

MIG/MAG DUPLO ARAME COM POTENCIAIS ISOLADOS : CARACTERÍSTICAS E DESEMPENHO DO PROCESSO

⁽¹⁾ Marcelo Ferreira Motta

⁽²⁾ Jair Carlos Dutra

RESUMO

Neste trabalho foram conduzidos ensaios com o processo MIG/MAG Duplo Arame Potencial Isolado, a fim de verificar a influência da corrente média e do afastamento entre os eletrodos na geometria dos cordões de solda (largura, reforço e perfil de penetração). Os ensaios foram realizados nas transferências metálicas por curto circuito e por corrente pulsada. Um estudo comparativo deste processo com o MIG/MAG convencional e MIG/MAG Duplo Arame Potencial Único, também foi realizado. Os resultados obtidos mostraram que, para uma distância fixa entre eletrodos, a largura, o reforço e a penetração crescem com o aumento da corrente. Cordões mais largos, menos convexos e com menor penetração foram obtidos ao se aumentar o afastamento dos eletrodos, mantidas as demais condições constantes. Na transferência metálica por curto circuito, o processo MIG/MAG Duplo Arame Potencial Isolado possibilitou realizar soldas com velocidades de arames superiores (dobro) às obtidas com os processo MIG/MAG Potencial Único e MIG/MAG convencional com um arame.

Palavras-chave: MIG/MAG duplo arame; Geometria da solda; Sopros magnético

ABSTRACT

In this work, a research was carried out using the Twin Wire GMAW Process with Isolated Potential. The objective was to verify the influence of mean current and space among the electrodes on the weld bead (width, reinforcement and penetration profile), in the metallic transfers for short circuit and for pulsed current. A comparative study using conventional GMAW and double wire GMAW with only potential were also carried out. The results showed that the width, the reinforcement and the penetration increase with increase current. Wider, less convex and with lower penetration weld beads were obtained when increasing the space among the electrodes. The wire speeds isolated potential MIG/MAG were greater than to obtained with the only potential MIG/MAG and conventional MIG/MAG, in the metallic transfers for short circuit.

Key-Words: Twin Wire MIG/MAG; fillet shape; Magnetic arc blow

(1) M.Sc., Eng. Mecânico, Doutorando e Prof. da Universidade Federal do Ceará
LABSOLDA – Campus Universitário – C.P. 88040-900 – Florianópolis - SC:

(1) Dr., Eng. Mecânico, Professor da Universidade Federal de Santa Catarina
LABSOLDA - Campus Universitário – C.P. 88040-900 – Florianópolis - SC

1. INTRODUÇÃO

A soldagem MIG/MAG com dois arames é uma variante do processo MIG/MAG e caracteriza-se pela formação de um par de arcos elétricos entre uma única poça fundida e dois eletrodos consumíveis. Comparativamente à soldagem MIG/MAG convencional, o duplo arame apresenta as seguintes características principais: maior taxa de deposição de material, possibilidade de soldagens com velocidades de deslocamento mais elevadas e o menor aporte térmico sobre a peça, este como consequência da utilização de velocidades de soldagem mais altas.

O processo apresenta duas variações principais: **MIG/MAG Duplo Arame Potencial Único e MIG/MAG Duplo Arame Potencial Isolado**. Na primeira, os eletrodos estão em contato elétrico no bico de contato da tocha e submetidos ao mesmo potencial elétrico. Na segunda, os eletrodos são isolados eletricamente e os arcos são mantidos por duas fontes de soldagem. Uma vantagem desta última configuração está na possibilidade de se atuar de forma independente sobre os parâmetros de soldagem de cada arco elétrico, conferindo funções distintas a cada um deles. O processo com potencial isolado permite, ainda, um controle da geometria do cordão de solda. Na soldagem em “Tandem”, tem-se por prática o ajuste de uma maior potência no arco da frente, responsável pela formação da cratera no metal de base, com o objetivo de elevar a penetração. O segundo arco, com um nível de energia mais baixo, é responsável pelo preenchimento total da cratera com metal fundido, formando cordões de solda com geometria mais favorável^(1,2). Um efeito diferente pode ser obtido quando os eletrodos são posicionados lado a lado e dispostos transversalmente em relação ao cordão de solda (Figura 1). Esta configuração pode ser empregada em operações de revestimento por soldagem, que requerem depósitos mais largos, menos convexos (mais planos) e com menor penetração. Neste caso é possível controlar a geometria da solda atuando diretamente no ângulo entre os eletrodos e no afastamento dos mesmos.

