

CT-47 EQUIPAMENTO E PROCEDIMENTO DEDICADO À MECANIZAÇÃO DA SOLDAGEM DO FUNDO DA CARÇAÇA DE TRANSFORMADORES

⁽¹⁾Régis Henrique Gonçalves e Silva, M.Eng.

⁽²⁾Carlos Eduardo Broering, M.Eng.

⁽³⁾Felipe José Brandão Frossard, Eng.

⁽⁴⁾Jorge Afonso Theilacker, Eng.

RESUMO

Inserido no contexto de um projeto da empresa WEG TRANSFORMADORES, o LABSOLDA foi solicitado a desenvolver um dispositivo com a função de realizar a solda automatizada pelo processo MIG/MAG do fundo da carcaça de transformadores à sua parede, numa junta de filete e correspondente procedimento, garantindo a estanqueidade. O dispositivo desenvolvido é composto por um mecanismo capaz de realizar o movimento oscilatório na pistola de soldagem. Este dispositivo, desenvolvido no LABSOLDA, foi incorporado a um equipamento fabricado pela WEG, capaz de posicionar a carcaça do transformador e a pistola de soldagem, bem como rotacionar a carcaça com uma velocidade constante. Foi incorporado um sistema de seguimento de junta, também desenvolvido pelo LABSOLDA, que utiliza o próprio arco voltaico como sensor, para corrigir os erros de posicionamento da pistola de soldagem em relação à junta. O sistema e o procedimento desenvolvidos foram, então, aprovados e incorporados à célula de soldagem de fundo do transformador à sua carcaça, obtendo-se sucesso na automatização desta operação.

Palavras-chave: seguimento de junta, automação, soldagem, produtividade

ABSTRACT

In the framework of a project from the company WEG Transformers, LABSOLDA was required to develop a system performing the automatic MIG/MAG welding of transformers' bottom to their wall, in a leakproof fillet joint and the corresponding procedure. The system, completely developed by the LABSOLDA team, comprises a torch oscillation mechanism. It was incorporated to a machine constructed by WEG, which clamps and drives the piece to be welded in a constant and adjustable speed, and holds the torch as well. An arc-based joint tracking system, also a LABSOLDA development, was incorporated to the system to solve positioning errors along the weld. The developed system and procedure were, than, approved and integrated to the transformers welding cell, successfully achieving the process automatization.

⁽¹⁾ M. Eng. Mecânico, LABSOLDA - UFSC CP 476, CEP 88040-900 –Florianópolis - SC

⁽²⁾ M. Eng. Mecânico, LABSOLDA - UFSC CP 476, CEP 88040-900 –Florianópolis – SC

⁽³⁾ Eng Mecânico, WEG Indústrias S.A. - Transformadores, R. Dr. Pedro Zimmermann,6751, Blumenau SC

⁽⁴⁾ Eng Mecânico, WEG Indústrias S.A. - Transformadores, R. Dr. Pedro Zimmermann,6751, Blumenau SC

1. INTRODUÇÃO

As últimas décadas foram marcadas pelo expressivo aumento da concorrência entre as indústrias, tanto no nível internacional, quanto no mercado interno, independente do porte das mesmas. Com isso, o aperfeiçoamento científico e tecnológico em diversos segmentos tornou-se, não só uma necessidade, mas uma questão de sobrevivência.

A soldagem a arco não fugiu a esta regra. Associado ao desenvolvimento da eletrônica em conjunto com a informática, criou-se condições muito favoráveis para o aumento do controle do arco voltaico através de máquinas de soldagem eletrônicas, o que fez com que a soldagem se tornasse um dos processos de fabricação mais utilizados do atualmente.

Da mesma maneira, esforços no sentido da automatização também são crescentes. Durante a realização de uma solda, o soldador fica exposto à radiação emitida pelo arco, aos gases tóxicos provenientes de reações químicas no arco e aos salpicos de gotas de metal fundido a altas temperaturas. Além de estar em um ambiente altamente insalubre, o soldador ainda realiza muitas tarefas como ajustar parâmetros e variáveis de soldagem, controlar a qualidade do cordão de solda, guiar a pistola, etc. Este tipo de trabalho faz com que o soldador fique fadigado rapidamente, e isto é uma das principais causas da baixa produtividade em procedimentos com solda manual.

O tecimento é um tipo de movimento muito utilizado na indústria, pois permite um melhor acabamento aos cordões de solda realizados. Uma das grandes aplicações do movimento de tecimento é na soldagem de juntas chanfradas de parede espessa e *gap bridging*.

