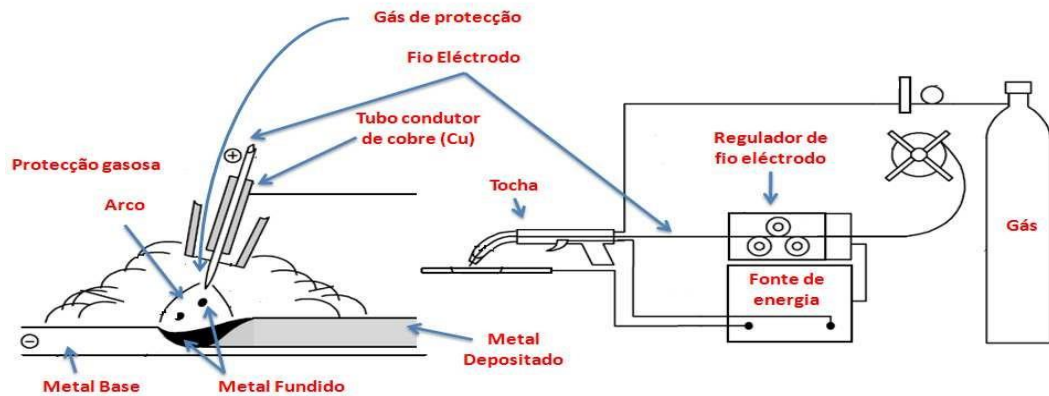
No caso do processo de soldagem MIG (Metal Inert Gás), o gás pode ser composto por: Argônio, Hélio, e com um pequeno % de O<sub>2</sub>, e no processo MAG (Metal Active Gás) os gases utilizados podem ser: CO<sub>2</sub>; CO<sub>2</sub> + 5 a 10% de O<sub>2</sub>; Argônio + 15 a 30% de CO<sub>2</sub>; Argônio + 5 a 15% de CO<sub>2</sub>; Argônio + 25 a 30% de N<sub>2</sub> [Okuma, T. 1982], e ambos protegem o metal do ar atmosférico, evitando a contaminação do metal pelo oxigênio e nitrogênio presentes na atmosfera. (PLANCKAERT et al., 2010; ZIELINSKA et al., 2009; MOORE; NAIDU, 1999; MOORE et al.1997).

O processo GMAW é bastante versátil, suas principais vantagens são: soldagem em todas as posições, alta produtividade e eficiência, qualidade e ótima aparência do cordão de solda, alta facilidade de mecanização, alta taxa de deposição, aplicado em uma faixa ampla de espessuras e de materiais.

O equipamento para soldagem com o processo GMAW consiste em uma fonte de energia, que pode ser um gerador, um retificador ou uma fonte soldagem inversora, um alimentador de arame, uma tocha de soldagem, uma fonte de alimentação de gás de proteção, cabos e mangueiras.

O desenho esquemático para esse processo pode ser observado na figura 4.

**Figura 4:** Princípio de funcionamento e componentes do processo GMAW.



**Fonte:** Kou, Sindo; "Welding Metallurgy Second Edition"; 2003  
John Wiley and Sons Inc, Hoboken New Jersey;

#### 4.6 Processos de soldagem robotizados

Soldagem robotizada é uma forma específica de soldagem automática a qual é definida pela AWS como:

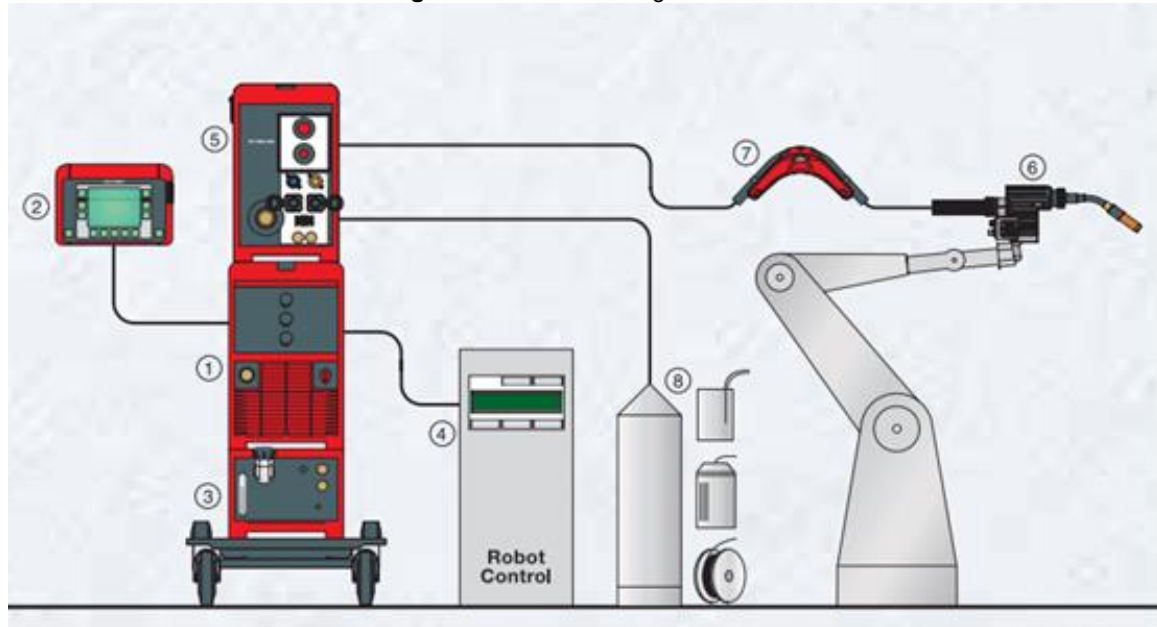
Soldagem com equipamento (robô, manipulador, etc.) que executa operações de soldagem, após programação, sem ajuste ou controle por parte do operador de solda.

O primeiro processo de soldagem robotizado foi por resistência elétrica (Resistance Spot Welding - RSW), que surgiu na década de 70. A robotização deste processo, introduzido inicialmente na indústria automobilística, mudou completamente a concepção da linha de produção de automóveis, pois a precisão e a produtividade aumentaram significativamente. O processo GMAW está entre os processos mais utilizados na soldagem robotizada (notas de aula – Apostila – Professora Ivanilza Felizardo - Curso de Pós Graduação em Engenharia de Soldagem – UFMG, 2013 / 2014)

Este método de aplicação ganha uma maior rentabilidade na fabricação de peças em série, uma vez que o robô por meio de programação, efetua a mesma sequência de soldagem de forma precisa e repetitiva. Com isso, haverá menos discontinuidades induzidas se o robô for bem programado. ("Welding Robots – Technology, System Issues and Applications"; 2006 Springer-Verlag, London).

O desenho esquemático para esse processo pode ser observado na figura 5.

**Figura 5:** Robô de soldagem GMAW



- 1 Fonte de solda TPS 4000 CMT
- 2 Controle remoto RCU 5000i
- 3 Aparelho de refrigeração FK 4000 R
- 4 Interface para robô
- 5 Alimentador do arame VR 7000 CMT
- 6 Robo cta Drive CMT
- 7 Buffer de arame
- 8 Alimentação de arame

**Fonte:** Catalogo Fronius.

#### 4.7 Robótica

Um robô pode ser definido como:

Um manipulador automático multifunção reprogramável, tendo diversos graus de liberdade, capazes de manusear materiais, peças, ferramentas ou dispositivos especializados por meio de movimentos programados variáveis, para desempenho de uma variedade de tarefas... Ele frequentemente tem a aparência de um ou diversos braços, terminando em um punho. Sua unidade de controle usa um elemento de memória e algumas vezes podem usar sensores e dispositivos de adaptação, que levam em conta o ambiente e as circunstâncias. Essas máquinas de múltiplos propósitos são geralmente projetadas para executar funções repetitivas e podem ser adaptados a outras funções sem alternância permanente do equipamento. (Economic Commission for Europe (1985) Production and Use of Industrial Robots, UN Economic Commission for Europe, ECN/ENG.ATV/15.)

#### 4.8 Processos de soldagem robotizados

O primeiro processo de soldagem a ser robotizado foi a soldagem por resistência elétrica por pontos (Resistance Spot Welding - RSW), surgida na década de 70. A robotização deste processo, introduzido inicialmente na indústria automobilística, mudou completamente a concepção da linha de produção de automóveis, pois a precisão e a produtividade aumentaram significativamente.

Atualmente, o processo de soldagem com eletrodo sólido contínuo sob proteção gasosa (Gás Metal Arc. Welding - GMAW) é, entre os vários processos de soldagem existentes, o mais utilizado em soldagem robotizada. Os processos de soldagem e cortes que possuem interface com os robôs industriais atualmente são:

- Gás Metal Arc. Welding – GMAW, ou processo de soldagem com eletrodo contínuo sob proteção gasosa, também conhecida como MIG/MAG (metal inert gás/metal active gás);
- Gás Tungsten Arc. Welding – GTAW, ou soldagem TIG;
- Laser Beam Welding and cutting – LBW, ou soldagem e corte a laser;
- Plasma Arc Welding and cutting – PAW, ou soldagem e corte à plasma;
- Resistance Spot Welding – RSW ou soldagem por resistência elétrica por pontos

#### 4.9 Características do robô

O robô possui movimentações muito flexíveis, pois possuem sistemas de movimentação com vários eixos, o que lhes garante grande mobilidade e flexibilidade perante as zonas a unir. Possui área de trabalho bem definida, sendo a sua célula de trabalho definida mediante as suas capacidades de funcionamento. Grande precisão na execução da soldagem e capacidade de repetição sem a ocorrência do erro humano, permitindo grandes velocidades de avanço, grandes taxas de deposição, com uma sequência de trabalho bem definida, reduzindo o tempo de execução das peças.

Pelas razões mencionadas anteriormente, a soldagem robotizada tem aumentado em larga escala na produção dos diversos componentes, aumentando desta forma a

produtividade. A indústria automobilística é onde se verifica uma maior utilização deste processo.

#### 4.10 *Payback* - prazo médio de recuperação

Existem várias ferramentas técnicas (métodos) para se determinar se um projeto é vantajoso ou não.

Para efeito deste trabalho, utilizamos o *Payback* – Prazo Médio de Recuperação.

O *Payback* é um dos indicadores utilizados na análise de retorno de projetos que indica o tempo, em unidades de dias, meses ou anos, necessário para o lucro acumulado gerado igualar o investimento inicial.

O *Payback* pode ser definido de acordo como a citação abaixo.

Essa técnica (ou método) consiste em determinar quando a empresa recuperara seu dinheiro aplicado no projeto. Dito diferentemente significa dizer o número de períodos necessários para recuperar o capital investido. (FONSECA,2009)

Este método tem como principais vantagens:

- O fato de ser bastante simples na sua forma de cálculo e de fácil compreensão;
- Fornece uma idéia do grau de liquidez e de risco do projeto;
- Em tempo de grande instabilidade e pela razão anterior, a utilização deste método é uma forma de aumentar a segurança dos negócios da empresa;
- Adequado à avaliação de projetos em contexto de risco elevado;
- Adequado à avaliação de projetos com vida limitada;



## 5. METODOLOGIA

### 5.1 Detecção do problema

O trabalho foi desenvolvido basicamente por alguns fatores. O primeiro se refere ao alto índice de reclamações por parte dos clientes devido à má qualidade do produto, o que levou a empresa a sofrer auditorias de inspeção, por empresas terceirizadas contratadas pelos clientes, situação que compromete sua credibilidade e segundo o custo de fabricação.

Com base nas reclamações dos clientes, foram analisadas várias estruturas de assentos veiculares, soldadas manualmente pelo processo GMAW e definidos os principais problemas gerados durante a fabricação. Também foram coletados os dados referentes aos custos de fabricação e de reparos deste produto.

Em virtude destas análises, a empresa detectou a necessidade de implementação de melhorias em seu processo de fabricação, indicado como solução viável a automatização do processo GMAW, objetivando a solução dos problemas de qualidade, segurança e a redução nos custos de fabricação.

Para garantir a satisfação dos clientes oferecendo produtos de qualidade e com segurança, produzidos com custos mais baixos e melhor qualidade, fatores de fundamental importância para assegurar a credibilidade e sobrevivência no mercado, a empresa solicitou um estudo de Payback com o objetivo de viabilizar a implementação desta otimização.

### 5.2 Estudo de *payback*

O *Payback* consiste no cálculo do tempo necessário para que as receitas recuperem as despesas realizadas com os investimento na implementação de otimização do processo GMAW.

Para a elaboração do *Payback*, foram usados como base os dados coletados durante a identificação do problema:

- Mão de obra considerando os salários, encargos contratuais, participação nos lucros e abonos;
- Custo de consumíveis de soldagem, como gás de proteção, arame e bico de contato;
- Custo da utilização da energia elétrica;
- Custo de retrabalho.

A proposta inicial da otimização tem como objetivos a melhoria da qualidade e a redução no custo de fabricação.

A figura 6 demonstra os dados coletados e os cálculos realizados no estudo do *Payback*, viabilizando a otimização do processo GMAW no fechamento do assento dianteiro veicular.

Em virtude destas análises a empresa detectou a necessidade de implementação de melhorias em seu processo de fabricação, indicado como solução viável a automatização do processo GMAW, objetivando a solução dos problemas de qualidade, de segurança e a redução nos custos de fabricação, para garantir a satisfação dos clientes oferecendo produtos de qualidade e com segurança, produzidos com custos mais baixos e melhor qualidade, fatores de fundamental importância para assegurar a credibilidade e sobrevivência no mercado.