Este trabalho tem como objetivo dar subsídios para uma compreensão dos fundamentos básicos da soldagem MIG/MAG Duplo Arame Potencial Isolado (eletrodos posicionados lado a lado). Devido à pouca literatura disponível sobre o processo e o amplo campo de aplicação do mesmo, especialmente nas soldagens de revestimento, decidiu-se por estudar a influência das variáveis corrente média e o afastamento entre eletrodos sobre a geometria dos depósitos (largura, reforço e perfil de penetração), nas transferências metálicas por curto circuito e por corrente pulsada.

2. EQUIPAMENTOS, MATERIAIS E METODOS

2.1 Equipamentos

Fontes de soldagem: Todos os ensaios foram realizados utilizando duas fontes de soldagem microprocessadas com capacidade de corrente máxima de 600 A. As soldagens com transferência metálica por curto circuito foram feitas com a fonte operando no modo tensão constante. Nas soldagens com corrente pulsada, as fontes foram ajustadas para operar com corrente imposta e interligadas para permitir o sincronismo de pulsação de corrente. Através desta técnica, o início da pulsação de corrente de uma das fontes (fonte escrava) é comandado pela outra (fonte mestre). Este sincronismo evita que os pulsos de corrente de ambas as fontes ocorram simultaneamente, o que, segundo alguns autores^(3,4) reduz o efeito eletromagnético que um arco elétrico exerce sobre o outro (sopro magnético). A figura 2 representa, de forma esquemática, os oscilogramas de corrente de

ambas as fontes de soldagem, com uma defasagem de tempo “Td” entre os pulsos de corrente.

Sistema de fixação das tochas de soldagem: As duas tochas para soldagem automática utilizadas neste trabalho foram afixadas a um sistema microcontrolado de deslocamento através de um suporte. A figura 1 ilustra a montagem deste sistema.

Medidores de velocidade do arame: A velocidade de alimentação do arame, em cada equipamento, foi monitorada através de instrumentos dotados de sensores ópticos para medir velocidades⁽⁵⁾.

Sistema de aquisição de dados de Soldagem: Para a aquisição dos sinais de tensão e de corrente de ambas as fontes foi utilizada uma placa de aquisição de sinais dotada de um conversor A/D de 12 bit, e permite a aquisição de dados analógicos em até 14 canais⁽⁵⁾.

2.2 Materiais

Em todos os ensaios foi utilizado o aço ABNT 1020 de 6,35 mm de espessura como material de base. As chapas foram cortadas nas dimensões 100 X 200 mm e esmerilhadas para remoção de carepas. O material de adição utilizado foi o eletrodo de aço carbono do tipo AWS A5. A8.93 – ER 70S-6 de diâmetro igual a 1,0 mm. Em todos os ensaios foi utilizada a mistura gasosa Ar + 8% CO₂ como gás de proteção, a uma vazão de 12 l/min em cada tocha.

2.3 Métodos

Para verificar o efeito da corrente de soldagem e da distância entre arames sobre o perfil geométrico dos cordões de solda, todos os ensaios foram realizados com os eletrodos um ao lado do outro e posicionados transversalmente ao sentido de deslocamento das tochas. As soldagens ocorreram por simples deposição na posição plana e os modos de transferência metálica analisados foram o curto circuito e através da corrente pulsada. A placa de aquisição foi instalada em um microcomputador PC486 DX de 100 MHz. Esta configuração permitiu realizar aquisições de sinais em 12 bit e com uma frequência de 5 kHz em cada um dos quatro canais de leitura utilizados da placa. Cada aquisição realizada neste trabalho teve uma duração de 5s.

A metodologia adotada para a realização das soldagens com transferência metálica por curto circuito consistia, para uma distância fixa entre eletrodos, em variar a velocidade de alimentação de arame* na faixa de 7 m/min a 14 m/min, mantendo as demais variáveis constantes. A aquisição de sinais foi iniciada após o estabelecimento de valores iguais de velocidades nos dois medidores de velocidade de arame, o que garantiu taxas iguais de fusão de material em ambas as fontes. Numa segunda etapa, para cada uma das velocidades de arame selecionadas, variava-se o afastamento entre os eletrodos. O critério de aceitação adotado nos ensaios foi a ausência de defeitos, o acabamento superficial, a baixa quantidade de respingos e a formação de uma única poça metálica.

