

## **AUTOMAÇÃO DO PROCESSO DE SOLDAGEM MANUAL SEMIAUTOMÁTICO GMAW VISANDO MELHORIA DA QUALIDADE DO PRODUTO**

**JOÃO CLÁUDIO FERREIRA SOARES<sup>1\*</sup>, ANDREW JOSÉ DE LIMA NASCIMENTO<sup>2</sup>,  
FÁTIMA GEÍSA MENDES TEIXEIRA<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Doutorando em Engenharia, UMinho, Prof. Adjunto, ULBRA, Manaus-AM, engmecanica.manaus@ulbra.

<sup>2</sup>Eng. Mecânico, Sodécia da Amazônia, Manaus-AM, andrew\_joseln@hotmail.com

<sup>3</sup>MSc. Prof. Adjunto, ULBRA, Manaus-AM, coordengquimica@ulbra.br.

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2016  
29 de agosto a 1 de setembro de 2016 – Foz do Iguaçu, Brasil

**RESUMO:** Este trabalho apresenta um estudo de caso desenvolvido numa indústria do Polo Industrial de Manaus (PIM), no segmento de motocicletas. A pesquisa aborda a problemática das imperfeições do processo de soldagem GMAW (MIG-MAG). O objetivo do trabalho é melhorar a qualidade da junta soldada isentando-a de defeitos através da automação. Investigou-se as características do processo e produto referente as imperfeições geradas no processo manual semiautomático que podem ocorrer durante uma aplicação. Foi realizado um estudo para seleção de parâmetros e equipamentos de automação compatíveis com as necessidades de engenharia do produto e produção em massa. Paralelamente, a análise avaliou os custos e retorno do investimento, eficiência na utilização de recursos produtivos, confiabilidade dos sistemas automáticos e a segurança operacional da utilização de robôs de soldagem. Constatou-se nos resultados as vantagens da soldagem sob controle automático e robotizado reduzindo os índices de defeitos operacionais. Estabeleceu-se padrões de soldagem para que a qualidade fosse mantida além do treinamento operacional na manipulação e manutenção dos meios. A automação do processo de soldagem GMAW apresentou êxito com ganhos na qualidade do produto e produtividade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Soldagem GMAW (MIG-MAG), Descontinuidades, Automação.

### **AUTOMATION OF MANUAL GMAW SEMIAUTOMATIC WELDING PROCESS AIMED AT IMPROVING THE QUALITY OF THE PRODUCT**

**ABSTRACT:** This paper presents a case study developed in an industry of Manaus Industrial Pole (PIM), the segment of motorcycles. The research addresses the problem of imperfections of the GMAW welding process (MIG-MAG). The objective of this work is to improve the quality of the welded joint by exempting it from defects through automation. Investigate the characteristics of the process and product for imperfections in the process generated semi-automatic manual that can occur during an application. We conducted a study to selection of parameters and automation equipment compatible with the needs of product engineering and mass production. At the same time, the analysis evaluated the costs and return on investment, efficiency in the use of productive resources, reliability of automated systems and operational safety of the use of welding robots. It was noted in the results the benefits of automatic and robotic welding under control by reducing the levels of operational defects. Welding standards established for that quality was maintained in addition to the operational training in the handling and maintenance of media. The GMAW welding process Automation featured success with gains in product quality and productivity.

**KEYWORDS:** GMAW Welding (MIG-MAG), Discontinuities, Automation.

### **INTRODUÇÃO**

A soldagem por fusão consiste basicamente na aplicação localizada de calor na região que deseja-se unir, podendo ou não incluir um metal de adição, produzindo a ligação metalúrgica entre peças ou componentes (Okumura e Taniguchi, 1982).