Figura 6: Cálculos do Payback

PAY BACK					
INVESTIMENTOS	R\$	Descrição	R\$ (Anual)		
Infra Estrutura de Layout	-	Mão de Obra (Soldador)	R\$	206.579,98	
Modificação de Trilogiq	-	Mão de Obra (Montador)	R\$	156.540,62	
Investimentos em Robôs/Dispositivos	R\$ 1.040.000,00	Participação de Lucros	R\$	5.500,00	
		Abono salarial	R\$	1.300,00	
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 1.040.000,00</b>				
INDICADORES	ATUAL	PROPOSTO	MELHORIA	REDUÇÃO ANUAL	OBS.
Redução de pessoal - Soldador	50	42	4	<b>R\$ 206.579,98</b>	-
Redução de pessoal - Montador			4	<b>R\$ 156.540,62</b>	-
Participação nos lucros			8	<b>R\$ 44.000,00</b>	
Abono salarial			8	<b>R\$ 10.400,00</b>	
redução do custo de arame de solda	R\$ 1.035,12	R\$ 921,98	R\$ 113,14	<b>R\$ 1.357,68</b>	
Redução do custo de Gás (L/ano)	R\$ 1.455,11	R\$ 689,77	R\$ 765,33	<b>R\$ 9.183,96</b>	
Energia elétrica (KW)	20kw/h	12kw/h	- 8kw/h	<b>R\$ 36.860,31</b>	
Retrabalho (hs/anual)	2186,81	626	1561	<b>R\$ 18.730,68</b>	-
Redução de Bicos de contato	R\$ 287,64	R\$ 42,70	R\$ 244,94	<b>R\$ 2.939,28</b>	-
Custo termino (10HC) - Tempo hora		73800	(73.800,00)	<b>(73.800,00)</b>	-
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 486.593</b>	
	<b>Investimentos</b>	<b>Redução Anual</b>	<b>Pay Back ( anual )</b>		
	<b>R\$ 1.040.000,00</b>	<b>R\$ 486.592,51</b>	<b>2,1</b>		
	2015	R\$ 486.592,51			
	2016	R\$ 486.592,51			
	2017	R\$ 486.592,51			
	2018	R\$ 486.592,51			
	2019	R\$ 486.592,51			
	2020	R\$ 486.592,51			
	2021	R\$ 486.592,51			

Fonte: Arquivo da Empresa

### 5.3 Implementação

Após o estudo e validação da otimização do processo através do Payback, a empresa implementou a automatização de duas células de soldagem GMAW, compostas cada uma com uma mesa giratória, dois conjuntos de dispositivos de soldagem, dois robôs, duas fontes de soldagem e periféricos.

Esta automatização possibilitou a empresa a garantir a produtividade e padronização dos parâmetros de soldagem e dimensional das peças, diminuindo o custo de fabricação, garantindo a qualidade e a segurança do produto.

## 6. LEVANTAMENTO DE DADOS

### 6.1 Descrição do produto

O desenvolvimento da estrutura banco dianteiro foi realizado a partir de um desenho técnico de conjunto e um modelo matemático, fornecidos pela montadora (Cliente) durante as tratativas comerciais, cotações. Além do desenho e “matemática”, foram fornecidas normas específicas do produto, como normas de procedimento de realização de testes, entre outras.

Para que houvesse o desenvolvimento, a empresa providenciou a elaboração dos desenhos dos componentes e algumas de suas especificações, conforme figura 7.

**Figura 7:** Assento dianteiro.

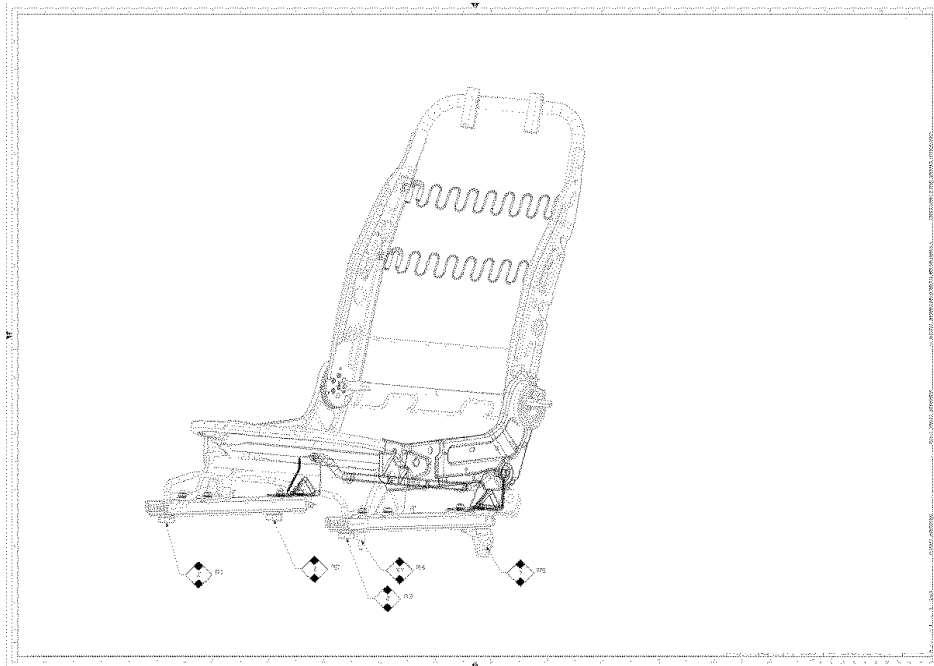


**Fonte:** Arquivo da Empresa

### 6.2 Dispositivos de montagem / soldagem

A figura 8 apresenta o desenho do assento veicular fornecido pelo cliente, a partir do qual foram fabricados os dispositivos para a montagem e soldagem pelo processo GMAW manual do produto

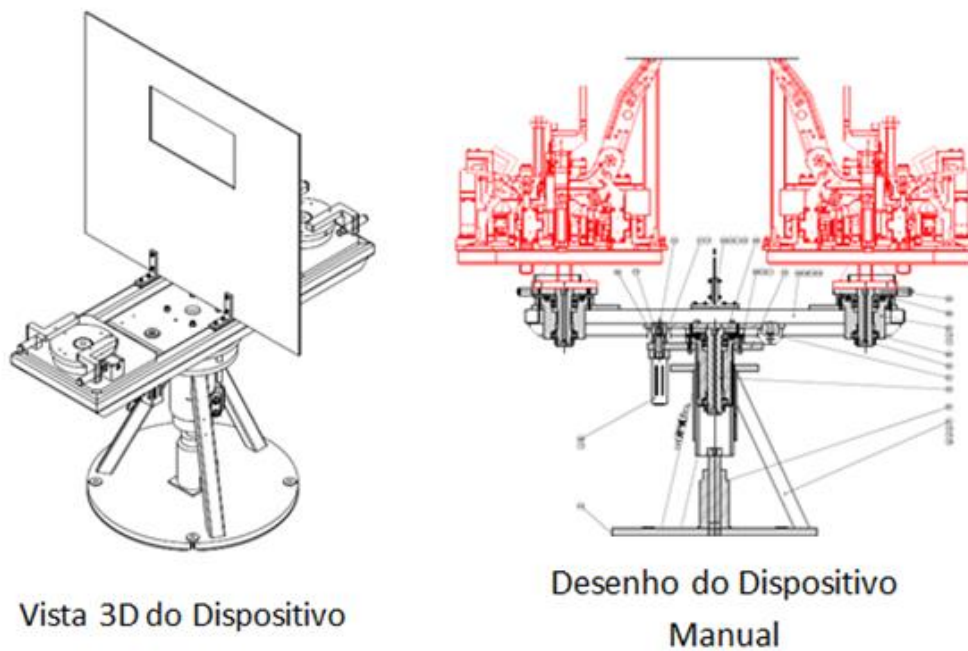
**Figura 8:** Desenho do produto.



**Fonte:** Arquivo da Empresa

As figuras 9A e 9B apresentam os desenhos esquemáticos das bancadas e dos conjuntos de dispositivos de soldagem GMAW – Manual.

**Figura 9A e 9B:** Imagem do dispositivo de soldagem manual



Vista 3D do Dispositivo

Desenho do Dispositivo  
Manual

**Fonte:** Arquivo da Empresa

A Figura 9A compreende o desenho da bancada giratória, com suporte para os dispositivos de soldagem, adaptada com biombo de separação com janela de visão com proteção com ultravioleta, para o montador. A Figura 9B consiste nos dispositivos de montagem e soldagem fixados na bancada giratória

A figura 10 apresenta o Layout dos postos de trabalho da linha três, onde são produzidos os assentos dianteiros direito e esquerdo. Em destaque a região onde foi executada a implementação do processo de otimização de soldagem GMAW.

Figura 10: Layout Linha 3- Soldagem manual



Fonte: Arquivo da Empresa

### 6.3 Descrição do processo de soldagem

#### 6.3.1 Processo GMAW manual - linha três: soldagem de fechamento da estrutura do assento dianteiro

Para a execução das oito etapas de soldagem da estrutura do assento dianteiro, são utilizados vinte e cinco colaboradores da seguinte forma:

1º Etapa Op. 10 – Soldagem do subconjunto tubo de ligação dianteiro com dois operadores e dois soldadores, de acordo com a figura 11.

**Figura 11:** Dispositivo subconjunto tubo de ligação dianteiro



**Fonte:** Arquivo da Empresa

Descrição da operação:

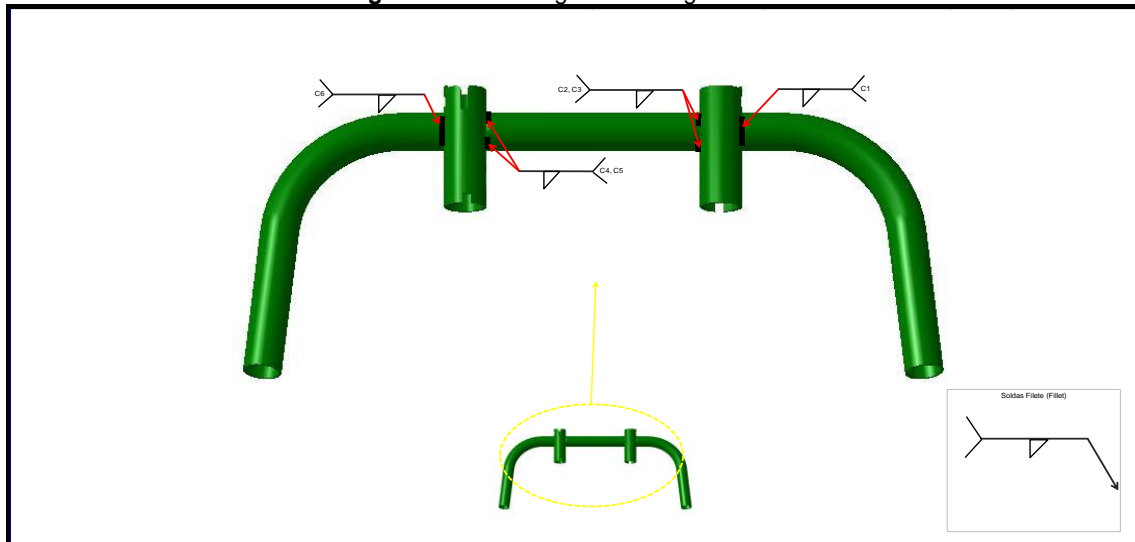
Estagio 1º – O montador deve montar nos dispositivos três subconjuntos: posicionando o tubo maior (APC) do apoio cabeça + 2 tubos menores de ligação.

Estagio 2º – Aciona o bi manual e gira o parquinho (mesa giratória) manualmente.

Estagio 3º – O soldador executa 6 cordões de solda GMAW em cada subconjuntos mantado, de acordo com a figura 12.

Estagio 4º – O montador retira os subconjuntos e os dispõem em caçamba para a próxima operação, e repete-se novamente a sequência.

**Figura 12:** Simbologia de soldagem no tubo APC.



Fonte: Arquivo da Empresa

2º Etapa Op. 20 - Soldagem do subconjunto lateral externa do encosto dianteiro direito e esquerdo, dois operadores e dois soldadores, de acordo com a figura 13.

**Figura 13:** Dispositivo subconjunto lateral externa do encosto dianteiro



Fonte: Arquivo da Empresa



Descrição da operação:

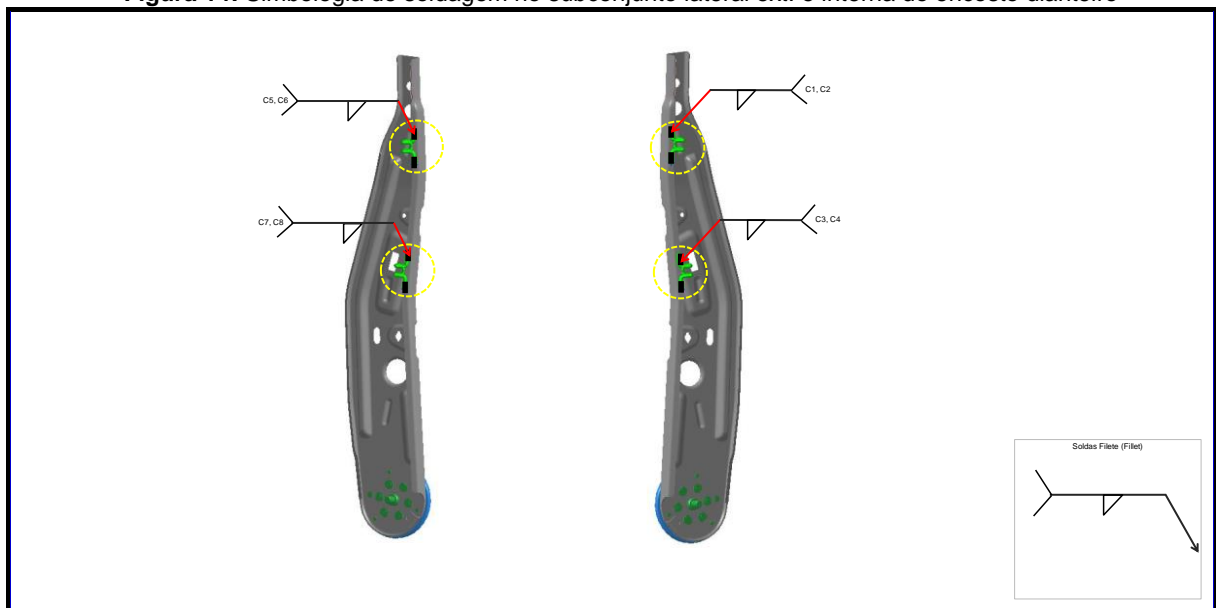
Estagio 1º – O montador deve montar nos dispositivos dois subconjuntos: posicionando a lateral interna e externa (SX/DX) do encosto + 4 gancho de fixação da mola.

Estagio 2º – Deve-se fechar os grampos e girar o parquinho manualmente.

Estagio 3º – O soldador executa 4 cordões de solda GMAW em cada subconjunto, de acordo com a figura 14.

Estagio 4º – O montador retira os subconjuntos e os dispõem para a próxima operação, e repete-se novamente a sequencia.

**Figura 14:** Simbologia de soldagem no subconjunto lateral ext. e interna do encosto dianteiro



Fonte: Arquivo da Empresa

3º Etapa Op. 30 - Soldagem do subconjunto lateral externa do encosto dianteiro direito e esquerdo, um operador. Esta operação já é automatizada, de acordo com a figura 15.