A metodologia adotada nos testes com corrente pulsada foi similar à dos ensaios anteriores. Para uma distância fixa entre eletrodos, variava-se a corrente média na faixa de

* Obs: As velocidades citadas neste trabalho correspondem à velocidade total, ou seja, velocidade do arame 1 + velocidade do arame 2.

120 A a 320 A (soma das correntes médias de ambas as fontes de soldagem), mantendo-se as demais variáveis de soldagem constantes. Posteriormente, para cada uma das correntes médias selecionadas, variava-se a distância entre eletrodos.

Em todas as soldas executadas foram determinados os valores médios de largura e reforço dos cordões através de cinco medidas realizadas ao longo dos depósitos. O perfil de penetração das soldas foi obtido através de macrografias. Os corpos de prova foram cortados em sua seção transversal, preparados até a lixa 600 mesh e atacados com uma solução de nital a 10%, para revelação dos perfis de penetração.

A tabela 1 apresenta os valores de variáveis adotadas nos ensaios realizados nas transferências metálica por curto circuito e por corrente pulsada.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das soldagens com transferência metálica por curto circuito permitiram traçar os gráficos das figuras 3 e 4. Estes representam, respectivamente, as variações da largura e da altura do reforço dos cordões de solda em função dos aumentos na velocidade de alimentação dos arames e do afastamento entre eletrodos*.

Os resultados dos ensaios com corrente pulsada podem ser vistos nos gráficos das figuras 5 e 6. Estes apresentam, respectivamente, o comportamento da largura e altura do reforço dos cordões de solda em função de variações na corrente média e na distância entre eletrodos (para apenas uma das correntes adotadas nos ensaios).

As fotos da figura 7 apresentam a variação do perfil de penetração das soldas em função das velocidades de alimentação dos arames e do afastamento entre eletrodos, para soldagens realizadas com transferência metálica por curto circuito. Para correntes mais baixas, o perfil geométrico dos cordões apresentou uma diluição menor na região central do cordão em relação às laterais (figura 7a), caracterizando os pontos de incidência dos arcos e a formação de duas crateras separadas. Este comportamento se alterou com o aumento da corrente. O perfil tornou-se mais uniforme, apresentando uma diluição maior na região central da solda e a formação de uma única cratera (Figuras 7b e 7c). Para uma mesma intensidade de corrente, o aumento no afastamento dos eletrodos conduziu à formação de cordões mais largos, com menor altura de reforço, com baixa diluição na região central da solda e apresentando a formação de duas crateras no perfil de penetração da solda. Devido às suas características, estas condições são favoráveis às soldagens de revestimento. Efeitos similares na geometria dos cordões foram observados nas soldagens realizadas com corrente pulsada.

Os gráficos das figuras 8 e 9 permitem comparar os resultados encontrados neste trabalho com os obtidos por Gonzalez ⁽⁶⁾ que determinou valores de largura e reforço de soldas realizadas com os processos MIG/MAG convencional com um arame e MIG/MAG Duplo Arame Potencial Único. Neste último, o autor utilizou uma tocha com os dois arames sendo alimentados paralelamente e afastados de uma distância fixa de 5 mm. Apesar dos testes não terem sido realizados em condições similares, a comparação é válida para se poder observar como a forma geométrica dos cordões de solda pode ser controlada pelo espaçamento entre eletrodos e pelos parâmetros de soldagem.

* O gráfico da figura 4 ilustra a variação da largura e da altura do reforço do cordão em função do aumento no afastamento entre eletrodos, para apenas uma das velocidades empregadas nos ensaios. Efeito similar foi verificado para as demais velocidades.

Os aumentos na largura, na altura do reforço (Figuras 3 e 6) e na penetração das soldas (Figuras (7a) a (7c)) com o crescimento da corrente, tanto nas soldagens com transferência metálica por curto circuito, quanto com corrente pulsada, são explicados pelo maior volume de material depositado, e também, pelas potências mais altas dos arcos elétricos em correntes elevadas, o que causa um maior aquecimento da peça, e por consequência, aumenta a molhabilidade e a diluição do metal depositado.