Segundo Modenesi et al. (2004), a soldagem visa a união de duas ou mais peças ou partes através da fusão produzida pelo aquecimento da região até uma temperatura adequada, com ou sem a aplicação de pressão e de metal de adição. Esse contato se dá através das forças de ligação química no nível eletrônico do material (Drapinski, 1978)

A Soldagem GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) conhecida no Brasil como MIG-MAG é um processo de união dos metais por fusão da região soldada. Utiliza um arco elétrico, entre um eletrodo metálico contínuo e consumível (característica semiautomática) e a peça, para aquecimento da região de união (AWS, 1978). Este processo sido hoje o processo mais utilizado em soldagem robotizada ou automatizada, porque reúne características técnicas e vantagens operacionais que o tornam adequado, e bem sucedido para esta aplicação (Cary, 1995).

Automação industrial é a aplicação de técnicas, softwares e equipamentos específicos em uma determinada máquina ou processo industrial. A automação possui vários objetivos, dentre eles destacam-se a melhoria da eficiência através da otimização dos recursos, repetibilidade na execução, redução dos tempos e custos de processo. Algumas aplicações exigem maior segurança, força, velocidade, controle de parâmetros, controle de posição e dimensional o que limita a percepção e interferência humana. Compõem a automação dispositivos mecânicos e eletroeletrônicos como sensores e atuadores que enviam e recebem sinais elétricos de computadores e controladores programáveis. Robôs são equipamentos automatizados que executam tarefas através de sensores (percepção de variáveis) e atuadores (movimento) (Cary, 1995).

Na busca pela melhoria da qualidade dos processos produtivos há muitas soluções possíveis e prováveis. Contudo, a engenharia moderna busca soluções mais simples, eficientes e viáveis relacionando os custos aos benefícios. Através dessas premissas, propõem-se o estudo em questão, a fim viabilizar a implantação de uma melhoria eficiente, com o intuito de solucionar os problemas de qualidade e paralelamente obter outros ganhos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho apresenta um estudo de caso desenvolvido numa indústria do Polo Industrial de Manaus (PIM), no segmento de motocicletas. A pesquisa aborda a problemática dos defeitos gerados no processo de soldagem semiautomático, o que resulta em um grande gasto com recuperação e descarte de peças.

### Junta Soldada

O reforço traseiro tem espessura de 2mm e a placa de assentamento onde o mesmo será soldado tem espessura de 1,0mm. As duas peças formam duas juntas sobrepostas com posição de soldagem vertical.

Figura 1. Ilustração da junta após soldagem com quarto cordões.

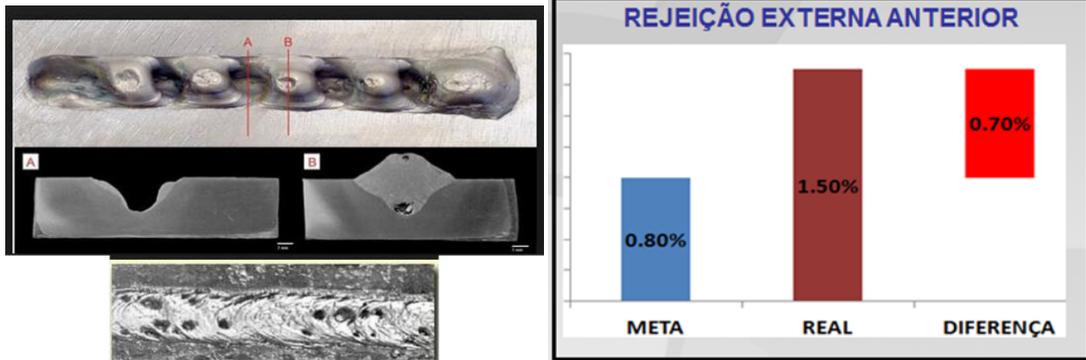


### Definição do problema

A soldagem do reforço traseiro é feita manualmente, o que leva a ocorrência de defeitos no processo. O processo de soldagem é o GMAW (MIG/MAG) semiautomático, arame de 1,0 mm, corrente entre 110 e 160 A, tensão de 12 ~ 17 V, gás de proteção 92% de Argônio e 8% Co<sub>2</sub>.