**Figura 13:** Dispositivo subconjunto lateral externa do encosto dianteiro



Fonte: Arquivo da Empresa

Descrição da operação:

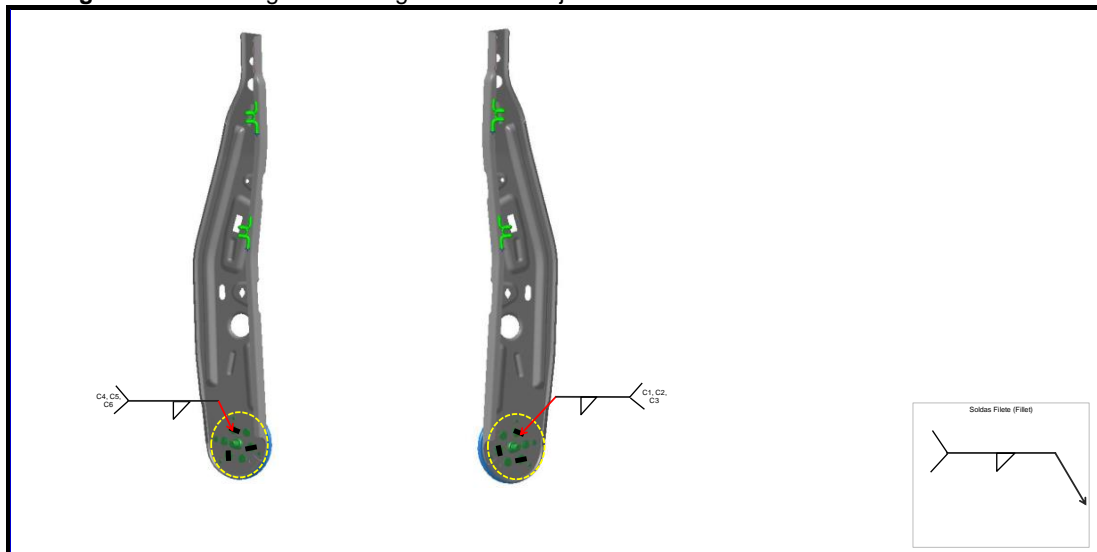
Estagio 1º – O montador deve montar nos dispositivos quatro subconjuntos: posicionando a lateral interna e externa do encosto + 2 reclinado.

Estagio 2º – Aciona o bi manual para o fechamento e giro automático da mesa.

Estagio 3º – O robô executa 3 cordões de solda GMAW em cada subconjunto, de acordo com a figura 16.

Estagio 4º – O montador retira os subconjuntos e os dispõem em carrinhos para a próxima operação, e repete-se novamente a sequência.

**Figura 14:** Simbologia de soldagem no subconjunto lateral ext. e interna do encosto dianteiro



Fonte: Arquivo da Empresa

4º Etapa Op. 40 - Soldagem do encosto dianteiro direito e esquerdo, dois operadores e dois soldadores, de acordo com a figura 17.

**Figura 15:** Dispositivo do encosto dianteiro direito e esquerdo



Fonte: Arquivo da Empresa

Descrição da operação:

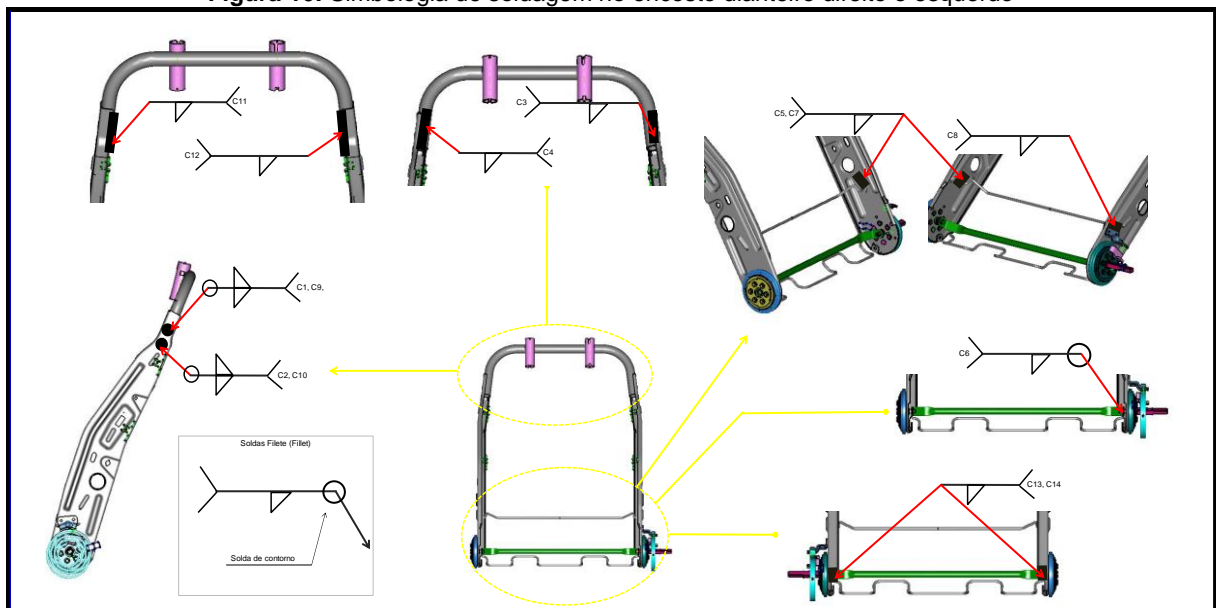
Estágio 1º – O montador deve montar nos dispositivos um subconjunto: posicionando o APC + lateral interna e externa do encosto + barra de ligação do reclinado + arame de fixação da capa superior + arame de fixação da capa inferior.

Estágio 2º – Fecha os grampos e girar o parquinho manualmente.

Estágio 3º – O soldador executa 14 cordões de solda GMAW de acordo com a figura 18.

Estágio 4º – O montador retira os subconjuntos e os dispõem em carrinhos para a próxima operação, e repete-se novamente a sequência.

**Figura 16:** Simbologia de soldagem no encosto dianteiro direito e esquerdo



Fonte: Arquivo da Empresa

5º Etapa Op. 50 - Soldagem do Subconjunto lateral externa e interna no assento dianteiro direito e esquerdo, dois operadores e dois soldadores, de acordo com a figura 19.

**Figura 19:** Dispositivo subconjunto lateral ext. e interna do banco dianteiro



Fonte: Arquivo da Empresa

Descrição da operação:

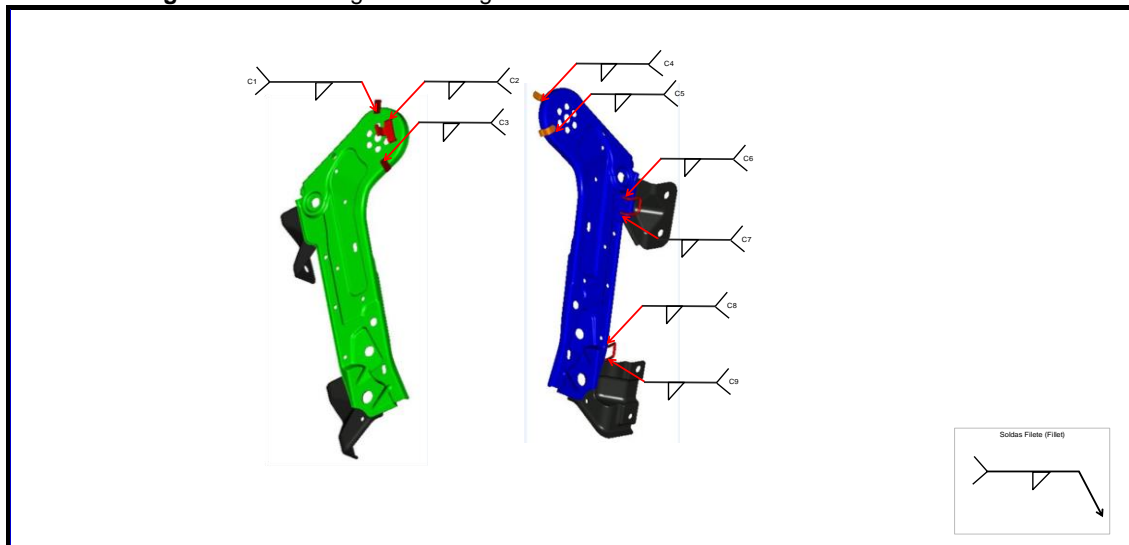
Estagio 1º – O montador deve montar nos dispositivos dois subconjuntos: posicionando a lateral interna e externa do assento + 2 suporte de fixação da capa + batente do reclinado + 2 chapa da capa plástica.

Estagio 2º – Fecha os grampos e gira o parquinho manualmente.

Estagio 3º – O soldador executa 12 cordões de solda GMAW em cada subconjunto de acordo com a figura 20.

Estagio 4º – O montador retira os subconjuntos e os dispõem em carrinhos para a próxima operação, e repete-se novamente a sequencia.

**Figura 20:** Simbologia de soldagem na lateral ext. e interna do assento dianteiro



Fonte: Arquivo da Empresa

6º Etapa Op. 60 - Soldagem do Subconjunto lateral externa do assento dianteiro direito e esquerdo, dois operadores e dois soldadores, de acordo com a figura 21.

**Figura 21:** Dispositivo subconjunto lateral ext. e interna do assento dianteiro



Fonte: Arquivo da Empresa

Descrição da operação:

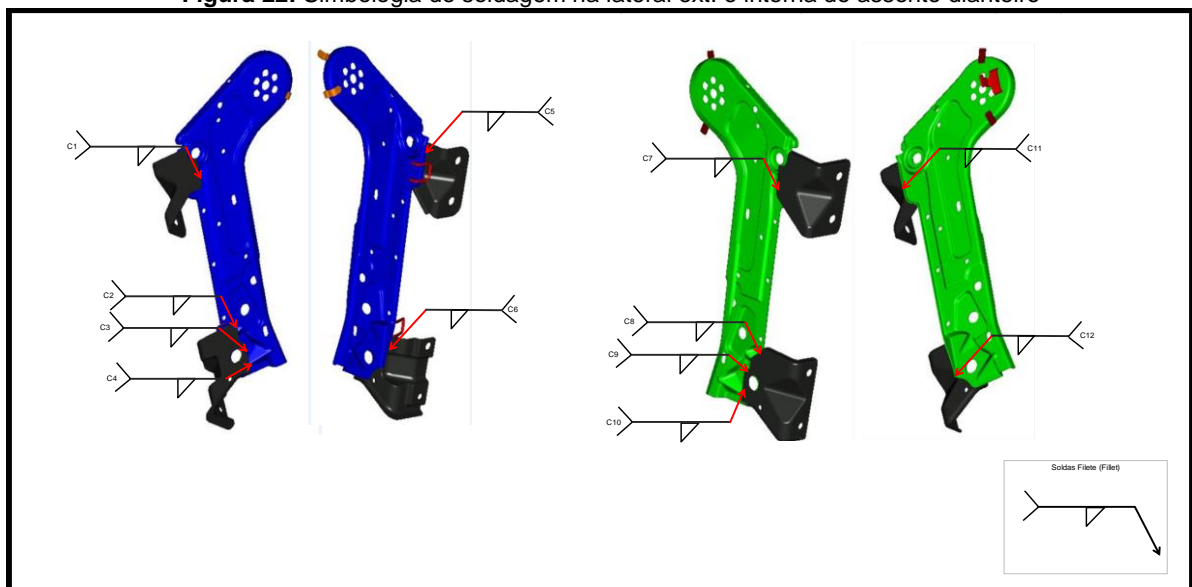
Estagio 1º – O montador deve montar nos dispositivos um subconjunto: posicionando a lateral interna e externa do assento + coligamento traseiro da lateral externa e interna + coligamento dianteira lateral externa e interna.

Estagio 2º – Fecha os grampos e girar o parquinho manualmente.

Estagio 3º – Executar 14 cordões de solda GMAW, de acordo com a figura 22.

Estagio 4º – O montador retira o subconjunto e dispõe em carrinho a próxima operação, e repete-se novamente a sequência.

**Figura 22:** Simbologia de soldagem na lateral ext. e interna do assento dianteiro



Fonte: Arquivo da Empresa

7º Etapa Op. 70 - Soldagem do subconjunto do assento dianteiro direito e esquerdo, dois operadores e dois soldadores, de acordo com a figura 23.

**Figura 23:** Dispositivo subconjunto assento dianteiro



Fonte: Arquivo da Empresa

Descrição da operação:

Estagio 1º – O montador deve montar nos dispositivos um subconjunto: posicionando a lateral interna e externa do assento + arame W + Tubo dianteiro + tubo central + travessa de reforço do assento + travessa frontal.

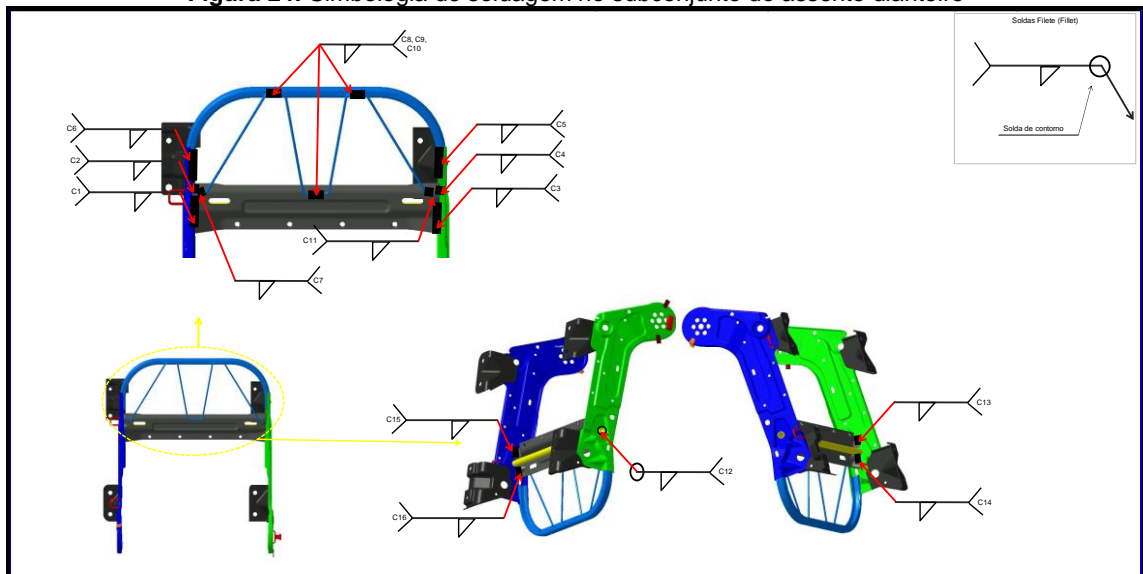
Estagio 2º – Fecha os grampos e gira o parquinho manualmente.

Estagio 3º – O soldador executar 18 cordões de solda GMAW, de acordo com a figura 24.

Estagio 4º – O montador retira o subconjunto e dispõe para a próxima operação, e repete-se novamente a sequência.



**Figura 24:** Simbologia de soldagem no subconjunto do assento dianteiro



Fonte: Arquivo da Empresa

8º Etapa Op. 80 - Soldagem do Conjunto do assento dianteiro direito e esquerdo, dois operadores e dois soldadores, figura 25.