De acordo com o que foi exposto acima, as principais razões que leva ao uso de sistemas automatizados na soldagem são:

- **Produtividade;**
- **Qualidade;**
- **Repetibilidade;**
- **Nível de habilidade.**

Inserido no contexto de um projeto da empresa “WEG TRANSFORMADORES”, o Laboratório de Soldagem da Universidade Federal de Santa Catarina (LABSOLDA) foi solicitado para desenvolver um dispositivo com a função de realizar a operação de solda pelo processo MIG/MAG do fundo da carcaça de transformadores à sua parede, numa junta de filete, totalmente automatizada.

O dispositivo desenvolvido é composto por um mecanismo capaz de realizar o movimento oscilatório na pistola de soldagem. Este mecanismo, desenvolvido no LABSOLDA, foi incorporado a um equipamento fabricado pela “WEG TRANSFORMADORES”, capaz de posicionar a carcaça do transformador e a pistola de soldagem, bem como rotacionar a carcaça com uma velocidade constante. O movimento de oscilação da pistola, composto com o movimento de rotação da carcaça, implementa o movimento de tecimento ao longo do cordão de solda. O tecimento é fundamental ao processo, pois possibilita o aumento na largura do cordão, solucionando o problema de espaçamento entre as chapas (no caso, até 5 mm). Também com o tecimento, foi possível utilizar um sistema de seguimento de junta, que utiliza o próprio arco voltaico como sensor de posição da pistola, para corrigir os erros de posicionamento da pistola de soldagem em relação à carcaça do transformador. Coube ao LABSOLDA, também, o desenvolvimento do procedimento de soldagem.

Os trabalhos iniciais, no LABSOLDA, consistiram na fabricação de um sistema de fixação para os corpos de prova, de modo a simular a situação encontrada em campo, permitindo a determinação do procedimento de soldagem para esta aplicação. Logo após, foi feita a adaptação do mecanismo de oscilação da pistola à máquina fabricada pela “WEG TRANSFORMADORES”, quando foram realizados vários ajustes no novo dispositivo.

A etapa final do trabalho consistiu na incorporação do equipamento desenvolvido à linha de produção de transformadores da empresa, sendo feito uma otimização dos

parâmetros e variáveis de soldagem determinados nos ensaios de laboratório. Submetidos a soldas reais completas, estes valores apresentaram repetibilidade e robustez, preenchendo os espaçamentos entre as peças e realizando o seguimento efetivo da junta. O sistema e o procedimento desenvolvidos foram, então, aprovados e incorporados à célula de soldagem de fundo do transformador à sua carcaça, obtendo-se sucesso na automatização desta operação. Ao final conseguiu-se reduzir em, aproximadamente, três vezes o tempo necessário para a realização da solda.

2. SISTEMAS DE SEGUIMENTO DE JUNTA QUE UTILIZAM O PRÓPRIO ARCO VOLTAICO COMO SENSOR

Quando um soldador é qualificado, tornando-se o operador de um sistema automatizado, retira-se do processo a sensibilidade de, por exemplo, perceber erros da trajetória de soldagem ou da distância bico de contato peça. Então é fundamental que, de alguma forma, um sistema automatizado possua ao menos parte desta sensibilidade. Devido a esta necessidade, surgiu uma linha de pesquisa para o desenvolvimento de sistemas capazes de corrigir o erro de alinhamento do conjunto pistola-peça, que pode surgir pelo empenamento da peça devido ao calor, pelo mau posicionamento inicial do conjunto pistola-peça, pelo preparo defeituoso da junta ou por variações no movimento da peça, quando a pistola é estacionária.

Dentre os vários modelos de sistemas de seguimento de junta que podem ser encontrados, com princípios de operação baseados em sensores mecânicos, acústicos, elétricos ou óticos, surge uma classe que utiliza o próprio arco voltaico como sensor. O princípio de operação destes sistemas se baseia na leitura das próprias variáveis elétricas de soldagem para obter informações do posicionamento da pistola em relação à junta.

As principais vantagens dos sistemas de seguimento de junta que utilizam o arco voltaico como sensor compreendem:

- Baixo custo de aquisição e manutenção do sistema;
- Imunidade do sensor ao ambiente de soldagem;
- Não há dispositivos acoplados à tocha;
- Menor complexidade dos equipamentos utilizados;
- Relativa facilidade de implementação;
- Não há distância de offset entre o sensor e a tocha.