As figuras 4, 6 e (7d) a (7f) retratam a influência que o afastamento dos eletrodos exerce sobre o perfil geométrico dos cordões de solda. Para uma corrente de soldagem constante, acréscimos no afastamento entre os eletrodos ocasionou aumento proporcional nas dimensões da poça metálica formada pelos dois arcos. Isto resultou em cordões mais largos, com menor altura do reforço e menor penetração.

Em uma análise dos gráficos das figuras 8,9 e 10, pôde-se constatar que as soldas obtidas com o processo duplo arame potencial isolado apresentaram cordões mais largos e com reforços mais baixos, tanto na transferência por curto circuito, quanto na corrente pulsada, quando comparados com os processos MIG/MAG convencional com um arame e o MIG/MAG Duplo Arame Potencial Único. Estes resultados podem ser explicados, em parte, pelo maior afastamento entre os eletrodos no processo com dois arames potencial isolado, o que influenciou na largura dos cordões. Comparando ainda os três processos na transferência metálica por curto circuito, o processo MIG/MAG Duplo Arame Potencial Isolado permitiu executar soldas dentro de uma faixa de velocidades de arame mais extensa (14 m/min - Figuras 8 e 9) Isto mostra que em aplicações de soldagem que requerem taxas de deposição de material mais altas, resultados satisfatórios podem ser alcançados com o processo duplo arame potencial isolado, com este tipo de transferência metálica,

Na transferência com corrente pulsada, tanto a soldagem com duplo arame potencial isolado quanto com potencial único, operaram em faixas similares de corrente média. No entanto, os valores de corrente alcançados são superiores (aproximadamente o dobro), àqueles obtidos com transferência pulsada convencional (Figura 10). Apesar das fontes de soldagem utilizadas fornecerem níveis de corrente superiores aqueles apresentados nos gráficos, seria um contra-senso especificar procedimentos de soldagem, em corrente pulsada, com valores de corrente média acima da corrente de transição.

Embora os processos MIG/MAG duplo arame com potencial único e com potencial isolado operem na mesma faixa de corrente pulsada, deve-se destacar a maior flexibilidade do segundo. Neste, o isolamento dos eletrodos permite que se atue de forma independente sobre os dois arames, sendo possível, por exemplo, selecionar parâmetros distintos de soldagem para os dois arcos, ou ainda, que se promova a defasagem entre os pulsos de corrente para amenizar os efeitos do sopro magnético. Características impossíveis de se obter com o potencial único, que apresenta, ainda, riscos de ocorrência de fusão do arame no bico de contato. Isto se dá porque, caso ocorra qualquer interrupção na alimentação de um dos arame, a corrente é forçada a passar pelo segundo eletrodo que recebe o dobro da energia necessária para a taxa de fusão de material estabelecida⁽⁶⁾.

4. CONCLUSÕES

Os resultados encontrados neste trabalho com o processo MIG/MAG Duplo Arame Potencial Isolado, e eletrodos posicionados lado a lado, permitem concluir que:

- O perfil geométrico das soldas realizadas foi influenciado pela intensidade de energia imposta sobre a peça (corrente) e pelo afastamento dos eletrodos. Este efeito se

mostrou verdadeiro tanto para a transferência metálica por curto circuito quanto com corrente pulsada.

- Para uma distância fixa entre os eletrodos, em níveis mais baixos de corrente, o perfil de penetração apresentou a formação de duas crateras nas laterais da solda e uma baixa diluição na região central. Acréscimos na intensidade de corrente resultaram em aumentos na largura e na altura do reforço. A penetração também aumentou, porém com a formação de uma única cratera.
- Para uma mesma intensidade de corrente, o aumento no afastamento entre os eletrodos tende a produzir cordões largos, com maior molhabilidade e baixa diluição, e ainda, causar a formação de duas crateras no perfil de penetração das soldas.
- Na transferência metálica por curto circuito, o processo MIG/MAG potencial isolado possibilitou realizar soldas com velocidades de arames superiores (dobro) às obtidas com os processos MIG/MAG Potencial Único e MIG/MAG convencional.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à toda equipe do LABSOLDA – Laboratório de Soldagem da UFSC que de alguma forma contribuiu para a realização deste trabalho. Em especial ao Dr. Eng. Carlos Eduardo Iconomos Baixo pelas valiosas considerações e sugestões prestadas. Desejam agradecer também à CAPES pela concessão da bolsa de doutorado, à COPEL – Companhia Paranaense de Energia e ao programa MCT-PADCT pelo apoio financeiro.