**Figura 25:** Dispositivo conjunto do assento dianteiro



Fonte: Arquivo da Empresa

Descrição da operação:

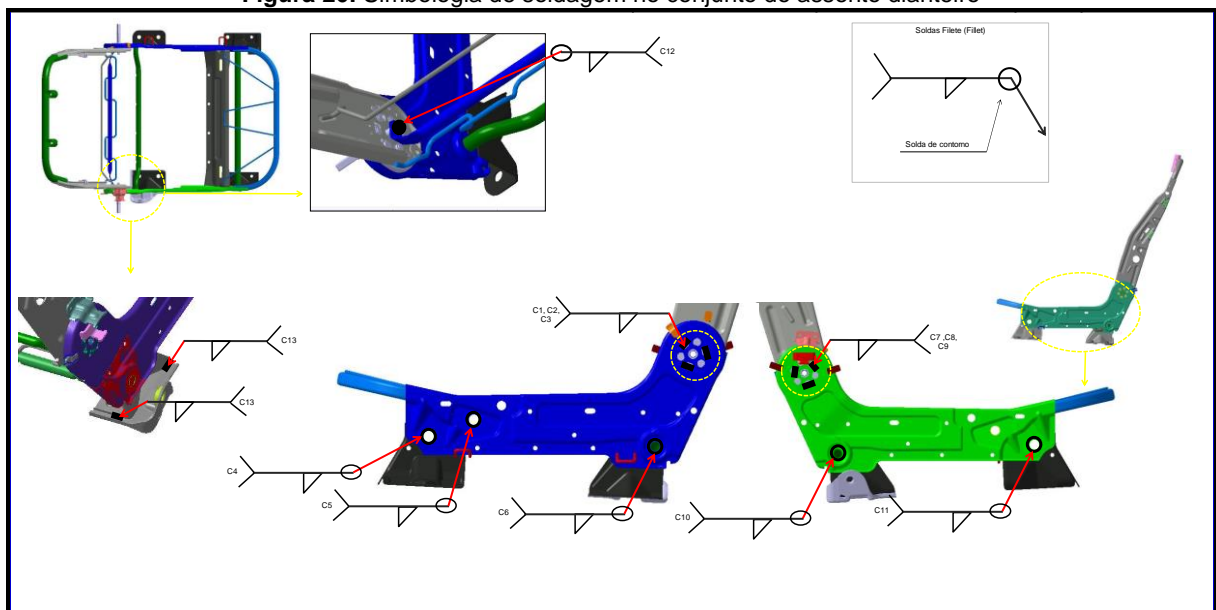
Estagio 1º – O montador deve montar nos dispositivos um subconjunto: posicionando o assento + encosto traseiro + tubo traseiro.

Estagio 2º – Fecha os grampos e gira o parquinho manualmente.

Estagio 3º – O soldador executa 14 cordões de solda GMAW, de acordo com a figura 26.

Estagio 4º – O montador retira o conjunto e dispõe no transportador para a operação de pintura, e repete-se a sequência.

**Figura 26:** Simbologia de soldagem no conjunto do assento dianteiro



Fonte: Arquivo da Empresa

### 6.3.2 Instruções do processo manual

Estão indicados na instrução do processo, a sequência de montagem, o local do cordão de solda e os parâmetros utilizados para soldagem dos assentos dianteiros conforme figura 27.

Lembrando que para o processo GMAW manual, o parâmetro de soldagem é único para todas as juntas e posições de soldagem.

Figura 27: Instrução de processo

EMPRESA		INSTRUÇÃO DE PROCESSO									
Descrição Produto:	Estrutura esquerda com regulador de altura sem apóia braço	Código Fornecedor:	2R214300	Código Cliente:	ES02538	Tipo Instrução:	<input type="checkbox"/> Protótipo				
	Estrutura esquerda com regulador de altura com apóia braço		2R213450		ES25897		<input type="checkbox"/>				
	Estrutura esquerda c/ regulador de altura 5P e suporte da carenagem		2R214400		ES25896		<input type="checkbox"/>				
	Estrutura esquerda c/ regulador de altura 5P c/ suporte da carenagem e c/ APB		2R210400		ES25900		<input type="checkbox"/>				
	Estrutura esquerda c/ memória c/ regulador de altura 3P e suporte da carenagem		2R213300		ES25998		<input type="checkbox"/> Pré-lançamento				
	Estrutura esquerda c/ regulador de altura 3P		2R214700		ES25997		<input checked="" type="checkbox"/> Produção				
Operação Atual:	10	Próxima operação:	20	Quantidade Homens:	2	Peças / Hora:	Conforme Quadro Produção	Tempo de ciclo:		Takt Time Atual:	
<b>Legenda:</b> Atividade implica em segurança                  Sequência obrigatória                  Indica a sequência do processo na ilustração		Atividade operacional crítica                  Indica a sequência do processo na ilustração		Indica a sequência e passos do processo para frente		Indica a sequência e passos do processo de retorno					
Sequência	Classificação	Descrição Atividade		Ilustração / Diagrama							
1		<b>1º Estagio</b>									
1.1		Posicionar Subconjunto suporte do cinto (2R210340) no dispositivo		1.1							
1.2		Posicionar Subconjunto assento (2R211560) e fechar grampos		1.2							
1.3		Posicionar subconjunto encosto com ou sem APB (2R211511/ 2R211310)		1.3							
1.4		Fechar grampos, acionar Bi-manual e Girar dispositivo.		1.4							
1.5		Soldar a mig conforme indicação.		1.5							
1.6		Retirar estrutura do dispositivo e Pendurar na Gancheira		1.6							
<b>Equipamento de Proteção Individual Mínimo Obrigatório</b>											
<b>Detalhamento Método à Prova de Falha</b>				<b>Instrução Preparação de Máquina</b>							
				Tensão entre 27 a 37 V Corrente entre 160 a 260 A Velocidade do arame 20 a 30 m/min Vazão de gás 16 a 25 l/min							
Sensor que monitora presença do suporte do cinto, caso não acusar presença do dispositivo não fechará impossibilitando o acoplamento dos componentes no dispositivo.				Presença de contador de solda, caso o número de cordões executados for inferior ao estabelecido, o dispositivo não girará impossibilitando a disposição do subconjunto à operação posterior.							
<b>Equipamento de produção</b>											
Código / Número 2R - 2000 MK 360D				Descrição Dispositivo de montagem manual Máquina de solda mig / mag							
<b>Materiais / Componentes</b>											
Material / Componente		Quantidade	Código Produto	Material / Componente		Quantidade	Código Produto				
Subcj. assento dianteiro regulador de altura 5P		01	2R211560								
Subcj. assento diant. reg. de altura 5P com carenagem 178.5		01	2R213460								
Subcj. assento diant. reg. de altura 3P com carenagem		01	2R214070								
Subcj. assento diant. reg. de altura 3P sem carenagem		01	2R210010								
Subcj. encosto dianteiro com APB/ sem APB 5P		01 - 01	2R211511 - 2R211310								
Subcj. encosto dianteiro 3P		01	2R210335								
Subcj. suporte do cinto de segurança		01	2R210340								
Arame de solda mig		0,14 m	010209001								
<b>Controle de Revisões</b>											
Número	Data	Descrição da Revisão		Elaborado por:	Verificado por:	Aprovado por:					
1	08/04/2011	Pré lançamento		Heleno Prado	Nilton	Reginaldo					
2	19/07/11	Era Dum:13/08/2010		Heleno Prado	Nilton	Reginaldo					

Fonte: Arquivo da Empresa

### 6.3.3 Área foco do trabalho

O trabalho foi desenvolvido na linha 03, na 7ª Etapa - operação 70, na execução da soldagem do fechamento da estrutura do assento dianteiro.

Foram feitos acompanhamentos periódicos com os soldadores e os operadores, responsáveis pela operação, onde se identificou os agentes causadores das anomalias no processo.

### 6.3.4 Problemas detectados na soldagem manual

Destacamos os principais problemas:

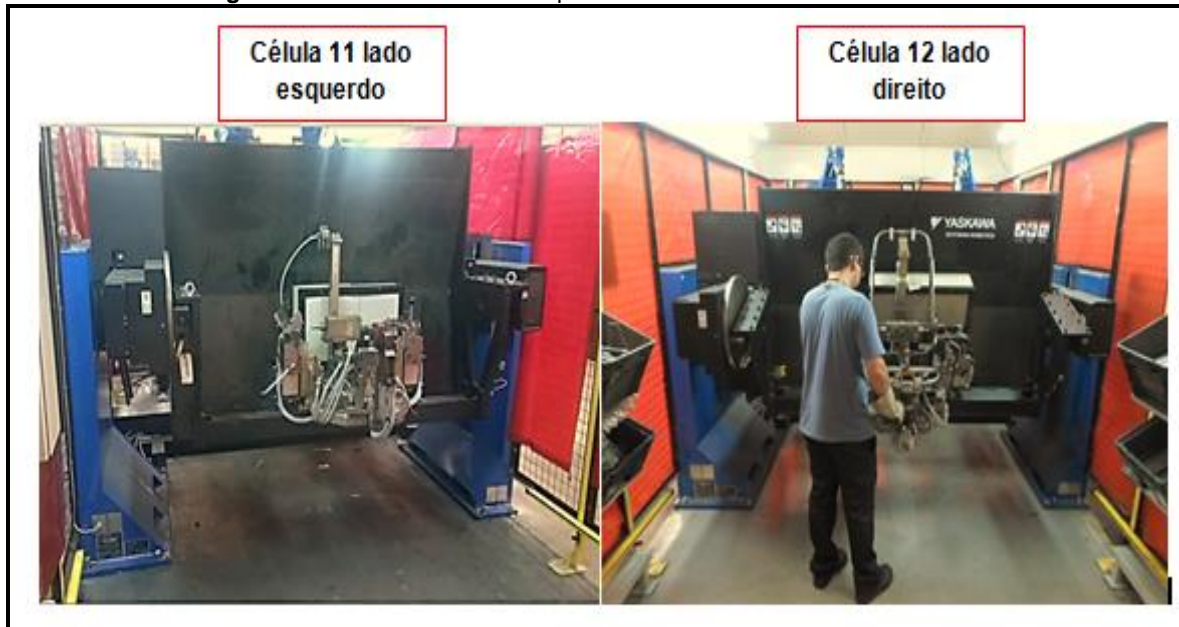
- Instabilidade do arco elétrico, devido ao stick out;
- Alta velocidade de soldagem;
- Variação no ângulo de trabalho;
- Instabilidade do arco gerando excesso de respingos;
- Uso de gás de proteção com percentual alto de CO<sub>2</sub> em torno de 25%, dificultando a regulação de transferência metálica por spray;
- Excesso de pontas de arame no início do cordão de solda;
- Parâmetro único de soldagem para todas as juntas e todas as posições;
- Consumo excessivo de arame de solda /gás de proteção e bicos de contato;
- Envio de estruturas sem solda para o Cliente.

### 6.5 Processo de Soldagem GMAW automatizado - linha três

Para a execução da soldagem da estrutura do assento dianteiro, serão utilizados após a implementação, 21 colaboradores da seguinte forma: da 1ª à 6ª etapa, mantém-se o processo manual conforme apresentado nas figuras 11 a 22.

O objeto do trabalho de otimização: 7ª Etapa Op. 70 – Soldagem do Conjunto do assento dianteiro direito e esquerdo, redução de 2 colaboradores ( soldadores ) passando a célula a trabalhar com apenas um operador, como mostra a figura 28.

**Figura 7:** Célula 11 e 12 com dispositivo do assento dianteiro automático



Fonte: Arquivo da Empresa

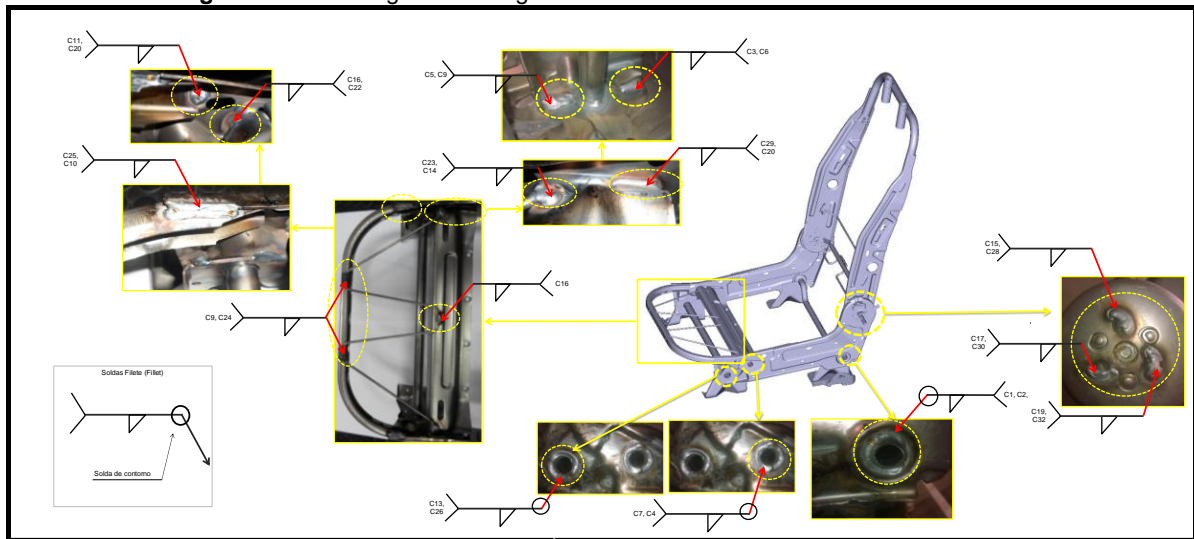
Descrição da operação:

Estágio 1º – O operador devera montar nos dispositivos um subconjunto: posicionando a lateral interna e externa do assento + arame W + tubo dianteiro + tubo central + travessa de reforço do assento + travessa frontal + tubo traseiro + suporte do cinto de segurança + conjunto do encosto traseiro.

Estágio 2º – Aciona o bi manual para o fechamento do dispositivo e giro automático da mesa.

Estágio 3º – O robô executa 29 cordões de solda GMAW, de acordo com a figura 29.