2.1 Princípio de Funcionamento

Os sistemas de seguimento de junta que utilizam o próprio arco voltaico como sensor se fundamentam na variação da tensão ou da corrente de soldagem, que surge durante o movimento oscilatório da pistola ao longo da seção transversal da junta (tecimento), devido a variações na distância bico-de-contato peça (DBCP). Caso os valores da corrente ou da tensão, conforme o tipo de fonte utilizada, forem iguais, nos extremos do movimento oscilatório, o posicionamento do conjunto pistola-peça está correto. Caso contrário, a pistola se encontra descentralizada em relação à linha de soldagem, sendo necessário que o sistema corrija o seu posicionamento (Fig. 2.1).

A variação da DBCP tem uma conseqüência fundamental para o funcionamento do processo, que é a mudança do comprimento do eletrodo sólido (Fig. 2.2). A variação no comprimento do eletrodo sólido causa uma alteração da resistência elétrica entre o bico de contato e a peça a ser soldada, causando mudanças na corrente de soldagem, caso se esteja utilizando uma fonte de tensão constante. Quanto mais próximo das extremidades da junta, menor é o comprimento do eletrodo sólido e conseqüentemente maior é o valor da corrente de soldagem [1].

Cabe observar que a variação da corrente é mais significativa na soldagem com arames-eletrodo ferrosos, já que em materiais de alta condutividade, como o alumínio e o cobre, a variação da resistência com a DBCP não é significativa [2].

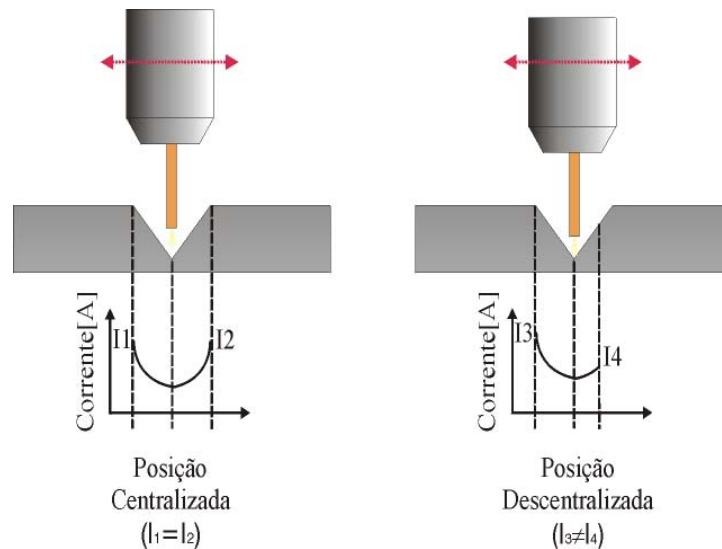


Figura 2.1 – Princípio de funcionamento do sistema de seguimento de junta com o próprio arco como sensor.



Figura 2.2 – Alteração do *stick out*.

No caso de fontes com característica do tipo corrente imposta, a modificação na resistência total do circuito elétrico conduzirá a variações na tensão de soldagem [3,6]. Apesar de ambas as características de fontes encontrarem aplicação na soldagem, os sistemas de seguimento de junta normalmente utilizam fontes do tipo tensão constante, devido à própria característica de auto-regulagem do comprimento do arco inerente a esta modulação.

2.2 Aquisição e tratamento da corrente de soldagem

Como se sabe, a variação da corrente de soldagem é muito acentuada, quando em transferência metálica por curto-circuito [4,5,6], sendo inviável a utilização do valor instantâneo da corrente de soldagem para a detecção da posição da pistola de soldagem no sistema de seguimento de junta. A solução encontrada é a utilização do valor médio de corrente. Nesta aplicação, o valor médio da corrente de soldagem é obtido através de um filtro passa-baixas. Este filtro deverá ter um fator de amortecimento (frequência de corte) que garanta uma variação mínima necessária para que o sistema possa detectar o erro de alinhamento do conjunto pistola-peça. Uma representação esquemática do sistema de aquisição de corrente e a atuação na correção na posição da pistola de soldagem pode ser vista na Fig. 2.3.