6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ¹ UTRACHI, G. D., Multiple Electrode Systems for Submerged Arc Welding, Welding Journal, nº 5: p. 15 a 22, May 1989.
- ² HACKL, H. Faster with Two Wire Electrodes Metal Inert Gas Welding of Aluminium Materials, Proceedings, Exploiting Advances in Arc Welding Technology. TWI, Abington, Cambridge, U.K. 1997.
- ³ LASSALINE, B. at all, Narrow Groove Twin-Wire MIG/MAG of High-Strength Steel, Welding Journal, nº 9: p. 53-58, September, 1989
- ⁴ MICHIE, K. at all, Twin Wire GMAW: Process Characteristics and Applications, Welding Journal, nº 5: p. 31 a 34, May 1999.
- ⁵ DUTRA et al Instrumentação para Estudo da Transferência Metálica em Soldagem MIG/MAG por Curto Circuito, Anais do XXI ENTS. Assoc. Bras. Soldagem, Blumenau, Brasil, p. 867 a 875, Jun. 1995.
- ⁶ GONZALEZ, A. M. R. Análise e Desenvolvimento do Processo MIG/MAG Duplo Arame com Potencial Único, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Santa Catarina: Florianópolis, 1999.

Tabela 1- Variáveis de soldagem adotadas nas soldagens com transferência metálica por curto circuito e por corrente pulsada.

Variáveis	Transf. por curto circuito	Transf. por corrente pulsada
Dist. bico de contato - peça	15 mm	15 mm
Comprimento do arco	-	aproximadamente 5 mm
Velocidade de soldagem	0,3 m/min	0,3 m/min
Ângulo entre tochas	aproximadamente 32 ^o	aproximadamente 32 ^o

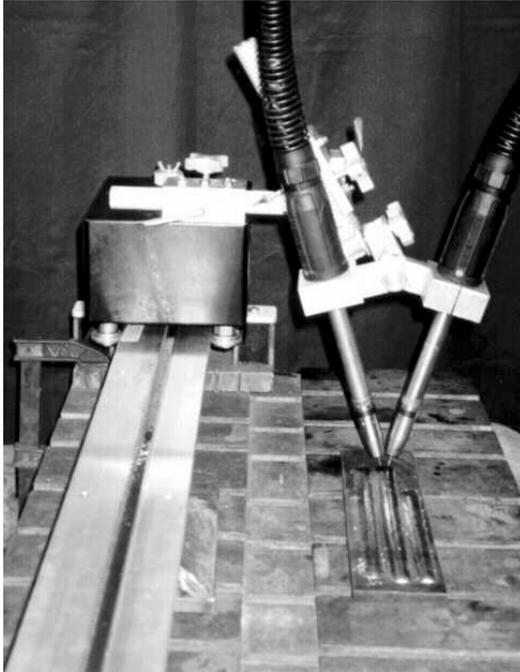


Figura 1 – Montagem das tochas de soldagem utilizadas nos ensaios com o duplo arame potencial isolado. Eletrodos posicionados lado a lado

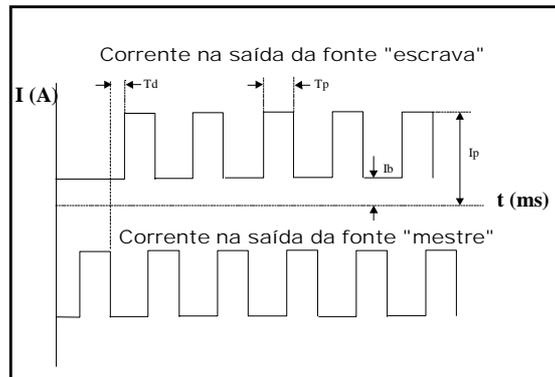


Figura 2- Representação esquemática da defasagem dos pulsos de corrente entre as fontes nas soldagens com corrente pulsada. Td – tempo de defasagem; Tp – tempo de pulso; Ib – corrente de base; Ip – corrente de pulso.

