

## "Estudo de Causa" do Defeito Chapa Furada em Soldagem "GMAW" para o Quadro Auxiliar de Automóveis

Leonardo Miron<sup>1</sup>  
lmiron@br.gestamp.com  
Marcelo dos Santos Pereira<sup>2</sup>  
marcelop@feg.unesp.br  
Álvaro Azevedo Cardoso<sup>3</sup>  
azevedo@unitau.br  
Tomaz Manabu Hashimoto<sup>2</sup>  
tmanabu@feg.unesp.br  
José Rubens de Camargo<sup>4</sup>  
leamst@sp.senai.br, jcamargo@unitau.br

Gestamp/Metalbages  
UNESP-FEG  
UNITAU  
UNITAU / SENAI

**Resumo.** Esta pesquisa tem por objetivo analisar qualitativamente e quantitativamente o problema de chapa furada na soldagem dos ganchos no quadro auxiliar que fixa as bandejas e a caixa de direção dos automóveis, produzidas no primeiro e segundo turno da empresa Metalbages do Brasil. Este levantamento busca relacionar as áreas da qualidade e da tecnologia por meio do diagrama de Ishikawa e também de análises laboratoriais. Tendo o conhecimento interdisciplinar dessa respectiva causa, pode-se auxiliar os inspetores de soldagem e gerência produtiva, com ações nas correções e até mesmo na elaboração de planos preventivos, resultando em melhor qualidade e produtividade. A análise de falhas de soldagem em 15.996 peças diretamente na célula de fabricação permitiu entender como cada variável contribuiu para o problema. Este estudo mostrou que o dispositivo atual não garante a repetibilidade do posicionamento correto do gancho, dependendo da ação do operador.

**Palavras-Chave.** "GMAW" Robotizado, Soldagem, Macrografia, Diagrama Ishikawa.

### "Study of Cause" of the Defect Welds Moved in Welding "GMAW" for the Subframe of Automobile

**Abstract.** This research has for objective to analyze quality and quantitatively the problem of the holed foil in welding hooks in the subframe that fastens the trays and the box of direction of the automobile, produced in the first and second shift of the company Metalbages of Brazil. This rising looks for to relate the areas of the quality and of the technology through the diagram of Ishikawa and also of analyses laboratory. Tends the interdisciplinary knowledge of that respective cause, it can be aided the welding inspectors and productive management, with actions in the corrections and even in the elaboration of preventive plans resulting in better quality and productivity. The analysis of welding flaws in 15.996 pieces directly in the production cell, allowed to understand as each variable contributed for the problem. This study shows that the current device doesn't guarantee the repetibility of the correct positioning of the hook, depending on the action of the operator.

**Keywords.** "GMAW" Robotic, Welding, Macrograph, Ishikawa Diagram.

### 1. Introdução

No mundo globalizado, a competitividade é defendida na velocidade de resposta que uma organização faz às drásticas e rápidas mudanças na demanda e nas expectativas do cliente. Vivendo este contexto, é preciso ser enxuta e flexível, com auto-gestão em todas as áreas e em especial no processo fabril. Takahashi e Takashi (2000) afirmam que as características operacionais de uma fábrica são os elementos decisivos para a qualidade, quantidade e custo. Com isso, foram criadas algumas ferramentas para o gerenciamento e acompanhamento das linhas de produção visando à melhoria dos processos.

Atualmente, as atividades de qualidade estão cada vez mais incluindo a participação de todo o pessoal da empresa, isto propicia um grau de comprometimento, um impacto revolucionário com mudanças na consciência das pessoas e no ambiente de trabalho, um mover de todos na busca dos resultados e na solução de problemas, a fim de reformular a estrutura da empresa e gerar lucros maiores (IM&C, 2000).