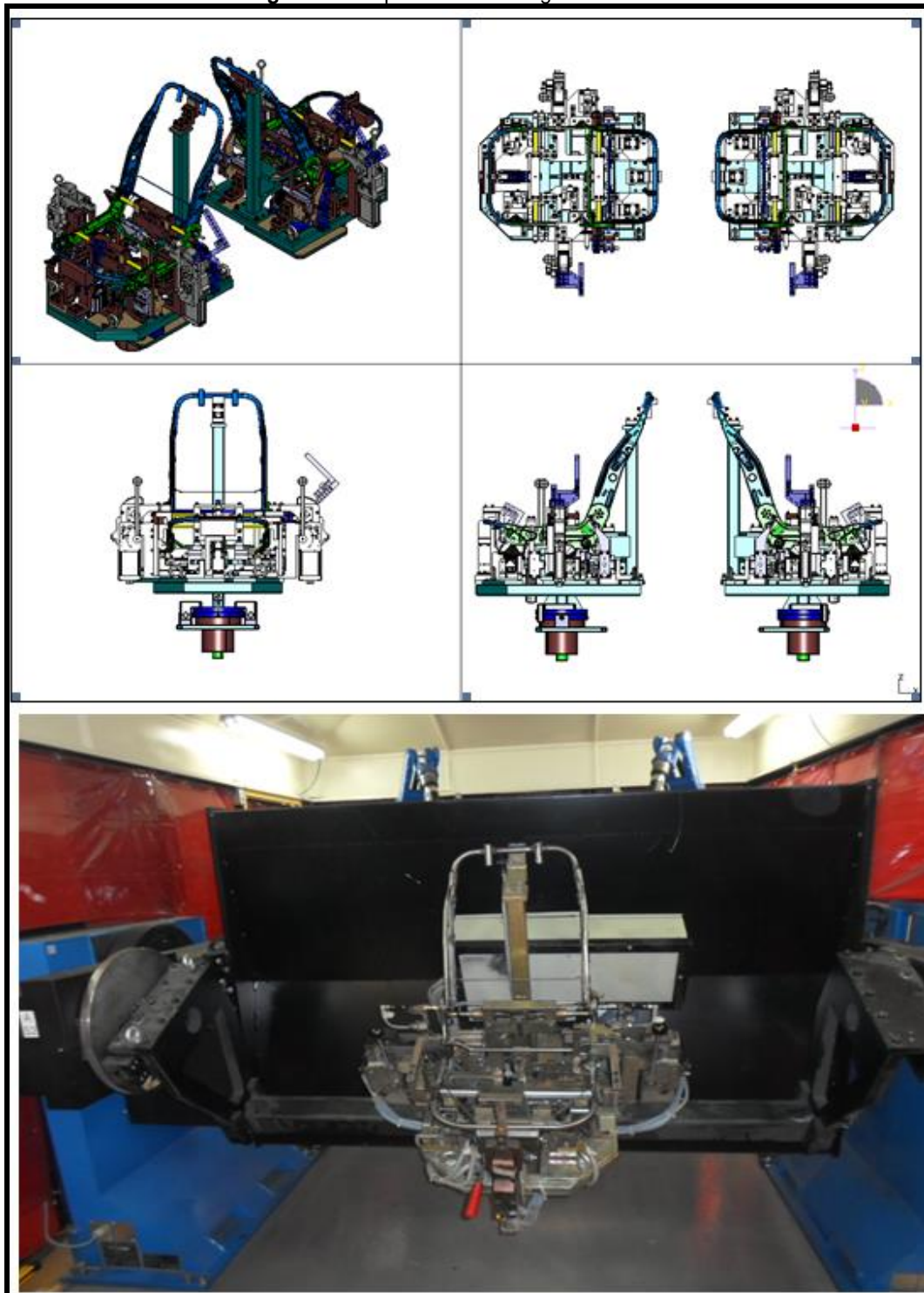
Estágio 4º – O operador retira o conjunto e dispõe para inspeção em uma bancada gravitacional, figura 32, e repete-se a sequência.

**Figura 29: Simbologia de soldagem na estrutura do assento dianteiro automático**

Fonte: Arquivo da Empresa

Na otimização da 7ª etapa, os dispositivos giratórios utilizados para soldagem manual, que foram construídos a partir do desenho fornecido pelo cliente, figura 8, foram retro fitados e modificados de acordo com a necessidade da implementação.

Foi realizada a instalação de um posicionador servo controlado, grampos, cilindros pneumáticos, válvulas, sensores de presença de componentes, e painéis elétricos e pneumáticos para comunicação de sinais entre dispositivos, posicionadores e robôs, figura 30.

**Figura 30:** Dispositivo de soldagem automático

Fonte: Arquivo da Empresa

Na figura 31 é realizada a programação de trajetória do robô visando otimizar o melhor tempo de programação reduzindo o tempo total de movimentação do robô.

**Figura 31:** Programação da trajetória



Fonte: Arquivo da Empresa

8º Etapa Op. 80 – Inspeção visual e reparo, um soldador, figura 32.

**Figura 32:** Bancada para inspeção visual e reparo



Fonte: Arquivo da Empresa



Descrição da operação:

Estagio 1º – O soldador posiciona o conjunto soldado na bancada giratória.

Estagio 2º – Inspecciona visualmente todos os cordões de solda.

Estagio 3º – Repara o cordão de solda não conforme.

Estagio 4º – Retira o conjunto da bancada e dispõe em um transportador para a operação de pintura, figura 32, e repete-se a sequencia.

OBS.: A 7ª e 8ª etapas eram realizadas separadamente no processo manual. Com a otimização, as duas foram incorporadas na 7ª etapa e assim a 8ª etapa passou a ser de inspeção e reparo do produto.

#### 6.5.1 Parâmetros de soldagem utilizados processo gmaw automático

Os parâmetros utilizados para soldagem estão indicados na folha de parâmetro, figura 33.