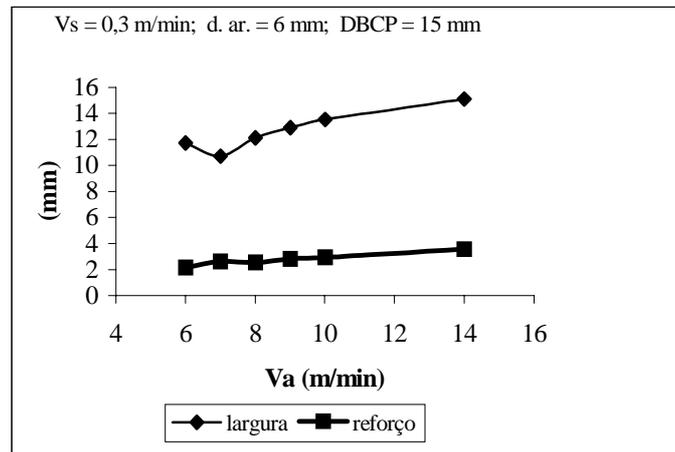


Figura 3 - Gráficos da variação de largura e reforço dos depósitos em função da velocidade do arame. Transferência metálica por curto circuito

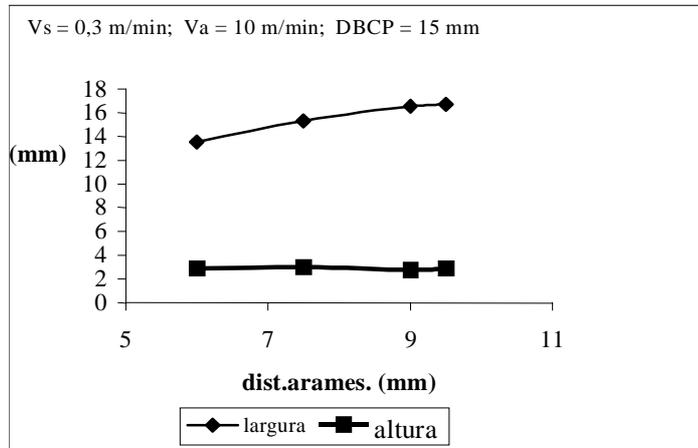


Figura 4 – Variação da largura e da altura do reforço dos depósitos em função da distância entre os arames. Transferência por curto circuito.

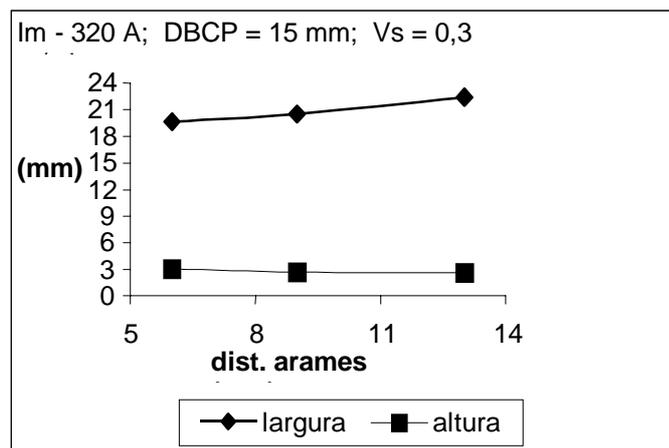


Figura 5 – Variação da largura e da altura do reforço dos depósitos em função da distância entre arames. Transferência metálica com corrente pulsada.

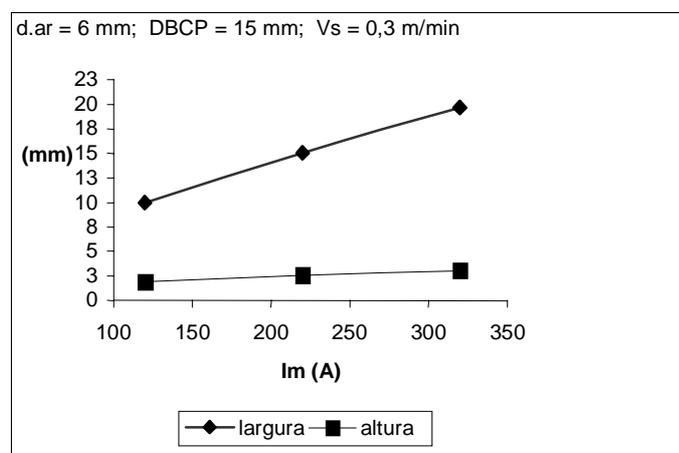


Figura 6 – Variação da largura e da altura do reforço dos depósitos em função da corrente média. Transferência com corrente pulsada.