O objetivo da diferenciação entre esses enfoques não pode ir além dos objetivos didáticos, uma vez que eles complementam-se entre si na busca pela satisfação dos clientes. O ideal seria que, assim como os indicadores de qualidade são influenciados pelos processos utilizados no seu desenvolvimento, os processos também fossem influenciados pelos indicadores de qualidade definidos no planejamento.

A produtividade é vista como eficiência e é conseguida por meio da otimização do uso dos recursos empregados (*inputs*) a fim de maximizar os resultados desejados (*outputs*). Sob um ponto de vista mais amplo, produtividade não é somente obter o máximo de eficiência fazendo certo as coisas, mas atingir o máximo de eficácia fazendo as coisas certas. É necessário ir além do conceito básico de resultado obtido/recurso empregado e entender os fatores determinantes que conduzem à melhoria da produtividade.

Dessa forma, fica fácil entender e localizar a qualidade no conceito de produtividade seja ele restrito ou amplo. A qualidade deve estar sistematicamente e tecnicamente aplicada em qualquer processo, presente nos recursos e no resultado, bem como na atividade de conversão desses recursos em resultado.

As pessoas representam um dos principais fatores responsáveis pela qualidade e pelo aumento na produtividade da empresa. Nesse sentido, é necessário valorizá-las, por meio de processos de trabalho que considerem as competências, o espírito de equipe, a eficiência, o orgulho pelo trabalho, a orientação para o cliente e a correta utilização das máquinas e sistemas.

Essas abordagens possuem alguns pontos em comum, entre eles, a satisfação das necessidades do cliente, seja ele interno ou externo, seja por meio da adequação ao uso ou da conformidade aos quesitos esperados.

A ferramenta utilizada na identificação dos problemas priorizados foi o diagrama de causa-efeito. Para Campos (1992), este diagrama, também chamado de "diagrama espinha de peixe" ou "diagrama de *Ishikawa*", foi criado para que todas as pessoas pudessem exercitar a separação dos fins de seus meios. Para cada problema priorizado, o diagrama mostra a relação entre uma característica da qualidade (efeito) e os seus fatores (causas).

A soldagem é hoje um dos processos de fabricação mais importantes e populares para a união de materiais metálicos (ALMENDRA *et al.*, 1997). A garantia de sua qualidade requer, no entanto, em determinadas aplicações, avaliações e qualificações da junta soldada (AWS, 1988). A inspeção e a aceitabilidade de determinada solda deve atender a critérios pré-estabelecidos, tais como em normas específicas (AWS, 1999). Nos países desenvolvidos, onde a qualidade do produto é fator determinante da sua aceitabilidade no mercado, o desenvolvimento de normas e inspeção e aprovação do produto torna-se necessidade indispensável (AWS, 1980).

O processo de soldagem é bastante antigo e comum na maioria das indústrias. Apesar da evolução das técnicas, ainda existe um número elevado de processos que dependem da experiência do operador no ajuste dos parâmetros. Estes parâmetros são importantes e estão relacionados com defeitos e dificuldades comuns em processos de soldagem: má aderência do cordão de solda, porosidades, mordeduras, falta de penetração, entre outras (MARQUES, MODENESI e BRACARENSE, 2005).

O processo de soldagem "GMAW" (*Gas Metal Arc Welding*) é bastante versátil. Algumas de suas principais vantagens são: taxa de deposição maior que a de soldagem com eletrodo revestido, menos gás e fumaça na soldagem, alta versatilidade, larga capacidade de aplicação, além de ser aplicado em uma faixa ampla de espessuras e materiais (AWS, 1999). O uso do processo "GMAW" é atualmente o método mais utilizado na Europa Ocidental, USA e Japão. Isto ocorre devido a sua alta produtividade e facilidade de automação (MARQUES, MODENESI e BRACARENSE, 2005).

No processo de soldagem "GMAW" robotizado, grandes variedades de defeitos podem aparecer no cordão de solda e podem estar associados a várias causas, tais como: prática do operador, inclinação da tocha, folga entre as chapas, posição inicial do arame e a extensão do arame em relação à peça, dispositivo de má qualidade, etc. (WAINER, BRANDI e MELLO, 1992).