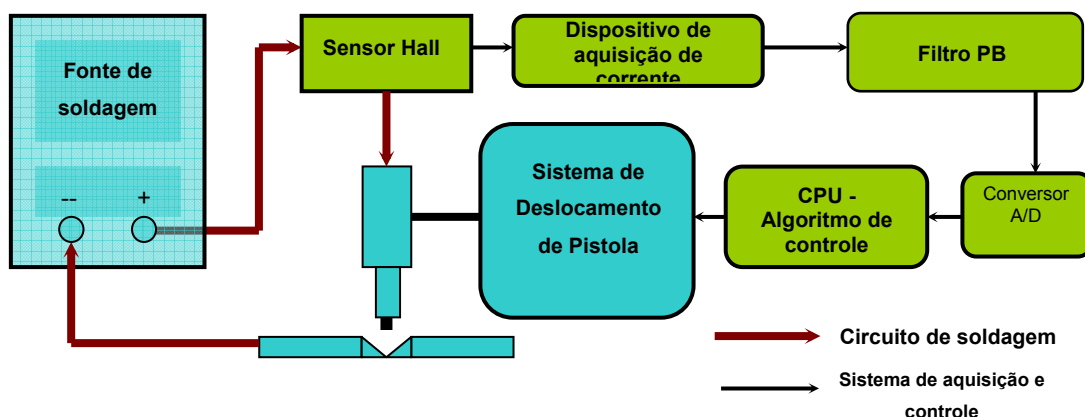


Figura 2.3 – Sistema de controle do sistema seguidor de junta.

3. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Foram utilizados, para ensaios em laboratório, as fontes de soldagem INVERSAL e MTE DIGITEC.

A fonte de soldagem “INVERSAL 300” foi projetada para operar em diversos processos e modos de soldagem. É uma fonte com a tecnologia de chaveamento no secundário do transformador e utiliza seus quatro transistores IGBTs na configuração ponte completa, o que dá a ela a capacidade de produzir correntes alternadas. A fonte de soldagem “MTE DIGITEC” também é uma fonte multi-processos, como a “INVERSAL”, também com chaveamento no secundário, porém com possibilidade apenas para operação em corrente contínua. Tem controle microprocessado. Para ensaios na WEG, também foi utilizada uma fonte MINITEC 200.

Para os testes com deslocamento da pistola, com ou sem seguimento de junta, foi utilizado o TARTILOPE V2 e o robô de 6 eixos UP6. Todos os equipamentos (Figura 2.4) com exceção do robô de 6 eixos, são desenvolvimentos do próprio LABSOLDA.



Figura 3.1 – Equipamentos: a) TARTILOPE V2, b) TEM DIGITEC, c) INVERSAL, d) robô UP6.

4. O TARTILOPE V2 NA EMPRESA WEG INDÚSTRIAS S.A. -TRANSFORMADORES

A WEG TRANSFORMADORES é uma das unidades do grupo WEG e está localizada na cidade de Blumenau, no estado de Santa Catarina. A WEG TRANSFORMADORES, como o próprio nome já diz, produz transformadores elétricos de médio e grande porte, que são utilizados em redes de distribuição, subestações e usinas.

Foi realizado um trabalho de parceria entre o LABSOLDA e a WEG TRANSFORMADORES com o intuito de desenvolver um dispositivo que pudesse realizar a operação de solda pelo processo MIG/MAG do fundo da carcaça de transformadores à sua parede, numa junta de filete, totalmente automatizada, eliminando o problema de falta de estanqueidade e ocorrência de vazamentos, que eram detectados em testes de estanqueidade em amostras da produção. O dispositivo que posiciona a carcaça do transformador, a pistola de soldagem e faz a carcaça deslocar-se com uma velocidade constante já estava incorporado a uma máquina construída pela WEG. Era necessário, então, incorporar um outro sistema que fosse capaz de fazer o tecimento e corrigir pequenos erros de posicionamento que eventualmente pudessem acontecer. Além disso, deveria ser desenvolvido um procedimento de soldagem estável, para minimizar o retrabalho. O dispositivo ainda deveria ser capaz de solucionar um outro problema, um espaçamento entre as chapas, que por vezes ocorria na citada união, e que poderia chegar a até 5 mm.

O dispositivo desenvolvido é composto por um dos eixos do TARTILOPE V2, incorporado ao equipamento posicionador fabricado pela WEG. Nesta aplicação, cabe ao TARTILOPE V2 a realização do movimento de oscilação da pistola, que composto com o movimento de rotação da carcaça, implementa o movimento de tecimento. O tecimento é fundamental ao processo, pois possibilita o aumento na largura do cordão, melhorando sua qualidade estética e estrutural e solucionando o problema de espaçamento entre as chapas. Também com o tecimento, foi possível utilizar o sistema de seguimento de junta para corrigir os erros de posicionamento entre a junta e da pistola de soldagem, que não eram completamente sanados pelos apalpadores integrados o sistema de fixação da máquina posicionadora.

Os trabalhos iniciais, no LABSOLDA, consistiram na fabricação de um sistema de fixação para os corpos de prova, de modo a simular a situação encontrada em campo, permitindo a determinação dos espaçamentos a serem ensaiados. Para os ensaios iniciais de solda foi utilizado o robô de seis eixos UP6, disponível no LABSOLDA. Defronte a este foi montado o sistema de fixação para os corpos de prova, que foram enviados pela WEG TRANSFORMADORES (Figura 4.1). Estes ensaios serviram para verificar a possibilidade de realização da solda em questão.