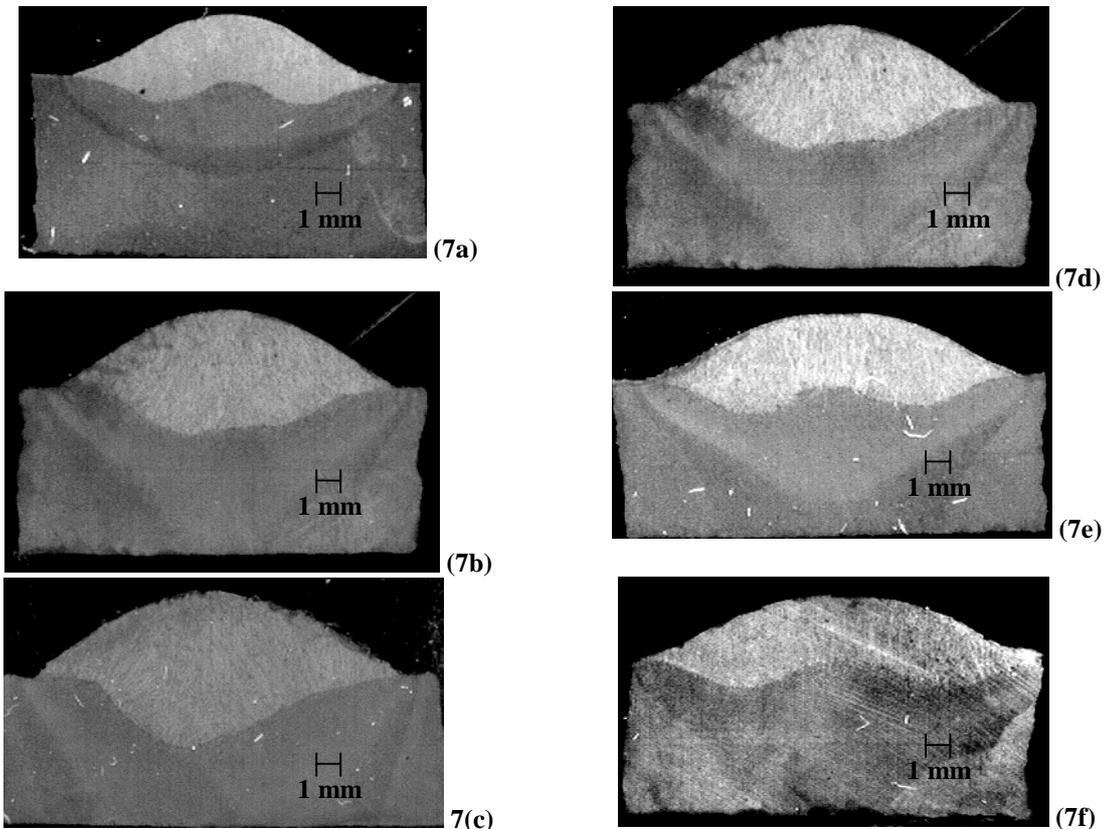


Figura 7 - As figuras de “a” a “c” apresentam o efeito do aumento da velocidade do arame (corrente) sobre o perfil de penetração das soldas. Distância entre arames de 6 mm. Os valores adotados de velocidade do arame são: (7a) - 3 m/min; (7b) - 5 m/min e (7c) - 7 m/min. As demais figuras apresentam o efeito do afastamento entre eletrodos sobre o perfil de penetração da solda, para uma velocidade de arame fixa de 5 m/min. Os valores de distância entre arames adotadas são: (7d) - 6 mm; (7e) - 7,5 mm e (7f) - 9,5 mm.