Na indústria automobilística, a influência das variações dos parâmetros de soldagem em componentes soldados pode comprometer a qualidade e a segurança do produto, afetando diretamente o bom funcionamento do veículo e o bem estar do usuário (PEREIRA e FERRARESI, 2001).

## 2. Materiais e Metodologia Experimental

### 2.1 – Materiais

Para a montagem dos quadros auxiliares em estudo, foram utilizadas chapas de aço carbono com espessura de 2,25 mm, de acordo com a norma ABNT NBR 5906 EPA. Também foram utilizados componentes chamados “ganchos maciços” com diâmetro de 12 mm, de acordo com a norma DIN EN 10277-2, com propriedades físico/químicas especificadas, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Propriedades físico-químicas especificadas e utilizadas dos componentes do quadro auxiliar

ANÁLISE	DESCRIÇÃO	MP	PROPRIEDADES MECÂNICAS			COMPOSIÇÃO QUÍMICA (%)					
			LE (MPa)	LR (MPa)	Along. (%) BM=50 mm	C	Mn	Si	P	S	Al
Especificado	NBR 5906 EPA	Chapa	300 máx.	410 máx.	30 mín.	0,10 máx.	0,45 máx.	---	0,030 máx.	0,030 máx.	0,020 mín.
Encontrado			252	321	31	0,08	0,31	---	0,015	0,018	0,025
Especificado	DIN EN 10277-2	Gancho	430 a 730	300 Mín	9 mín.	0,07 a 0,13	0,3 a 0,6	0,4 máx.	0,045 máx.	0,045 máx.	---
Encontrado			544	389	12	0,09	0,4	0,3	0,028	0,031	---

Para a soldagem da montagem do quadro auxiliar, foi utilizado o processo “GMAW” robotizado usando material de adição em arame de aço maciço cobreado, com diâmetro de 1,0 mm. A mistura do gás de proteção foi na proporção de 80% Ar + 20% CO<sub>2</sub>. Para a soldagem das amostras analisadas, foi utilizado um robô da marca ABB, de especificação IRB 2400/10 M98A (Figura 1), e uma mesa giratória IRBP 250R da ABB, conforme mostra a Figura 2.

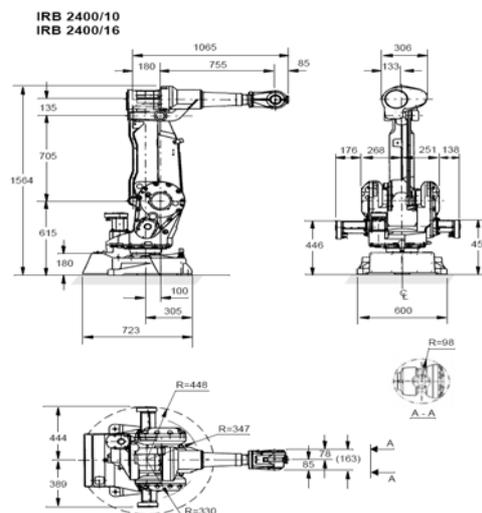


Figura 1 – Desenho do robô da marca ABB Robotics (ABB, 1998)