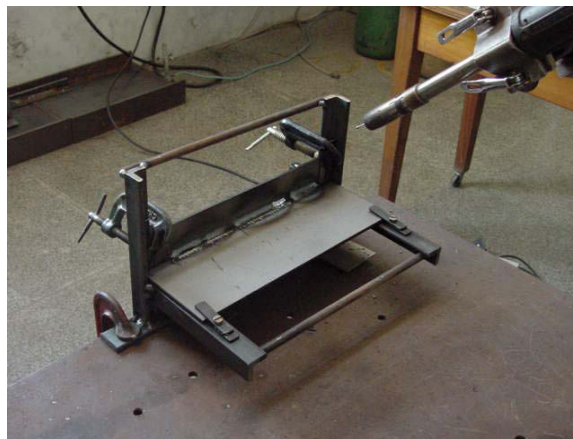


Figura 4.1 – Sistema de fixação para ensaios no robô UP6 [7].

Após os ensaios preliminares de viabilidade [7,8], foi montada uma bancada para o desenvolvimento do procedimento de soldagem utilizando o TARTILOPE V2. A bancada é composta pelo sistema de fixação dos corpos de prova, já mencionado, e um mecanismo capaz de inclinar o trilho do TARTILOPE V2, em um ângulo conhecido (Figura 4. 2 a)) [9].

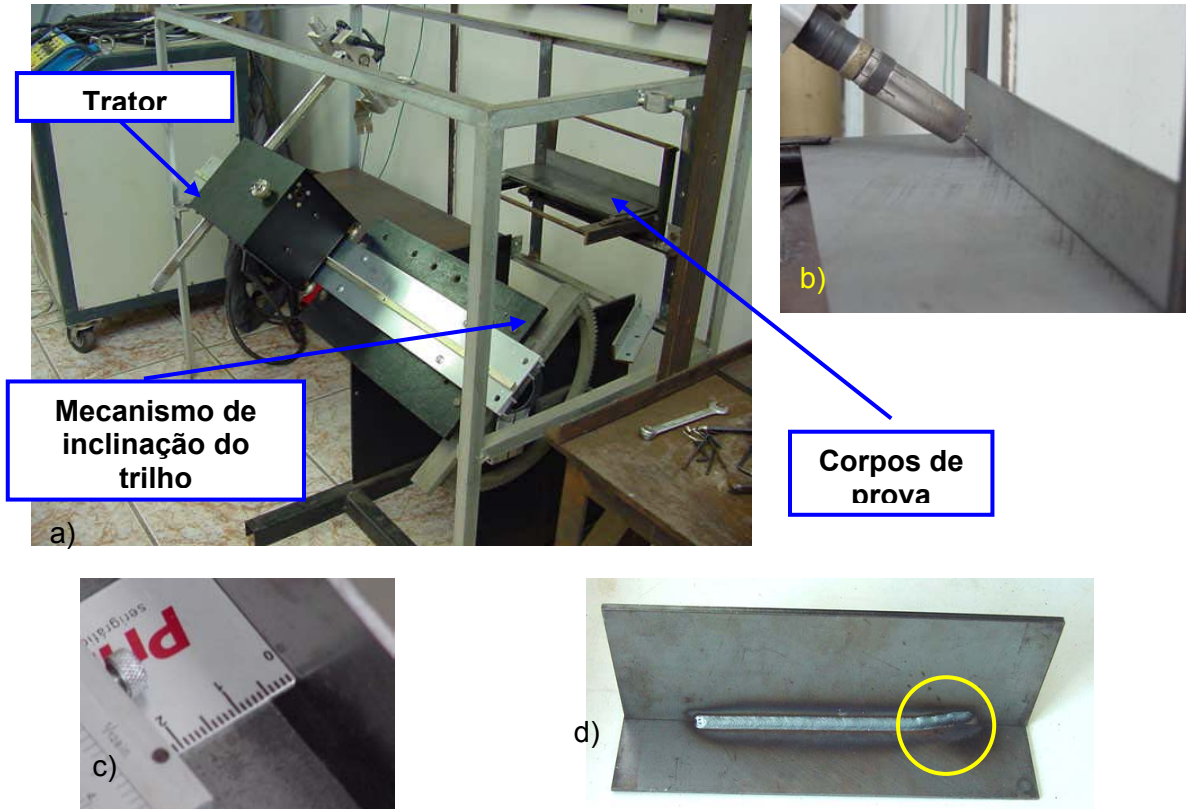


Figura 4.2 – Ensaio com seguimento de junta: a) bancada, b) posicionamento tocha-junta, c) espaçamento limite de 5 mm, d) atuação do seguimento de junta e fechamento do *gap* [9].