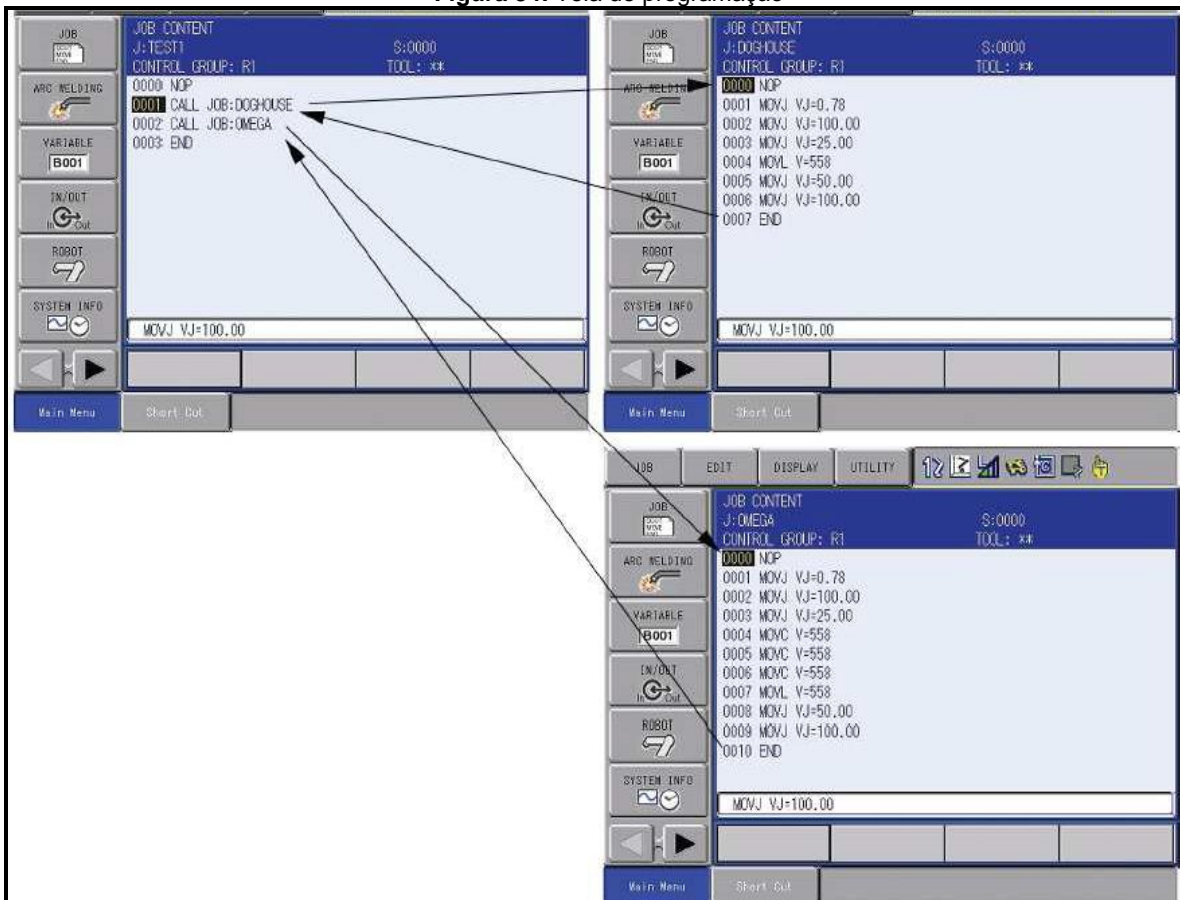
Figura 33: Folha de parâmetro

EMPRESA		FOLHA DE PARÂMETRO						DEENP.044 Rev.: 01																
NOME DA PEÇA:		CÓDIGO FORMEADOR:		CÓDIGO CLIENTE:		OPERAÇÃO:		MÁQUINA:																
Montagem estruturas dianteiras esquerda		2R214300 / 13450 / 10400MY / 14300 / 14700		ES02538 / ES25897 / ES25897 / ES25900 / ES25998		10		TransPlus Synergic 4000 CMT																
<p><b>Normas de Referências:</b>                  Conforme norma: Simbologia AWS A2.4 - 98 / AWS A3.0 - 2001 - Definições dos termos padrões de soldagem.</p> <p><b>CLASSIFICAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS</b></p> <p>REPORT CRÍTICA</p> <p>IGHF - Plana G - Índice junta chanfrado                  2GDF - Horizontal F - Índice solda em ângulo                  3GDF - Vertical                  4GDF - Sobrecabeça                  5GDF - Plana/Vertical/Sobrecabeça                  6G - Todos</p> <p>CÓDIGO PARA DEPOSIÇÃO RE - Retina                  DE - Osmara                  CODO PARA PROGRESSÃO ABC - Acelerante                  DESC - Desacelerante</p>																								
TÉCNICA SOLDAGEM			CONSUMÍVEL				CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS										GÁS							
PROCESSO DE SOLDAGEM	DEPOSIÇÃO	PROGRESSÃO	VELOC. DO ROBO (mm/min)	ESPECIF.	CLASSIF. (AWS)	MARCA	FABRIC.	DIÂM (mm)	MESA	SEÇÃO DE SOLDA (WB)	PROGRAMA	CORDÃO	COMPIMENTO	JOB	P	AL1	S&K	BBC	COR./POL.	Fx.AMP.	Fx.VOLT	Veloc. Flo (mm/min)	TPO / %	VAZÃO (mm)
GMW (ING/MAG)	RE	3F (DESC)	20	AWS 5.18.05	ERTOS-6	BPT15.BME-C4	BELGO	1,0 mm	B	SD 01	21	C1	55 mm	21	6,3x0,3	10	0	CC+	171-189	18-20	6,3x0,3	C 25%	11-15	18-20
GMW (ING/MAG)	RE	3F (DESC)	20	AWS 5.18.05	ERTOS-6	BPT15.BME-C4	BELGO	1,0 mm	B	SD 01	521	C2	55 mm	21	6,3x0,3	10	0	CC+	171-189	18-20	6,3x0,3	C 25%	11-15	18-20
GMW (ING/MAG)	RE	2F	24	AWS 5.18.05	ERTOS-6	BPT15.BME-C4	BELGO	1,0 mm	B	SD 01	22	C3	20 mm	22	8,0x0,4	2	0	CC+	177-187	19-21	8,0x0,4	C 25%	11-15	18-20
GMW (ING/MAG)	RE	3F (DESC)	30	AWS 5.18.05	ERTOS-6	BPT15.BME-C4	BELGO	1,0 mm	B	SD 01	522	C4	55 mm	22	11,2x0,5	5	0	CC+	209-231	25-28	11,2x0,5	C 25%	11-15	18-20
GMW (ING/MAG)	RE	2F	30	AWS 5.18.05	ERTOS-6	BPT15.BME-C4	BELGO	1,0 mm	B	SD 01	23	C5	15 mm	23	10,5x0,5	11	5	CC+	202-223	24-27	10,5x0,5	C 25%	11-15	18-20
GMW (ING/MAG)	RE	2F	30	AWS 5.18.05	ERTOS-6	BPT15.BME-C4	BELGO	1,0 mm	B	SD 01	523	C6	20 mm	23	11,0x0,6	3	3	CC+	207-228	25-28	11,0x0,6	C 25%	11-15	18-20
GMW (ING/MAG)	RE	3F (DESC)	26	AWS 5.18.05	ERTOS-6	BPT15.BME-C4	BELGO	1,0 mm	B	SD 01	24	C7	99 mm	24	10,0x0,5	0	0	CC+	187-218	22-26	10,0x0,5	C 25%	11-15	18-20
GMW (ING/MAG)	RE	1F	26	AWS 5.18.05	ERTOS-6	BPT15.BME-C4	BELGO	1,0 mm	B	SD 01	524	C8	15 mm	24	9,5x0,5	4	2	CC+	192-213	22-25	9,5x0,5	C 25%	11-15	18-20
GMW (ING/MAG)	RE	1F	1	AWS 5.18.05	ERTOS-6	BPT15.BME-C4	BELGO	1,0 mm	B	SD 01	25	C9	5 mm	25	10,5x0,5	5	0	CC+	202-223	25-28	10,5x0,5	C 25%	11-15	18-20
GMW (ING/MAG)	RE	3F (DESC)	25	AWS 5.18.05	ERTOS-6	BPT15.BME-C4	BELGO	1,0 mm	B	SD 02	525	C10	35 mm	25	10x0,5	0	0	CC+	197-218	23-26	10x0,5	C 25%	11-15	18-20
GMW (ING/MAG)	RE	3F (DESC)	0,5	AWS 5.18.05	ERTOS-6	BPT15.BME-C4	BELGO	1,0 mm	B	SD 01	26	C11	5 mm	26	9,5x0,5	0	0	CC+	187-206	21-24	9,5x0,5	C 25%	11-15	18-20
GMW (ING/MAG)	RE	1F	1,5	AWS 5.18.05	ERTOS-6	BPT15.BME-C4	BELGO	1,0 mm	B	SD 02	526	C12	5 mm	26	6,5x0,3	15	0	CC+	158-175	18-20	6,5x0,3	C 25%	11-15	18-20
GMW (ING/MAG)	RE	3F (DESC)	24	AWS 5.18.05	ERTOS-6	BPT15.BME-C4	BELGO	1,0 mm	B	SD 02	27	C13	63 mm	27	9,5x0,5	15	0	CC+	192-213	22-25	9,5x0,5	C 25%	11-15	18-20
GMW (ING/MAG)	RE	1F	15	AWS 5.18.05	ERTOS-6	BPT15.BME-C4	BELGO	1,0 mm	B	SD 02	527	C14	5 mm	27	8,0x0,4	5	0	CC+	177-196	19-22	8,0x0,4	C 25%	11-15	18-20
GMW (ING/MAG)	RE	3F (DESC)	30	AWS 5.18.05	ERTOS-6	BPT15.BME-C4	BELGO	1,0 mm	B	SD 01	28	C15	15 mm	28	10,0x0,5	5	0	CC+	196-217	24-27	10,0x0,5	C 25%	11-15	18-20
GMW (ING/MAG)	RE	2F	0,75	AWS 5.18.05	ERTOS-6	BPT15.BME-C4	BELGO	1,0 mm	B	SD 02	528	C16	15 mm	28	11,2x0,6	0	0	CC+	209-231	25-28	11,2x0,6	C 25%	11-15	18-20
GMW (ING/MAG)	RE	3F (DESC)	20	AWS 5.18.05	ERTOS-6	BPT15.BME-C4	BELGO	1,0 mm	B	SD 02	29	C17	15 mm	29	9,0x0,5	5	0	CC+	187-206	21-24	9,0x0,5	C 25%	11-15	18-20
GMW (ING/MAG)	RE	1F	0,5	AWS 5.18.05	ERTOS-6	BPT15.BME-C4	BELGO	1,0 mm	B	SD 01	529	C18	40 mm	29	9,0x0,5	0	0	CC+	187-206	21-24	9,0x0,5	C 25%	11-15	18-20
GMW (ING/MAG)	RE	3F (DESC)	30	AWS 5.18.05	ERTOS-6	BPT15.BME-C4	BELGO	1,0 mm	B	SD 03	30	C19	15 mm	30	11,2x0,6	5	0	CC+	209-231	25-28	11,2x0,6	C 25%	11-15	18-20
GMW (ING/MAG)	RE	2F	25	AWS 5.18.05	ERTOS-6	BPT15.BME-C4	BELGO	1,0 mm	B	SD 03	530	C20	5 mm	30	11,2x0,6	0	0	CC+	209-231	25-28	11,2x0,6	C 25%	11-15	18-20
GMW (ING/MAG)	RE	1F	0,1	AWS 5.18.05	ERTOS-6	BPT15.BME-C4	BELGO	1,0 mm	B	SD 03	31	C21	31 mm	31	11,2x0,6	0	0	CC+	209-231	25-28	11,2x0,6	C 25%	11-15	18-20
GMW (ING/MAG)	RE	1F	1,5	AWS 5.18.05	ERTOS-6	BPT15.BME-C4	BELGO	1,0 mm	B	SD 01	531	C22	10 mm	31	8,5x0,4	10	4	CC+	180-199	19-22	8,5x0,4	C 25%	11-15	18-20
GMW (ING/MAG)	RE	1F	NA	AWS 5.18.05	ERTOS-6	BPT15.BME-C4	BELGO	1,0 mm	B	SD 03	32	C23	40 mm	32	11,2x0,6	0	0	CC+	209-231	25-28	11,2x0,6	C 25%	11-15	18-20
GMW (ING/MAG)	RE	1F	25	AWS 5.18.05	ERTOS-6	BPT15.BME-C4	BELGO	1,0 mm	B	SD 03	532	C24	5 mm	32	9,8x0,5	6	0	CC+	193-214	24-27	9,8x0,5	C 25%	11-15	18-20
GMW (ING/MAG)	RE	3F (DESC)	24	AWS 5.18.05	ERTOS-6	BPT15.BME-C4	BELGO	1,0 mm	B	SD 03	33	C25	15 mm	33	10,0x0,5	0	0	CC+	199-220	24-27	10,0x0,5	C 25%	11-15	18-20
GMW (ING/MAG)	RE	1F	30	AWS 5.18.05	ERTOS-6	BPT15.BME-C4	BELGO	1,0 mm	B	SD 03	533	C26	63 mm	33	11,2x0,6	8	0	CC+	209-231	25-28	11,2x0,6	C 25%	11-15	18-20
GMW (ING/MAG)	RE	1F	0,5	AWS 5.18.05	ERTOS-6	BPT15.BME-C4	BELGO	1,0 mm	B	SD 03	34	C27	15 mm	34	11,2x0,6	0	0	CC+	209-231	25-28	11,2x0,6	C 25%	11-15	18-20
GMW (ING/MAG)	RE	3F (DESC)	20	AWS 5.18.05	ERTOS-6	BPT15.BME-C4	BELGO	1,0 mm	B	SD 03	534	C28	15 mm	34	8,5x0,5	30	0	CC+	186-205	21-24	8,5x0,5	C 25%	11-15	18-20
GMW (ING/MAG)	RE	3F (DESC)	20	AWS 5.18.05	ERTOS-6	BPT15.BME-C4	BELGO	1,0 mm	B	SD 03	35	C29	15 mm	35	11,2x0,6	5	0	CC+	209-231	25-28	11,2x0,6	C 25%	11-15	18-20
GMW (ING/MAG)	RE	3F (DESC)	20	AWS 5.18.05	ERTOS-6	BPT15.BME-C4	BELGO	1,0 mm	B	SD 03	535	C30	15 mm	35	9,5x0,5	5	0	CC+	187-206	21-24	9,5x0,5	C 25%	11-15	18-20
GMW (ING/MAG)	RE	1F	1,5	AWS 5.18.05	ERTOS-6	BPT15.BME-C4	BELGO	1,0 mm	B	SD 03	36	C31	15 mm	36	7,5x0,4	5	0	CC+	172-182	18-20	7,5x0,4	C 25%	11-15	18-20
GMW (ING/MAG)	RE	3F (DESC)	20	AWS 5.18.05	ERTOS-6	BPT15.BME-C4	BELGO	1,0 mm	B	SD 03	536	C32	15 mm	36	11,2x0,6	0	0	CC+	209-231	25-28	11,2x0,6	C 25%	11-15	18-20
REV.	DATA	DESCRIÇÃO DA REVISÃO				ENGENHARIA INDUSTRIAL						ENGENHARIA QUALIDADE		ENGENHARIA PRODUÇÃO										
0	02/01/2015	ELABORAÇÃO DA FOLHA DE PARÂMETRO PARA O PROCESSO DE SOLDA ROBÓTICA NA OPERAÇÃO FINAL.				GESSÉ DIAS						BRUNO SILVA		CLAUDINEY DUMONT										

Fonte: Arquivo da Empresa

Com a Tela de Programação da célula robótica, foi possível realizar a programação e parametrização para cada junta e cada posição de soldagem, figura 34.

Figura 34: Tela de programação



Fonte: Arquivo da Empresa

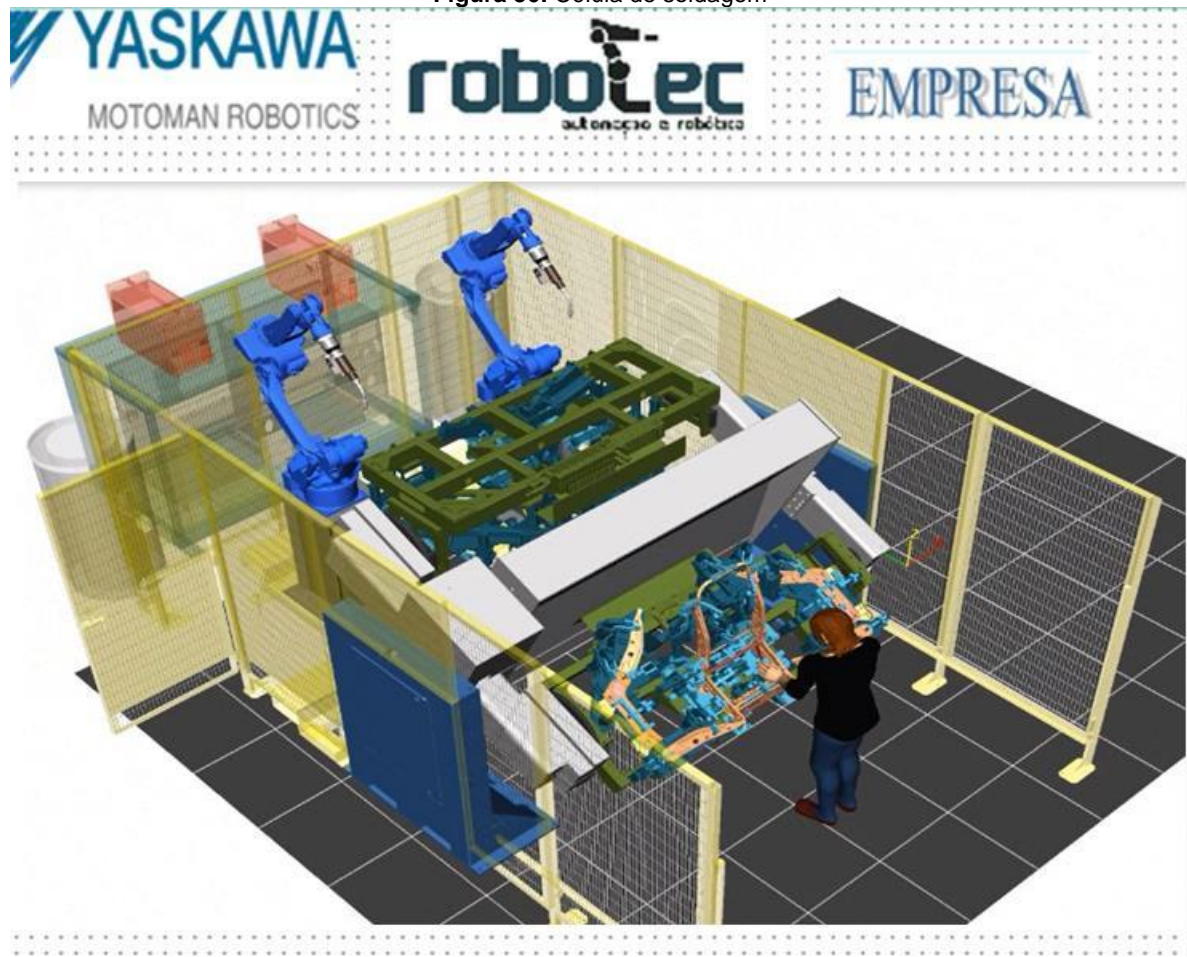
A figura 35 apresenta o Layout atual do posto de trabalho para a soldagem GMAW – Automatizado dos assentos dianteiros. Destacando a área foi executado a implementação do processo de otimização de soldagem GMAW.



## 7. RESULTADOS

Na implantação desta otimização, foram montadas duas células de soldagem GMAW, conforme figura 36, composta cada uma com dois robôs, duas fontes de energia para soldagem com tecnologia CMT (Cood Metal Transfer) de CC e um posicionado giratório com dois dispositivos para a fixação dos componentes da estrutura.

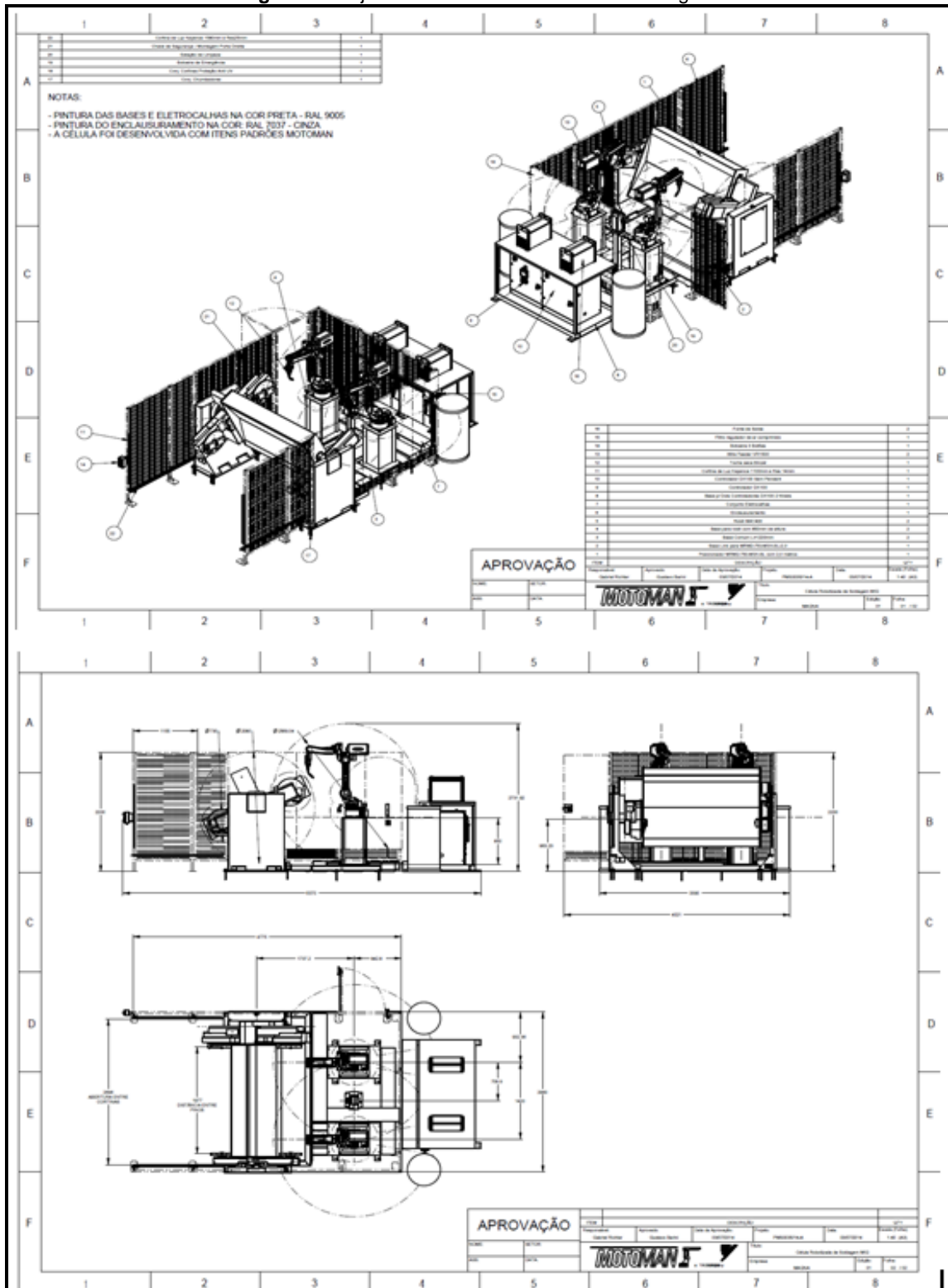
Figura 36: Célula de soldagem



Fonte: Arquivo da Empresa

O projeto da célula de soldagem GMAW – Automática, figura 37.