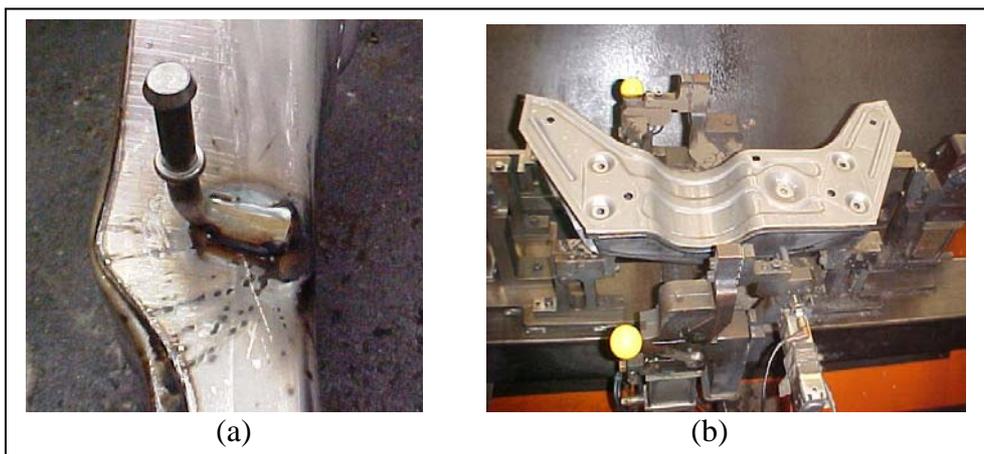


Figura 2 – Mesa giratória da marca ABB Robotics (ABB, 2002)

## 2.2 - Metodologia experimental

Para a fabricação dos quadros auxiliares da empresa Metallbages do Brasil, foi utilizado um procedimento de soldagem convencional de “GMAW” robotizada, em que se posicionou a peça no dispositivo com os 2 ganchos. Em seguida, o robô é acionado, o qual trava as peças na posição devidamente gabaritada por meio de grampos pneumáticos, e executa dois cordões de solda para cada gancho. Essa operação não exige qualquer tipo de preparação das superfícies antes do processo de soldagem. Durante a soldagem das peças, foi observada a existência de um grande número de defeitos no quadro auxiliar sendo caracterizado por chapa furada, conforme Figura 3 (a) e (b). Após dois meses de produção, a separação das amostras foi executada **depois de** um acompanhamento de produção, totalizando 15.996 peças. Foram utilizados para análise das amostras os recursos do laboratório metalúrgico, bem como as respectivas normas de soldagem e suas especificações.

Para a realização da soldagem, foram fixados os seguintes parâmetros: a corrente 280 A, a voltagem 25,5 V, a velocidade de soldagem 16,5 m/min, e o controle de gás para 12 l/min.



### 3. Resultados e Discussão

A Tabela 2 apresenta a quantidade total e acumulada dos defeitos encontrados quinzenalmente no processo de soldagem robotizado, no primeiro e segundo turno da linha de soldagem do quadro auxiliar, para um acompanhamento de produção de 15.996 peças soldadas.

A estratégia de estudo realizada em 2 turnos foi para garantir a estratificação quantitativa do problema que irá auxiliar na resolução da causa raiz pela utilização do diagrama de *Ishikawa*.

Tabela 2. Quantidade de defeitos no processo de soldagem

Dias	Turno	Chapa Furada			
		1°	Acum. 1°	2°	Acum. 2°
15		0	0	4	4
30		5	5	0	4
45		2	7	19	23
60		12	19	5	28
Total de Defeitos		47			
Total de peças		15996			

A quantidade total de defeitos em 47 peças representa 0,30% do total de amostras produzidas e inspecionadas. Este valor é representativo por se tratar de um item de segurança de alto valor agregado e, principalmente, prejudicando a confiabilidade exigida pela indústria automobilística.

A Figura 4 apresenta nos últimos 15 dias uma melhora para o 2º turno e uma relativa piora para o 1º turno, deixando evidente que a investigação não foi influenciada pelos operadores, mesmo sabendo do acompanhamento que estava sendo executado. Isto motivou futuras análises por meio do diagrama de *Ishikawa* e análise metalúrgica.