No período de janeiro a março de 2015 o processo de soldagem do reforço traseiro do tanque de combustível foi um dos processos que mais gerou defeito e retrabalho no setor de Solda. A Figura XXX apresenta os tipos de defeito mais comuns encontrados.

Figura 2. Cordão de solda com porosidade e análise macrográfica (esquerda) e Gráfico com percentual de defeitos.



No resultado de 1.5% de defeitos, 0,7% acima da meta, os problemas de solda tiveram significativa influencia no mesmo, pois se não tivesse esses problemas, o índice estaria dentro da meta.

Referente ao índice de defeitos, 60% são referentes a problemas de soldagem, e estão estratificados da seguinte forma: Mordedura= 12%; Furo de Solda= 20%; Cordão de Solda Deslocado= 8%; Porosidade= 20%

### Esclarecimento das causas

Apresenta-se abaixo os defeitos encontrados e uma discussão sobre suas características técnicas, incluindo causas e prováveis soluções. Essa discussão e análise é baseada nas considerações da revisão de literatura principalmente nos conceitos de Howden (1975). Observou-se dois pontos principais de problema: 1) Fadiga e desatenção do operador na operacionalização da tocha e parâmetros; e 2) Dispositivo de fixação das peças com mecanismo pneumático não detecta variações de posição.

**Defeito de Mordedura:** A primeira anormalidade estava relacionada a regulagem incorreta de parâmetros como corrente e tensão. Verificou-se neste caso que os soldadores aumentavam os parâmetros de solda para que a soldagem pudesse ser mais rápida. Outra causa relaciona-se a habilidade no manuseio e condução da tocha durante a soldagem, onde verificou-se que devido a fadiga da rotina de trabalho e momentos de desatenção do soldador ocorriam variações na velocidade de soldagem e distanciamento da tocha em relação a peça.

**Defeito de Furo e Porosidade na Solda:** Verificou-se mau posicionamento das peças no dispositivo (fora da posição padrão), regulagem incorreta de parâmetros e falhas na proteção gasosa. Apesar de pneumático o dispositivo não era sensorizado o que permite um erro de posicionamento. As falhas na proteção gasosa podem ocorrer por correntes de ar ou distanciamento excessivo da tocha perdendo a proteção gasosa (falha do soldador).

**Defeito de Deslocamento do Cordão de Solda:** Verificou-se desatenção e fadiga na condução da tocha, dificuldade na localização da junta a ser soldada e erro de posicionamento das peças no dispositivo.

### Processo Atual

Análise do processo atual de soldagem manual semiautomática utilizando dispositivo pneumático de fixação.

Figura 3. Sequência do processo de soldagem do Reforço traseiro (1, 2 e 3 posicionamento do tanque de combustível no dispositivo com o reforço; 4 posicionamento da tocha manualmente; 5 peça após soldagem); ao lado ilustração da porosidade encontrada.



## Desenvolvimento e Implementação da célula automatizada

Para a escolha do modelo do robô foram levados alguns itens em consideração como perfil do robô, cabeamento, ângulo de trabalho, velocidade de trabalho. Com isso o modelo escolhido foi o Motoman EA1400 NX100.

A Motoman EA 1400 é um robô de seis eixos, de alto desempenho, e, especialista em soldagem industrial a arco. A EA-1400 apresenta um design de cabeamento interno patenteado que aumenta a vida útil do cabo, reduzindo o desgaste e eliminando o problema de quebra. Uma redução na programação e ciclo de tempo é conseguido através da minimização do movimento necessária para a orientação da tocha. Pode executar uma rotação completa no eixo sem interferência do cabo. A parte superior do braço mantém o raio de curvatura na soldagem maximizando o desempenho de solda.

O robô é equipado com uma tocha modelo 5800 Clutch System que permite realizar uma soldagem com a máxima perfeição.