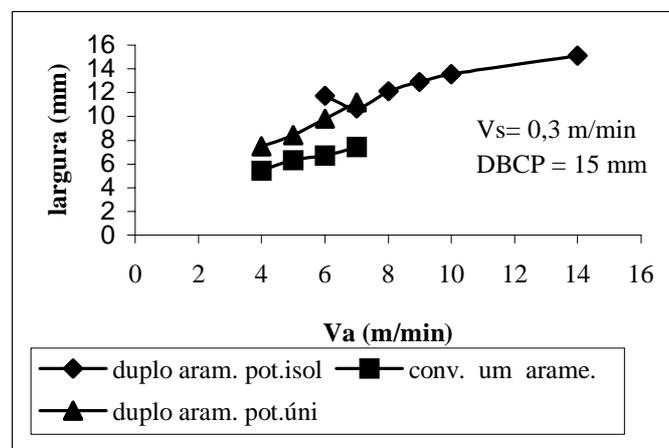


Figura 8 - Gráficos da largura dos cordões de solda em função da velocidade de alimentação dos arames. São comparados os processos MIG/MAG convencional um arame, MIG/MAG Duplo Arame Potencial Unico e com potencial isolado, em soldagens realizadas com transferência metálica por curto circuito.

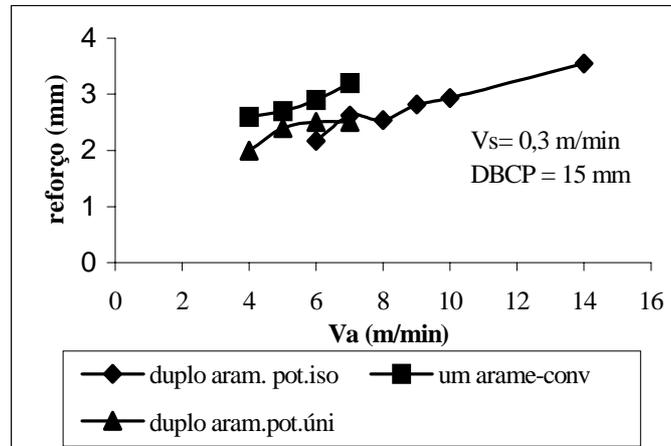
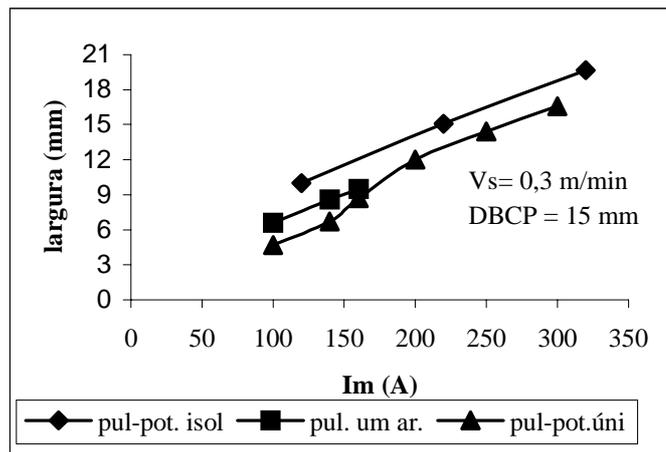
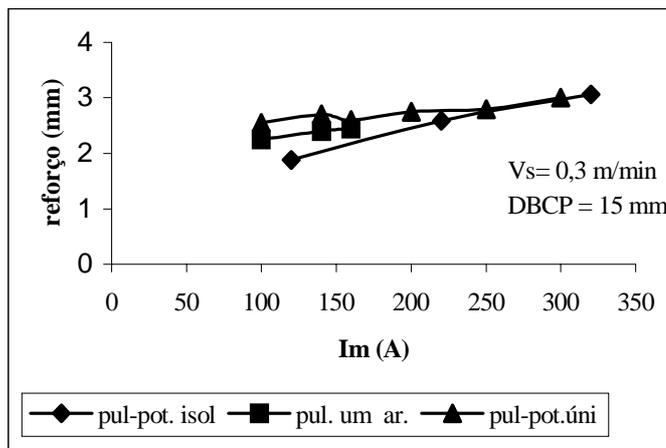


Figura 9 - Gráficos da altura do reforço dos cordões de solda em função da velocidade de alimentação dos arames. Soldagens realizadas com transferência metálica por curto circuito.



(10a)



(10b)

Figura 10 – Gráficos de largura e reforço dos cordões de solda em função da corrente média. São comparados os processos MIG/MAG pulsado convencional com um arame, MIG/MAG Duplo Arame Potencial Único e com potencial isolado, em soldagens realizadas com transferência metálica com corrente pulsada.