Após vários ensaios chegou-se aos parâmetros descritos na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Parâmetros de soldagem determinados em laboratório para a soldagem da carcaça dos transformadores.

Tensão (V)	21
Velocidade de arame (m/min)	4,6
Velocidade de soldagem (cm/min)	10
Gás/Vazão (l/min)	C25/ 15
Bitola de arame (mm)	1
Ângulo de trabalho (°)	60
Distância bocal-peça projetada (mm)	10

Depois da determinação dos parâmetros de soldagem, foi realizada uma visita à empresa para a instalação do gabinete de controle na máquina adaptada com um dos eixos do TARTILOPE V2. Nesta primeira visita, alguns problemas foram detectados na máquina adaptada, que impossibilitaram a realização de testes de solda. Foram sugeridas alterações mecânicas no suporte do motor de passo e nas guias de deslocamento.

Em uma segunda visita, após serem feitas as adaptações sugeridas na visita anterior, conseguiu-se realizar alguns ensaios de solda, mas que não tiveram resultados satisfatórios. Foram sugeridas mais algumas alterações na máquina adaptada, como uma maior proteção do suporte do motor, do motor e suas guias contra respingos que são inerentes ao processo de soldagem. Também surgiu a necessidade da inserção de duas funções no TARTILOPE V2, citadas a seguir:

- Parada no ponto médio. Fazer com que o movimento de tecimento sempre termine no seu ponto médio. Esta medida faz com que a pistola não precise ser reposicionada a cada operação, reduzindo o tempo secundário de posicionamento. Este pequeno detalhe reduziu muito o tempo entre as soldas, pois anteriormente a cada início de cordão o operador deveria realizar o alinhamento da pistola através do *joystick*;
- Necessidade do travamento do motor. O TARTILOPE V2 possui uma função que faz com o que o motor do eixo X fique travado quando o carrinho está operando na posição vertical. Nesta aplicação, sentiu-se a necessidade de que o eixo Y realizasse a mesma função, garantindo que não haverá mudanças em sua posição no caso de perturbações externas.

Uma nova visita foi realizada à empresa, onde as modificações no *software* do TARTILOPE V2 e as alterações sugeridas na máquina adaptada, foram testadas e apresentaram resultados satisfatórios [10]. Outras visitas foram realizadas a fim de adaptar o equipamento à linha de produção dos transformadores e otimizar os parâmetros de soldagem adotados. Ao final dos trabalhos chegou-se a parâmetros otimizados, com os quais se conseguiu praticamente triplicar o valor da velocidade de soldagem, conseqüentemente, diminuindo para um terço o tempo gasto para a realização da solda, se comparado com o início do trabalho (Tabela 4.1).

A Figura 4.3 mostra a utilização do TARTILOPE V2 na empresa WEG - TRANSFORMADORES.

Ao todo foram realizadas seis visitas à WEG, duas em Jaraguá do Sul (SC), local onde foram feitas as adaptações à máquina, e quatro visitas em Blumenau, para negociações iniciais e decisões gerenciais do projeto e para colocar o equipamento em operação. Os engenheiros das WEG visitaram o LABSOLDA em duas ocasiões, para conhecimento da infraestrutura, apresentação da bancada e definições técnicas e gerenciais de projeto.

Os ensaios realizados para determinar os procedimentos de soldagem, nesta aplicação do TARTILOPE V2 [10,11,12], também serviram para comprovar o funcionamento de todo sistema de seguimento de junta desenvolvido, que foi incorporado ao equipamento, mostrando-se bastante robusto e confiável. Problemas existentes na máquina projetada pela WEG foram evidenciados e sanados, como o suporte do motor de passo para o sistema de tecimento, o mecanismo de fixação da carcaça e o sistema de movimentação da mesma [10,12]. Cabe ressaltar que, sem a utilização do seguimento de junta, este trabalho não teria alcançado o resultado esperado. A atuação do seguimento de junta pode ser verificada nas Figuras 4.2 d) e 4.3 d), onde pode-se observar, circulado em amarelo, o início do cordão de solda fora da linha da junta a ser soldada.