Foram projetados dispositivos com melhor posicionamento das peças para um melhor ângulo (posição plana) de soldagem, afim de reduzir os defeitos.

Com relação a produtividade foi elaborada uma célula com mesa giratória tipo AB, e cada lado da mesa possui dois dispositivos de soldagem. Dessa forma o processo atinge o tempo mínimo necessário de produção com apenas um operador.

### Arame de soldagem e Gás de proteção

O arame de solda escolhido para o processo automatizado foi o BME-BE17 pois solda de aços de alta resistência, tipo SAR-80, T1, USI-SAR-80, ASTM A514, A517, A533-A, etc e solda com ótima tenacidade e elevada resistência a tração 760MPa (Belgo, 2013).

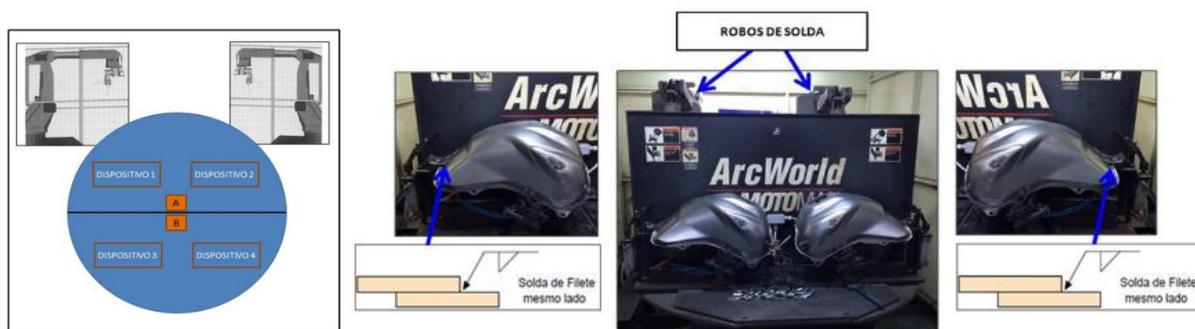
Os parâmetros de soldagem estabelecidos são os seguintes: Amperagem (A) = 130~170A e Voltagem (V) = 13~18V.

O gás de proteção do arco selecionado é uma mistura entre Argônio e Gás Carbonico (92% de Argônio + 8% de CO<sub>2</sub>). Essa mistura foi escolhida pela não reatividade, proteção do arco, boa aparência do cordão de solda e boa penetração. Essa mistura gasosa é conhecida como F-34.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 4 mostra a célula robô automatizada com dois robôs e dispositivo com capacidade para 4 peças. Os dois robôs soldam simultaneamente as duas peças que estão posicionadas no respectivo lado dos robôs, ou seja, enquanto os robôs estão soldando do lado A, o funcionário retira a peça do lado B do dispositivo que possui uma mesa giratória. Dessa forma o operador não tem acesso a área de movimentação e soldagem dos robôs.

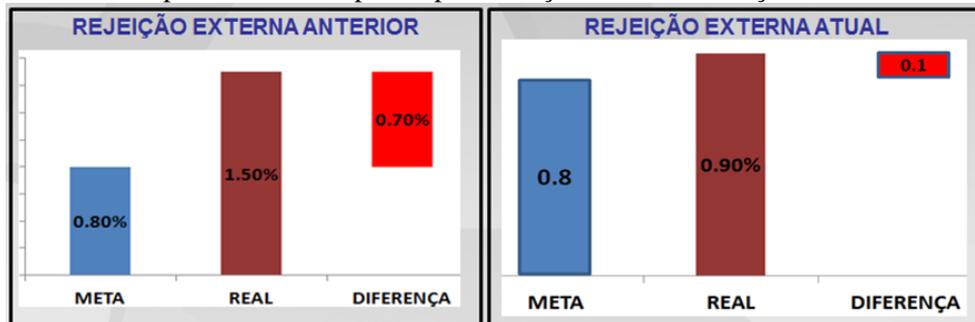
Figura 4. Ilustração da célula de soldagem com peça e identificação da solda