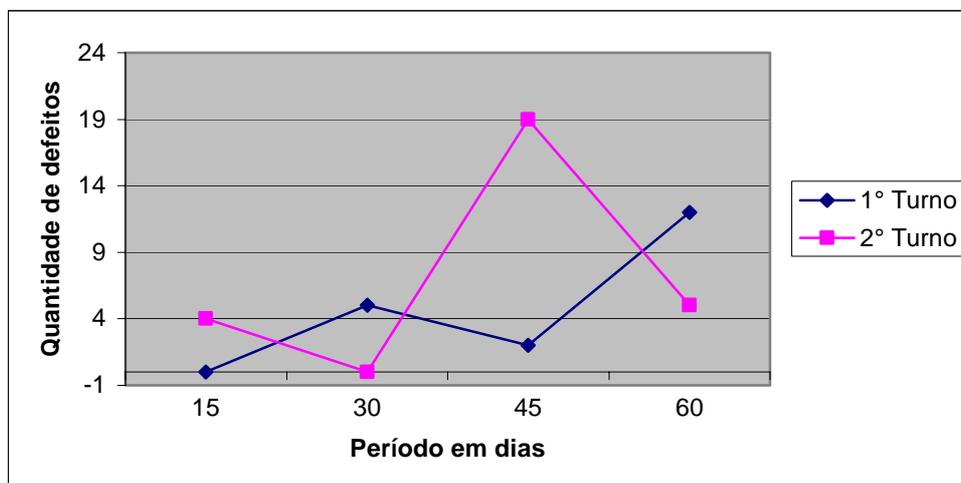


Figura 4 – Quantidade acumulada de defeito de chapa furada

A Figura 5 apresenta o diagrama de *Ishikawa* para a chapa furada, buscando as possíveis causas em função do acompanhamento/diagnóstico dos operadores, supervisor e engenheiro do processo.

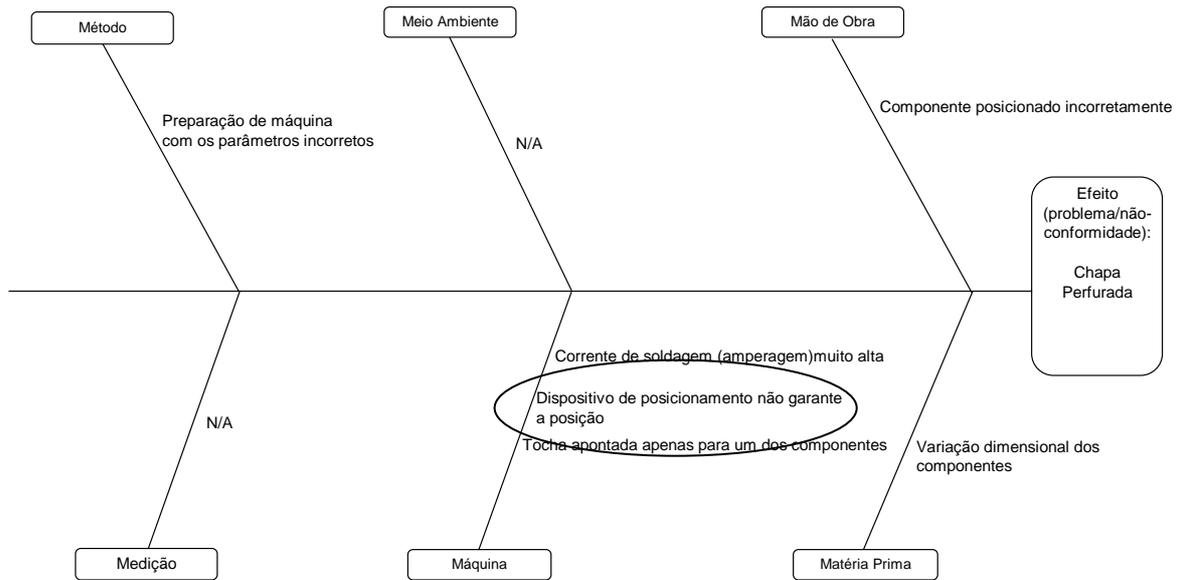


Figura 5 – Diagrama de *Ishikawa* – Chapa furada

O método foi baseado na parametrização do robô, sequenciamento e montagem no dispositivo de soldagem.