Figura 8: Projeto demonstrativo - Célula de soldagem



Fonte: Arquivo da Empresa

Com a otimização do processo GMAW, foram alcançadas as seguintes melhorias:

➤ Controle de parâmetros

- Parâmetros de soldagem de acordo com os tipos de juntas e posições, figura 33.
- Controle do stick out, da estabilidade do arco elétrico da velocidade de soldagem e manutenção do ângulo de trabalho.

Na figura 38, a região destacada pelo círculo vermelho, indica o local onde o soldador tinha dificuldade de acesso das juntas para realização da soldagem, impossibilitando-o de manter o controle do arco elétrico, stick-out e o ângulo de trabalho durante a soldagem, devido à falta de ergonomia e posicionamento em relação à peça.

Figura 9: Comparação: antes e depois



Fonte: Arquivo da Empresa

- Qualidade do produto final
- Eliminação do envio de estruturas sem solda para o Cliente.

Na figura 39, a região destacada pelo círculo vermelho indica o local onde o índice de ausência de solda. Este defeito era causado por falha humana, pois por falta de observação por parte do soldador a junta na era soldada.

Com a automatização do processo as soldagens das juntas seguem uma sequencia de execução.

**Figura 39:** Comparação: antes e depois



**Fonte:** Arquivo da Empresa

- Controle do arco, eliminando os respingos com equipamento de soldagem CMT (Cood Metal Transfer), figura 40.

A figura 40 mostra a região da peça com uma quantidade excessiva de respingos, causados durante a soldagem manual devido ao uso de parâmetros e procedimentos de soldagem inadequados, e a região de solda após a automação com a utilização do equipamento CMT eliminando esta variável.



Figura 40: Comparação: antes e depois



Fonte: Arquivo da Empresa

- Eliminação das pontas de arame no início do cordão de solda com a utilização do equipamento de soldagem CMT, figura 41.

A figura 41 mostra a região da peça com pontas de arame, causados durante a soldagem manual devido ao erro do soldador, pois o mesmo não interrompe o arco para início de outro cordão.

**Figura 41:** Comparação: antes e depois



Fonte: Arquivo da Empresa

➤ Mão de obra

- Redução do número de colaboradores.

A figura 42 demonstra uma tabela de cálculo de custo de mão de obra para a execução da soldagem. Nesta tabela é possível verificar a redução do valor da folha de pagamento e dos encargos sociais.

**Figura 42:** Planilha de custo da mão de obra e encargos sociais

REG	DTADM	FUNÇÃO	SALÁRIO	SETOR	C.C	HORÁRIO	SIT	REC	Encargos e Benefícios (MOD)	Total (Impacto - Mês)
2293	18/05/1988	SOLDADOR/MIG	2.099,39	MONT 327 - NOVO UNO	2.075,200	01º TURNO	A	H	\$ 2.204,36	\$ 4.303,75
3670	01/03/1993	SOLDADOR/MIG	2.099,39	MONT 326 - NOVO PALIO	2.075,300	01º TURNO	A	H	\$ 2.204,36	\$ 4.303,75
3885	26/07/1993	SOLDADOR/MIG	2.099,39	MONT 327 - NOVO UNO	2.075,200	01º TURNO	A	H	\$ 2.204,36	\$ 4.303,75
5100	27/05/1999	SOLDADOR/MIG	2.099,39	MONT 327 - NOVO UNO	2.075,200	01º TURNO	A	H	\$ 2.204,36	\$ 4.303,75
		OPERADOR	1.590,86				A	H	\$ 1.670,40	\$ 3.261,26
		OPERADOR	1.590,86				A	H	\$ 1.670,40	\$ 3.261,26
		OPERADOR	1.590,86				A	H	\$ 1.670,40	\$ 3.261,26
		OPERADOR	1.590,86				A	H	\$ 1.670,40	\$ 3.261,26
									\$	\$ 30.260,05
<b>Impacto por mês</b>										
								4	SOLDADOR/MIG	\$ 17.215,00
								4	OPERADOR	\$ 13.045,05
<b>Impacto em 12 meses</b>										
								4	SOLDADOR/MIG	\$ 206.579,98
								4	OPERADOR	\$ 156.540,62


Fonte: Arquivo da Empresa

➤ **Custo do arame**

Substituição do consumível com diâmetro de 0,8 mm para 1,0 mm, reduzindo o custo de aquisição, e também a quantidade de respingo devido à utilização do equipamento de soldagem CMT.

Com base na planilha de cálculo, permitiu analisar o consumo mensal do arame, figura 43.

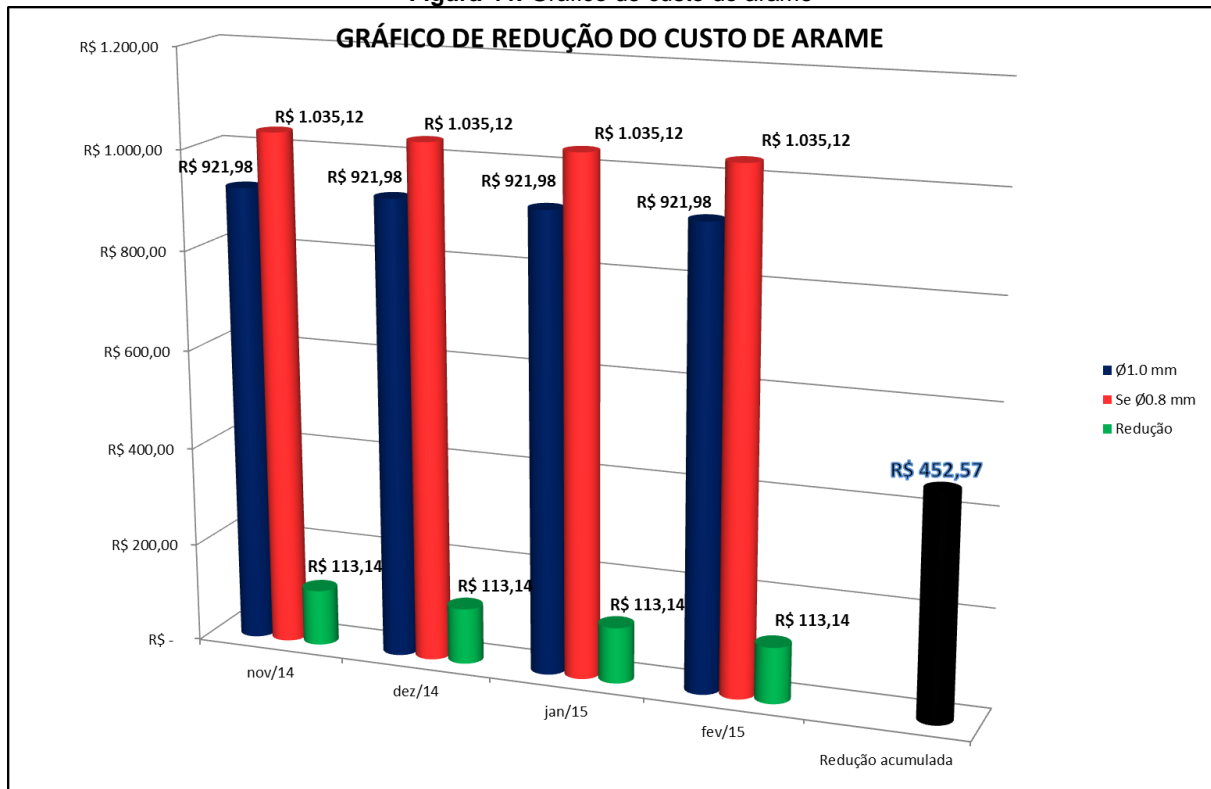
Figura 43: Planilha de cálculo de consumo do arame

 <b>Consumo de Consumíveis</b>		
ESAB - SEU PARCEIRO EM SOLDAGEM E CORTE	Unidade	Dados
<b>Dados de Entrada</b>		
Tipo de consumível a ser utilizado	-	Arame Sólido
Tipo de peça	-	Chapa
Comprimento da junta	mm	25,5
Número total de juntas a serem soldadas	juntas	407490
Material de base	-	Aço carbono
Densidade	g/cm <sup>3</sup>	7,85
Eficiência de deposição estimada do consumível	%(Kg/Kgc)	
Eficiência de deposição do consumível (opcional)	%(Kg/Kgc)	85%
<b>Dados de Entrada Específicos da Junta</b>		
Tipo de junta	-	Ângulo
Ângulo da junta	°	90
Ângulo inferior da junta em X	°	
Altura da parte inferior da junta em X	mm	
Nariz	mm	
Espessura	mm	1,5
Abertura da raiz	mm	
Altura do reforço	mm	
Área da junta soldada (opcional)	mm <sup>2</sup>	
<b>Resultados</b>		
Área da junta soldada	mm <sup>2</sup>	2,25
Comprimento	mm	26
Volume de solda	cm <sup>3</sup>	0,06
Quantidade de consumível necessária para a soldagem por junta	Kg/Junta	0,001
Quantidade de fluxo para arco submerso necessária por junta	Kg/Junta	
Quantidade total de consumível necessária para a soldagem	Kg	<b>215,920</b>
Quantidade total de fluxo para arco submerso necessária para a soldagem	Kg	

Fonte: ESAB

Com o gráfico apresentado na figura 44, é possível constatar que houve uma redução no custo de aquisição após a substituição do diâmetro do arame de soldagem de 0,8 mm para 1,0 mm.

Figura 44: Gráfico de custo do arame

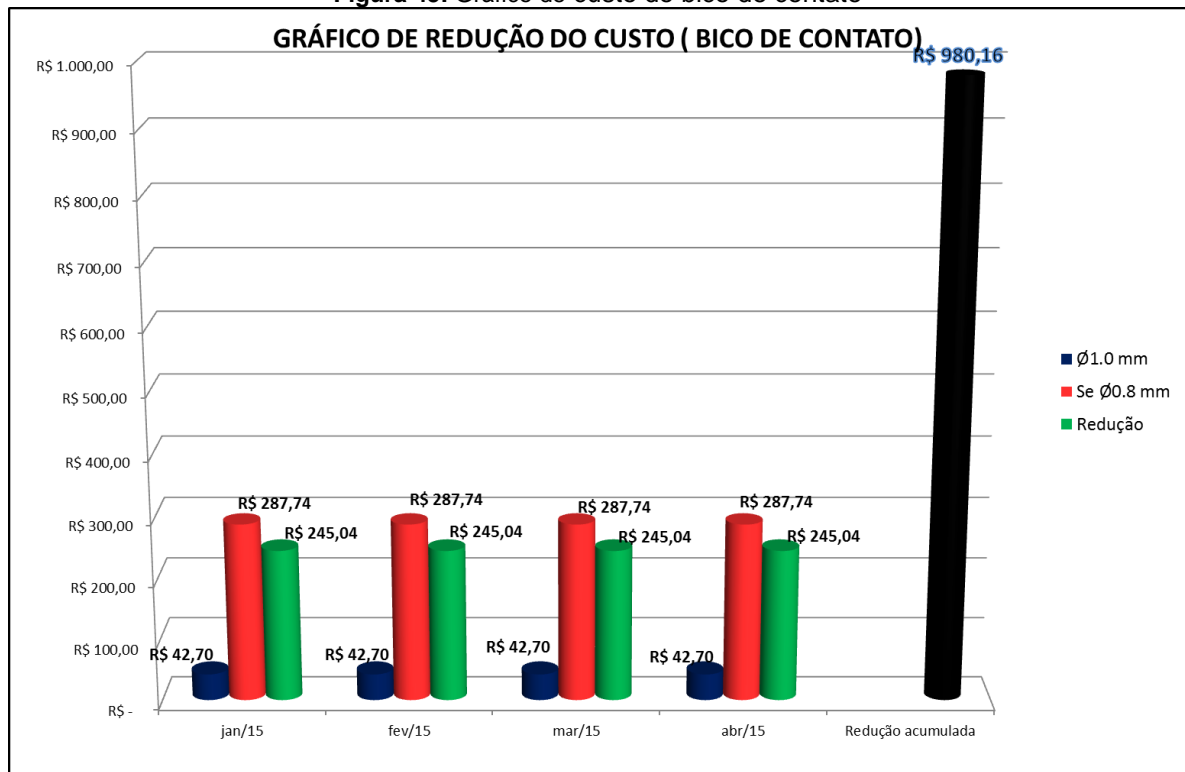


Fonte: Arquivo da Empresa

➤ Custo do bico de contato

Com o gráfico apresentado na figura 45, é possível constatar a redução no custo de aquisição de bicos de contato após a implementação do processo automatizado devido à redução na quantidade utilizada com a otimização do processo, figura 45.

Figura 45: Gráfico de custo do bico de contato



Fonte: Arquivo da Empresa

No processo GMAW manual o consumo de bicos de contato era elevado, devido ao uso de parâmetros inadequados e condições de execução das juntas a serem soldadas, o que provocava defeitos nos bicos.

➤ Custo do gás de proteção

A figura 46 demonstra o custo anual do consumo de gás.

TABELA DE CONVERSÃO				TABELA DE CUSTO COM % DE MISTURA				
GÁS	CONVERSÃO			Welding Gás	Uni cost	Same base	BR/m <sup>3</sup> - Brasil Magna Minas	R\$ 2,58
	Kg	m <sup>3</sup>	L					
Argônio	-	1000	1000	O <sub>2</sub>	R\$ 4,68 m <sup>3</sup>	R\$ 4,68 m <sup>3</sup>	0%	
CO <sub>2</sub>	1	0,541	0,541	CO <sub>2</sub>	R\$ 2,40 Kg	R\$ 1,30 m <sup>3</sup>	25%	
				Argônio	R\$ 3,00 m <sup>3</sup>	R\$ 3,00 m <sup>3</sup>	75%	

No cálculo do *Payback* foi considerado uma redução de 35% no consumo anual de gás de proteção. Para atender a esta solicitação e alcançar este valor, houve uma

redução na vazão de gás de mistura 20 l/min (processo manual) para 13 l/min (processo otimizado), gerando uma redução no custo do gás.

Após a implementação do processo, foram realizados os cálculos comparativos de custo conforme planilha, figura 46, que demonstra a redução de 47,40% no custo do gás, utilizando a mesma mistura.