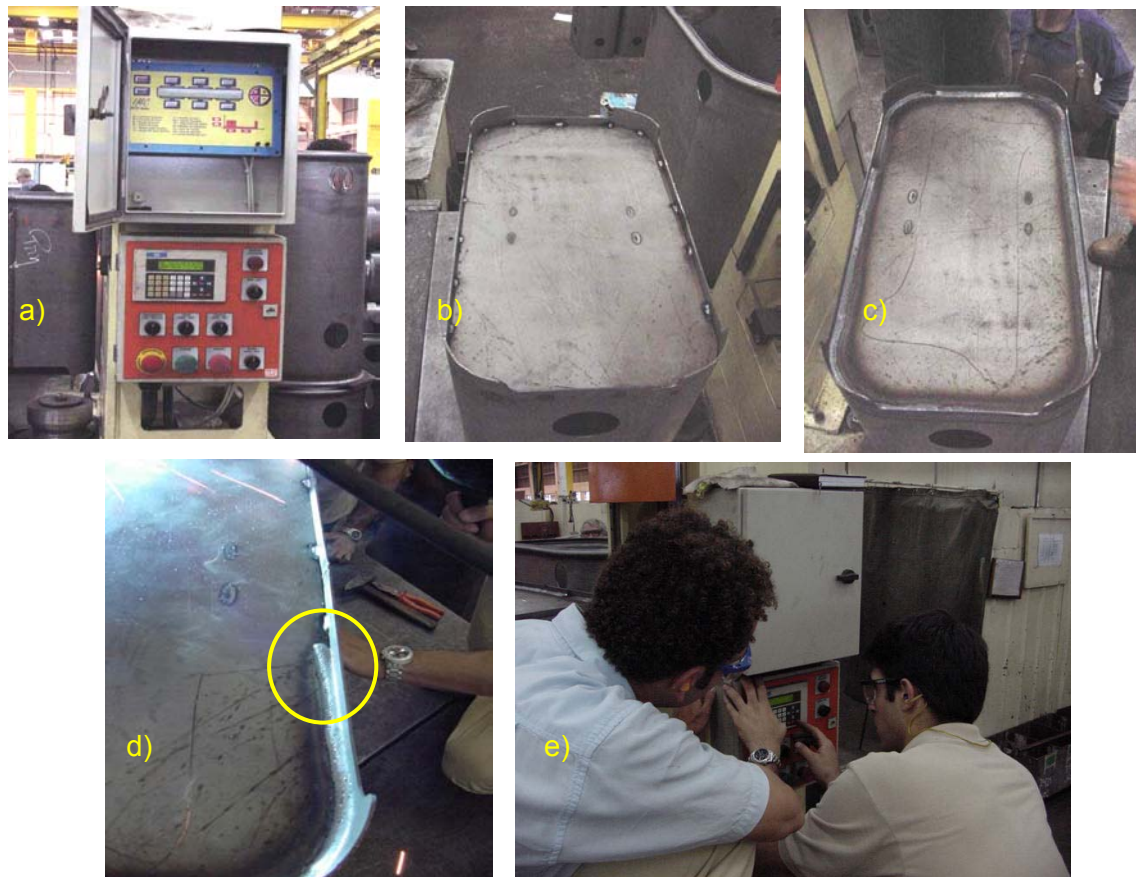


Figura 4.3 – Sistema de automatização da solda de carcaças de transformadores, derivado do TARTILOPE V2, em operação na WEG: a) painéis de controle da máquina posicionadora e do TARTILOPE V2, b) peça a ser soldada, c) peça soldada, d) atuação do seguimento de junta, e) engenheiros da WEG e do LABSOLDA regulando o sistema.

5. CONCLUSÕES

Apesar de se ter utilizado apenas um eixo no sistema final, um caráter inédito do equipamento é a união dos dois sistemas, o seguimento de junta e o sistema de deslocamento com dois graus de liberdade, pois antes do TARTILOPE V2, os sistemas de seguimento de junta eram uma exclusividade dos robôs de seis eixos. Então, se materializou uma real inovação tecnológica, desenvolvida numa parceria universidade/empresa, contribuindo efetivamente para uma vantagem competitiva da empresa nacional, que atua intensamente no mercado internacional.

Conseguiram-se bons resultados com o sistema de seguimento de junta implementado, superando os resultados alcançados anteriormente [2]. Um outro fator importante é a utilização industrial do sistema, em ritmo de produção, confirmando sua robustez e rigidez.

Um outro aspecto importante do trabalho foi a formação de recursos humanos, referente a processos de soldagem e todas as áreas afins, como eletrônica de potência, eletrônica analógica, eletrônica digital, linguagens de programação, que envolveu toda a equipe de bolsistas e técnicos do LABSOLDA. Da mesma maneira, a ativa e eficiente interação das equipes técnicas da WEG e do LABSOLDA, resultando numa aplicação prática de inovação tecnológica, fomenta a continuidade de trabalhos cooperativos entre a universidade e a indústria.