O meio ambiente foi baseado na iluminação, limpeza e organização.

A mão-de-obra foi baseada no treinamento dos operadores dos 2 turnos, formação escolar, e cursos de aprimoramento.

A medição foi baseada nos dispositivos de controle de qualidade, tipo "passa e não-passa" e visual.

A máquina foi baseada na programação do robô, seu grau de liberdade e no dispositivo de posicionamento.

A matéria-prima foi baseada na variabilidade dimensional dos componentes, tipo de material, tipo de eletrodo, tipo de gás e tipo de processo de soldagem.

Foi observado que o dispositivo não garantia o correto posicionamento das peças a serem soldadas, acarretando uma instabilidade no processo produtivo.

A Figura 6 mostra a chapa furada devido ao mau posicionamento do componente, resultando em um posicionamento da tocha voltado mais para a chapa.



Figura 6. Chapa furada do gancho do quadro auxiliar

#### 4. Conclusões

Após a análise do problema de chapa furada “GMAW” robotizado, apresentado com suas respectivas causas prováveis para fabricação do quadro auxiliar, conclui-se:

- o dispositivo atual não garante a repetibilidade de posicionamento correto do gancho do quadro auxiliar;
- a confiabilidade depende atualmente da ação do operador.

Para a resolução definitiva do problema, a engenharia de processo deve atuar na melhoria do dispositivo de fixação dos ganchos.

#### 5. Agradecimentos

Os autores deste trabalho agradecem o apoio fornecido pela CAPES ao programa de pós-graduação em Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté, sobretudo a Gestamp Metalbages do Brasil Ltda., de Taubaté, pelo recurso e incentivo dado ao seu funcionário para referida pesquisa e consolidação de seu curso de mestrado em Engenharia Mecânica.

#### 6. Referências

ABB. **Positioner IRB P250R/500R/750R, M2001**. Sweden: ABB Robotics, 2002.

\_\_\_\_\_. **Product On-line Manual IRB 2400**. Sweden: ABB Robotics, 1998.425 p.

ALMENDRA, A. C. et al. **Soldagem**. São Paulo: Editora SENAI, 1997.

AWS [American Welding Society] **Standard for AWS certification of welding inspectors**. USA: American Welding Society, 1988. 10 p.

\_\_\_\_\_. **Standard for welding procedure and performance qualification AWS B2.1**. USA: American Welding Inspection Society, 1999.

\_\_\_\_\_. **Welding Inspection**. USA: American Welding Society, 1980. 222 p.

CAMPOS, V. F. **TQC – controle de qualidade total**, 6 ed. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1992.

IMC Internacional. **Curso de manutenção planejada TPM – Total Productive Maintenance**. São Paulo/Tokyo: IMC Internacional/Japan Institute of Plant Maintenance, 2000. 173p.

MARQUES, P. V.; MODENESI, P. J.; BRACARENSE, A. Q. **Soldagem: fundamentos e tecnologia**. Belo horizonte: Editora UFMG, 2005.

PEREIRA, W. A.; FERRARESI, V. A. Comportamento do cordão na soldagem GMAW pulsada em chanfro estreito. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO, 1., 2001. Curitiba. **Anals...** Curitiba, 2001. 11 p.

TAKAHASHI, Y.; TAKASHI, O. **MPT – manutenção produtiva total**, 2 ed. São Paulo: Instituto IMAM, 2000. 322 p.

WAINER, E.; BRANDI, S. D.; MELLO, S. D. H. **Soldagem: processos de metalurgia**. Rio de Janeiro: LTC, 1992.

#### 7. Direitos Autorais

Autoriza-se a cópia total ou parcial desta obra, apenas para fins de pesquisa, sendo expressamente vedado qualquer tipo de reprodução para fins comerciais sem prévia autorização específica dos autores.