O dispositivo giratório de fixação das peças é pneumático e possui dispositivos sensores de detecção da peça, ou seja, em caso de deslocamento da peça em relação a posição de referência todo o equipamento para com código de erro. Dessa forma as chances de os componentes saírem de posição durante o processo de soldagem são mínimas, o que aumenta a precisão dimensional do produto evitando defeitos de deslocamento e resistência da peça. A fixação do tanque de combustível é feita pelos furos das abas laterais, após o posicionamento do tanque o suporte que será soldado é posicionado. Com o acionamento das botoeiras, os cilindros pneumáticos entram em funcionamento fixando as laterais e em seguida a parte traseira.

Outros resultados: Tempo de processo dentro do esperado 32s; Investimento de 250 mil reais; Retorno do investimento em 2,5 anos; Redução de 2 funcionários no processo; Tempo de conclusão do projeto 4 meses, iniciado em março de 2015 e concluído em julho de 2015; Redução da rejeição interna conforme Figura XXX. Período de comparação: entre janeiro a março de 2015 antes da implementação e entre julho a setembro de 2015 depois da implementação.

Figura 5. Gráficos comparativo antes e pós implementação da automatização.



## CONCLUSÃO

Os objetivos do trabalho foram atingidos. Reduziu-se a incidência de defeitos com a automatização do processo de soldagem. Reduziu-se os tempos de fabricação e aumentou-se a eficiência ao reduzir a mão-de-obra empregada. O projeto tem retorno de investimento relativamente curto, o que proporcionará maior lucro. O projeto atende aos requisitos de segurança, qualidade, produtividade e custo. O trabalho mostra que os processos de soldagem GMAW (MIG-MAG) possuem grande suscetibilidade a automatização pelas suas características técnicas o que proporciona ganhos expressivos para as indústrias de produção em massa.

## REFERÊNCIAS

- AWS Committee on Arc Welding and Arc Cutting. Recommended Practices for Gas Metal Arc Welding, AWS C5-6-79, American Welding Society, 1978.
- AWS, Welding Handbook, vol.2.
- Felizardo, I.; BRACARENSE, A.Q. Método de Aplicação da Soldagem: Manual, Mecanizado ou Automatizado. In: XXXII Congresso Nacional de Soldagem, CONSOLDA, ABS, Belo Horizonte, MG, Brasil, 2-5 Outubro 2006.
- Cary, H.B. Modern Welding Technology. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1979.
- Cary, H.B., Arc Welding Automation. New York, Marcel Dekker, 1995.
- Drapinski, J. Elementos de Soldagem. Mc Graw-Hill, São Paulo, 1978.
- Getmanets, S.M., Korinets, J.F. Gas-Shielded Welding (Instructions for Laboratory Work). Kiev (Ucrânia), Naukova Dumka, 1983.
- Howden, D.G. Defeitos de soldagem como causa de fraturas em tubulações. Metalurgia ABM, Abr. 1975.
- Marques, P.V. Tecnologia da Soldagem. ESAB, Belo Horizonte, 1991.
- Modenesi, P.J.; Marques, P.V.; Santos, D.B. Introdução à Metalurgia da Soldagem, Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.
- Okumura, T., Taniguchi, C. Engenharia de Soldagem e Aplicações. LTC, Rio de Janeiro, 1982.
- Potapievsky, A.G. Gas-Shielded Welding. Kiev (Ucrânia), Naukova., 1983.
- Quites, A.M., Dutra, J.C. Tecnologia da Soldagem a Arco Voltáico. Edeme, Florianópolis, 1979.
- Wainer, E. Soldagem. 14ª Edição, Associação Brasileira de Metais, São Paulo, 1979.