O presente trabalho abrangeu vários desenvolvimentos envolvendo diferentes áreas de conhecimento, como eletrônica analógica, digital, eletrônica de potência, tecnologia da soldagem, informática, entre outras. Esses desenvolvimentos abriram perspectivas de trabalhos e questões a serem analisadas com maior profundidade, a saber:

- Aprimoramento do *driver* do motor de passo utilizando outras concepções com o objetivo de melhorar a sua robustez;
- Utilizar os conhecimentos adquiridos com o desenvolvimento do TARTILOPE V2 para desenvolver um sistema de soldagem MIG orbital;
- Realização de testes metrológicos com o TARTILOPE V2 e futuramente com o sistema de soldagem orbital;
- Estudar mais a fundo o sistema de seguimento de junta, analisando, por exemplo, o comportamento utilizando outros materiais de base e adição, a utilização de processos com corrente imposta e medição da tensão;
- Utilização de um terceiro eixo no TARTILOPE V2, com o objetivo de manter constante a distância bico de contato peça em situações que ocorrem empenamento do material de base. Pode-se utilizar um sistema AVC (arc voltage control) incorporado ao TARTILOPE V2 para fazer o controle deste terceiro eixo.

5.1 Conclusões adicionais

- A forma com que os *softwares* foram desenvolvidos, utilizando a padronização da *interface* com o usuário, permitiram que os mesmos fossem elaborados de forma organizada, coerente e dinâmica, o que agilizou a implementação e a inserção de novas funções e dos algoritmos de controle, ao longo do trabalho;
- Outro fator que foi determinante para o sucesso do trabalho foi a utilização da CPU PC104. Pois além de trabalhar de forma confiável até mesmo quando os sinais de controle ainda não eram isolados, a CPU ainda serve como plataforma direta de desenvolvimento dos *softwares*;

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] DUTRA, J. C., ROSA, V. M., “**O Arco Elétrico como Sensor de Procura de Junta**” Anais do XXI Encontro Nacional de Tecnologia de Soldagem, Caxias do Sul, Junho de 1995. p. 807 a 820.
- [2] COSTA, A. R. “**Estudo do Comportamento da Corrente de Soldagem, no Processo Mig/Mag, e sua Aplicação em Sistemas de Seguimento de Junta**” Dissertação de Mestrado, Florianópolis – UFSC – 2003.
- [3] DERUNTZ, B. D., “**Assessing the benefits of Surface Tension Transfer welding to Industry**”, Journal of Industrial Technology, Agosto de 2003, volume 19, número 4.
- [4] KVASOV, F. V., “**Special Features of Mechanized Welding with Controlled Electrode Metal Transfer**”, Welding International, 2000 14 (2) 158-161.
- [5] CHOI, S. K., KO, S. H., KIM Y. S., “**Dynamic Simulation of Metal Transfer in GMAW – Part 2: Short-Circuit Transfer Mode**” Welding Journal, Janeiro de 1998, pags. 45-51.
- [6] SILVA, R. H. G., “Estudo e Desenvolvimento da Soldagem MIG/MAG em transferência metálica por curto-circuito com controle de corrente aplicada ao passe de raiz na construção *offshore* de linhas dutoviárias petrolíferas”, Dissertação de mestrado, UFSC, dezembro de 2004.
- [7] SILVA, R. H. G., **Relatório Técnico 1 Sistema de Seguimento de Junta WEG**. Relatório, 6pp., abril de 2003.

- [8] SILVA, R. H. G., **Relatório Técnico 2 Sistema de Seguimento de Junta WEG**. Relatório, 6pp., maio de 2003.
- [9] SILVA, R. H. G., **Relatório Sucinto –** Relatório, 3pp., novembro de 2003.
- [10] SILVA, R. H. G., **Relatório Sucinto Final – Introdução na Linha de Produção**. Relatório, 3pp., julho de 2004
- [11] FROSSARD, F. J. B., THEILACKER, J. A. **TRY OUT MÁQUINA DE SOLDAR FUNDO INTERNO DE TANQUES DE NÚCLEO ENROLADO ALIADA AO SEGUIDOR DE JUNTAS DO LABSOLDA**. Relatório, 1p., julho de 2004
- [12] SILVA, R. H. G., **Relatório de Visita Técnica para Ajustes no Processo já Integrado**. Relatório, 2pp., setembro de 2004.