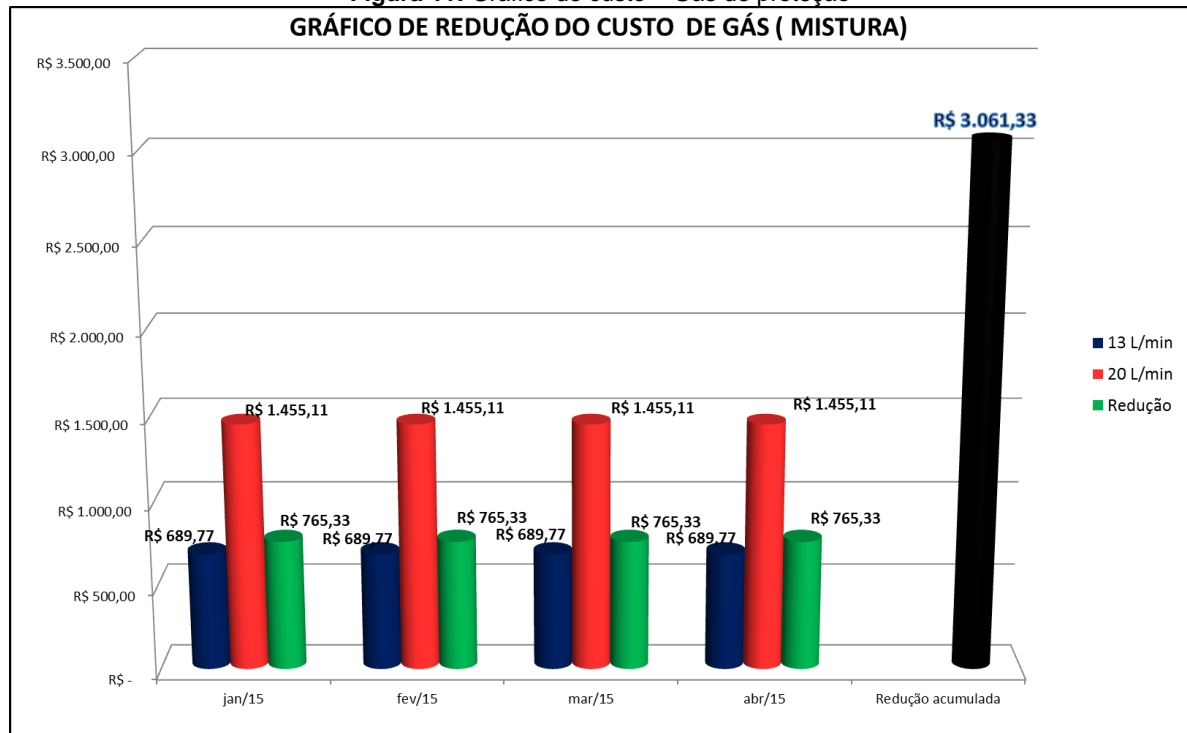
**Figura 10: Análise do custo – Gás de proteção**

CUSTO ATUAL DO GÁS EM LITROS							% DE REDUÇÃO ANUAL
Welding Gás	CONSUMO DIA	% DE MISTURA	CONSUMO DE LITROS DE GÁS POR DIA	CUSTO TOTAL DIA	CUSTO TOTAL MÊS	CUSTO TOTAL ANO	
Argônio	28254,49275	75%	21190,86956	R\$ 72.755,32	R\$ 1.455.106,38	R\$ 17.461.276,52	
CO <sub>2</sub>		25%	7063,623188				
CUSTO IMPLEMENTADO NO PROCESSO ATUAL DO GÁS EM LITROS							
Welding Gás	CONSUMO DIA	% DE MISTURA	CONSUMO DE LITROS DE GÁS POR DIA	CUSTO TOTAL DIA	CUSTO TOTAL MÊS	CUSTO TOTAL ANO	
Argônio	13393,64564	75%	10045,23423	R\$ 34.488,64	R\$ 689.772,75	R\$ 8.277.273,01	
CO <sub>2</sub>		25%	3348,41141				
GANHO ANUAL X IMPLEMENTADO						<b>R\$ 9.184.003,51</b>	<b>47,40%</b>

Fonte: Arquivo da Empresa

O gráfico demonstra redução no consumo do gás de proteção com a otimização do processo, figura 47.

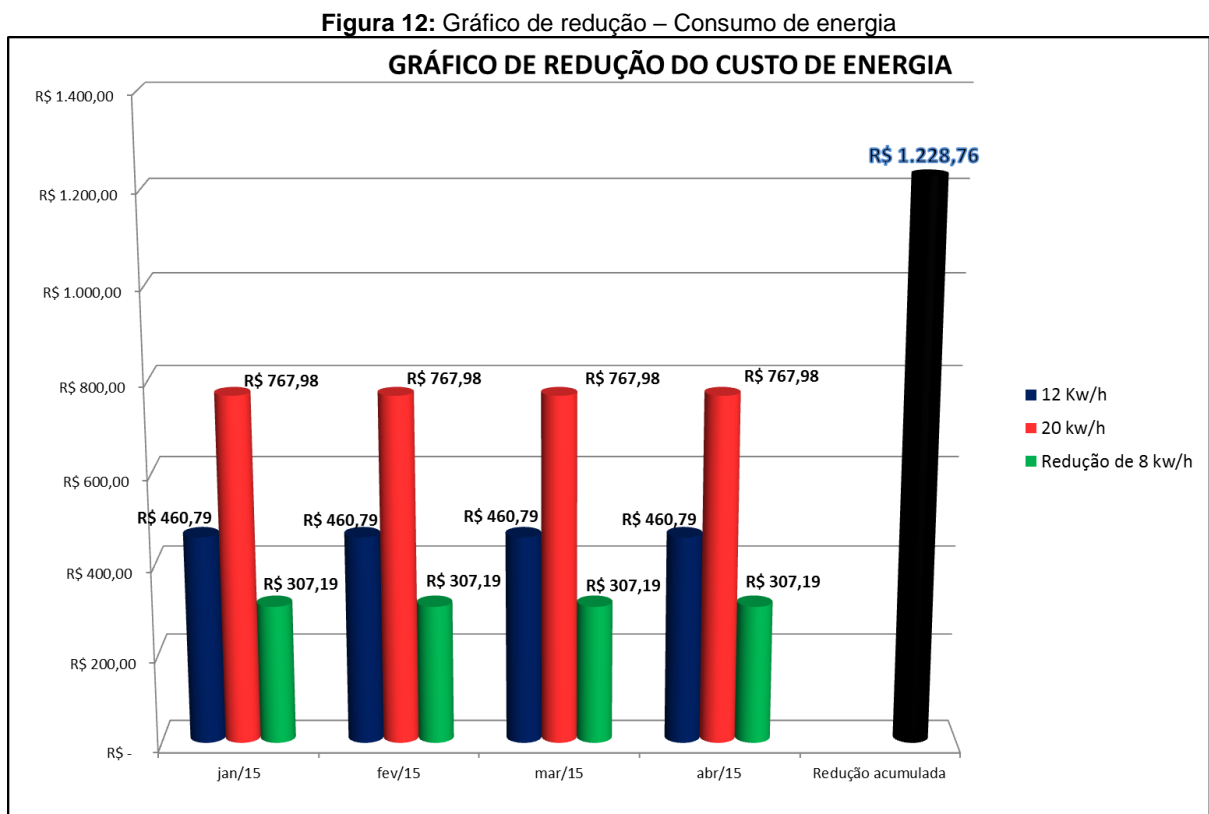
**Figura 11: Gráfico de custo – Gás de proteção**



Fonte: Arquivo da Empresa

➤ Consumo de energia

O gráfico demonstra redução no custo da energia devido a diminuição no consumo de kw/h com a otimização do processo, figura 48.



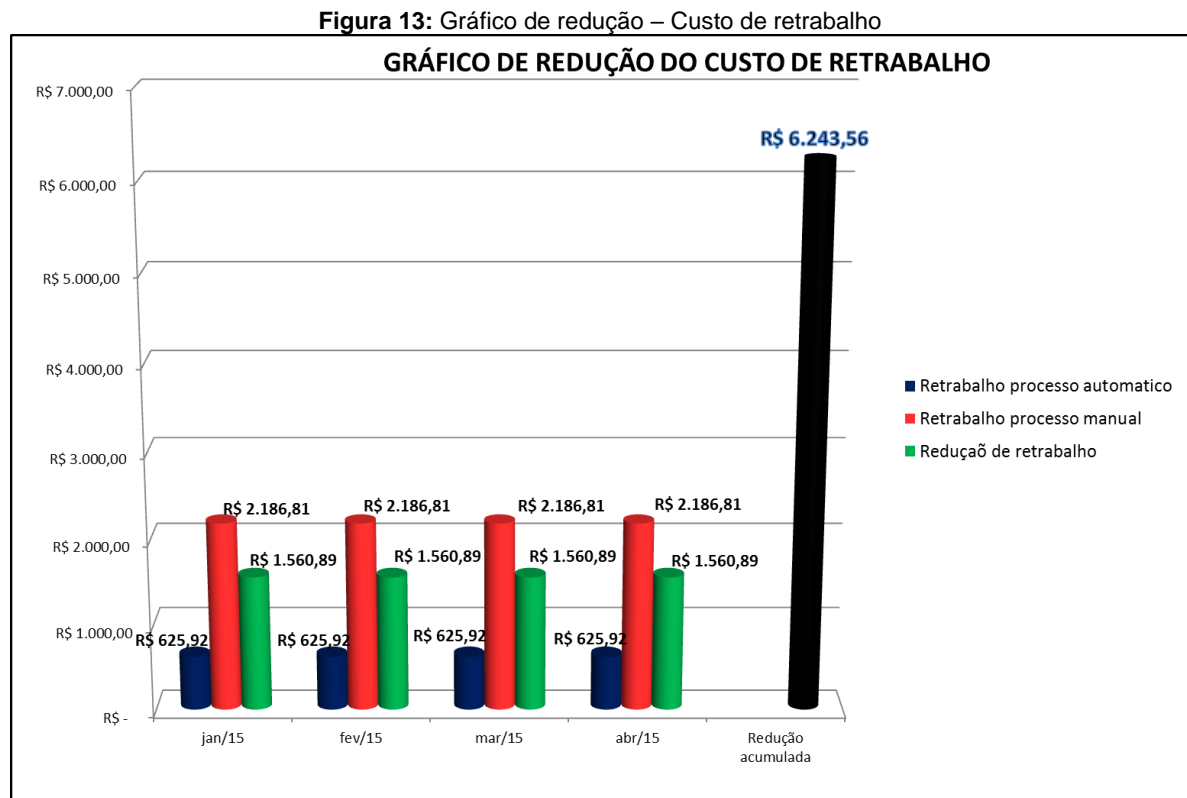
Fonte: Arquivo da Empresa

As fontes de energia utilizadas para o processo de soldagem GMAW manual são equipamentos convencionais e os mesmos consomem um volume muito maior de energia quando comparados com as fontes de soldagem utilizadas no processo GMAW automatizado, que são os equipamentos eletrônicos que apresentam melhor desempenho e menor consumo de energia.



➤ Custo de retrabalho

O gráfico da figura 49 demonstra a redução no custo de retrabalho.



Devido ao grande número de peças defeituosas geradas durante a fabricação pelo processo de soldagem manual, havia um alto índice de retrabalho, provocando com isso o aumento no custo de fabricação do produto. Após a otimização do processo, o índice de peças com defeito reduziu consideravelmente.

## 8. CONCLUSÃO

Após realizada a substituição do processo GMAW manual pelo processo GMAW automatizado na fabricação de assentos dianteiros veiculares, pôde-se constatar:

Que a utilização do processo GMAW automatizado apresentou um rendimento superior ao processo manual, gerando soldas com ótimo acabamento superficial, permitindo a parametrização de cada cordão de solda, garantindo o dimensional, aumentando com isso a qualidade e a segurança do produto. Enfim, reduzindo significativamente os problemas gerados no processo anterior.

Comprova-se no estudo de Payback a viabilidade da implementação da otimização do processo de soldagem, no que se diz respeito à redução no custo de fabricação.

Os resultados apresentados neste trabalho, para esta etapa de fabricação dos assentos veiculares, levou a empresa a planejar um novo estudo de investimento para a otimização de toda a linha de produção.

## 9. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

LINCOLN ARC WELDING FOUNDATION, J.F., The procedure Handbook of Arc Welding, 14 ed. Cleveland, sect. 1-6, 2000.

ZIELINSKA, S.; VALENSI, F.; PELLERIN, N.; PELLERIN, S.; MUSIOL, K.; IZARRA, CH; BRIAND F. Microstructural analysis of the anode in gas metal arc welding (GMAW), **Journal of Materials Processing Technology**, v. 209, p. 3581-3591,2009.

MARQUES, Paulo V.; MODENESI, Paulo J.;BRACERENSE, Alexandre Q.; Soldagem: Fundamentos e Tecnologia. 3. ed. Belo Horizonte, 2009.

WAINER, E; BRANDI, S. D; MELLO, F. D. H. Soldagem: Processos e Metalurgia. 2 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1992.

PLANCKAERT et al., 2010; ZIELINSKA et al., 2009; MOORE; ABDELRAHMAN; NAIDU, 1999; MOORE et al.1997.

Kou, Sindo; “Welding Metallurgy Second Edition”; 2003 John Wiley and Sons Inc, Hoboken New Jersey;

Pires, J. Norberto; Loureiro, Altino; Bölmsjo, Gunnar; “Welding Robots – Technology, System Issues and Applications”; 2006 Springer-Verlag, London.

Apostila de Soldagem Robotizada: Alexandre Queiroz Bracarense, Teodiano Freire Bastos Filho, Ivanilza Felizardo, Wagner Gomes Rogana. Disponível em: [http://www.soldaautomatica.com.br/index\\_arquivos/Arquivos/PDF%2021-UNICAMP-Cap%208-Soldagem%20Robotizada.pdf](http://www.soldaautomatica.com.br/index_arquivos/Arquivos/PDF%2021-UNICAMP-Cap%208-Soldagem%20Robotizada.pdf)

AMERICAN WELDING SOCIETY AWS, ed. 2008 and 2009/2010

American Welding Society – AWS 1958

American Welding Society – AWS 1987, Welding Handbook 8. ed.

Relatório de Dissertação do MIEMM - Imagem: Princípio de funcionamento e componentes do processo GMAW. Disponível em: <http://www.repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/57576/1/000136121.pdf>

Okuma, T e Taniguichi, C; Engenharia de Soldagem e Aplicações. Ed. LTC. Rio de Janeiro 1992.

WAINER, E; Soldagem. Associação Brasileira dos Metais. 9. ed. São Paulo, 1976.

Apostila - Processos de soldagem: manual, mecanizados e automatizados. Disponível em: <http://www.ivanilzafe.dominiotemporario.com/doc/ManualMecAutomatizado.pdf>

Fonseca, José Wladimir Freitas da / Administração Financeira e Orçamentária. / José Wladimir Freitas da Fonseca. Curitiba. IESDE Brasil S.A, 2009.

Comparativo de desempenho de processos de soldagem MIG robotizado X manual Everaldo César de Castro, Valner João Brusamarello. Disponível em: <http://www.asmtreinamentos.com.br/downloads/soldador/arquivo107.pdf>