XXV ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DA SOLDAGEM
Belo Horizonte - MG
De 08 a 10 de Setembro de 1999

índice

ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DO PROCESSO " TIG " COM ALIMENTAÇÃO AUTOMÁTICA DE ARAME

(1) Luiz Carlos Delgado
(2) Jair Carlos Dutra
(3) Moisés Alves de Oliveira

RESUMO

Este trabalho se propõe em caracterizar a soldagem pelo processo TIG com alimentação automática de arame, estabelecendo o melhor conjunto de parâmetros e variáveis. Avaliando a deposição de metal com alta produtividade em corpos-de-prova de aço carbono, utilizando corrente contínua constante. Determinando os possíveis benefícios desta tecnologia e tornando-a competitiva em relação ao processo MIG/MAG, principalmente no que se refere à produtividade. Procurar-se-á mostrar a aplicabilidade do processo TIG com adição automática de arame frio em operações onde somente o processo MIG/MAG é considerado viável. Buscar-se-á verificar comparações de taxa de deposição, adotando premissas adequadamente definidas. Ensaios realizados apresentaram resultados que indicam um aumento considerável da produtividade do processo TIG com alimentação automática em relação ao processo convencional, aproximando-se daqueles obtidos com o processo MIG/MAG, sem comprometimento da qualidade da solda.
Palavras-chave: Arame Frio; TIG Alimentado Automaticamente.

ABSTRACT

The objective of this work is to characterize the TIG welding process with automatic wire feeding, establishing the best set of parameters and variables. Evaluating the metal deposition with high productivity in specimens of steel carbon, using constant direct current. Determining the possible benefits of this technology and making its productivity competitive, when compared to MIG/MAG process to show the applicability of Cold Wire tecnic in operations where MIG/MAG process is considered viable. The deposition rates will be properly compared adopting defined premises. Executed experiments had presented results that indicate a considerable increase of the productivity in relation to conventional TIG process, coming close to those found with MIG/MAG process, without affecting the quality of the weld.
Key Words: Cold Wire; Automatic Fed TIG.

(1) Eng. Naval, Mestrando em Eng. Mecânica pelo LABSOLDA/UFSC
Rua Rui Barbosa 344, Agronômica, Fpolis, SC, CEP : 88025-300, e-mail : delgado@emc.ufsc.br
(2) Dr. Eng., Eng. Mecânico, Prof. LABSOLDA/UFSC
Campus Universitário CP 476, Trindade, Fpolis, SC, CEP : 88040-900, e-mail : jdutra@labsolda.ufsc.br
(3) Eng. Mecânico, Mestrando em Eng. Mecânica pelo LABSOLDA/UFSC
Campus Universitário CP 476, Trindade, Fpolis, SC, CEP : 88040-900, e-mail : moises@labsolda.ufsc.br

1. INTRODUÇÃO

Num mercado cada vez mais globalizado, ter competitividade é uma característica indispensável à sobrevivência de uma empresa. Entretanto, para se ter competitividade é necessária a obtenção de produtos que satisfaçam os requisitos estabelecidos pelo trinômio qualidade, baixo custo e alta produtividade. Todavia, o aumento de produtividade pode refletir na redução dos custos unitários de fabricação. Neste aspecto, a produtividade dos processos de fabricação exerce um importante papel na obtenção de produtos competitivos. Através do desenvolvimento de novas tecnologias é possível otimizar este trinômio e, desta forma, processos que permitem obter maior produtividade com baixo custo adicional e sem comprometimento da qualidade tornam-se bastante interessantes para serem adotados pelas empresas. Neste contexto surge a proposta de desenvolvimento e aplicação do processo de soldagem TIG com alimentação automática de arame. Para tanto é necessário adicionar ao equipamento convencional, um sistema de alimentação de arame e adaptação da tocha, conforme fig. 1 e 2. As referências bibliográficas [1,2] mencionam que o arame pode ser alimentado à temperatura ambiente ou pré-aquecido. Neste trabalho o arame é alimentado à temperatura ambiente.

2. JUSTIFICATIVAS DO TRABALHO

A produtividade de um determinado processo nem sempre é apresentada de maneira isenta de falsas interpretações e expectativas. Comumente esta produtividade é relacionada com a taxa de deposição [1] e assim, aquele processo que fornece o maior valor para esta grandeza, é considerado o mais produtivo. Entretanto, a medição da produtividade deve considerar outros fatores. O que se diria, por exemplo, do processo de soldagem plasma pela técnica “key hole” em que se produz a solda sem qualquer material de adição? Deve-se considerar que as velocidades de soldagem neste processo são por vezes maiores que a do processo MIG/MAG. Mesmo em se considerando somente os processos que inerentemente depositam material, a apresentação das taxas de deposição não consideram, na maioria das vezes, o aspecto de relatividade. Isto é, não relacionam esta produtividade com o que está entrando de insumo no processo [1,2]. Assim, o relacionamento da taxa de deposição com a corrente de soldagem é por vezes indispensável, pois em muitas situações não se pode elevar muito o valor desta. Por isso, a produção baseada em taxa absoluta de deposição não é, nestes casos, uma informação satisfatória. Além disso, quase a totalidade das informações existentes não é tratada com rigor científico. Existe, por exemplo, na soldagem, critérios adotados pelos metalurgistas que são diferentes daqueles utilizados pelo pessoal que trata dos processos. Assim, os metalurgistas consideram, nos seus trabalhos, a energia do processo, dando importância para a tensão de soldagem, havendo então aí, uma dicotomia de tratamento dentro de um mesmo processo. É devido a isso que surgem tantas possibilidades de se provar o que se quer, dependendo das premissas consideradas. Também o índice de retrabalho e a vida do componente produzido devem ser considerados como fatores que afetam a produtividade, indo muito além da simples quantificação de um valor numérico [1,2]. É neste contexto que se insere o presente trabalho, o qual faz parte de uma nova linha de pesquisa aberta no LABSOLDA/UFSC.

3. OBJETIVOS

Sem perder de vista a necessidade de uma elevada produtividade, procurar-se-á mostrar a aplicabilidade dos processos com eletrodos não consumíveis (de tungstênio) em operações onde o processo MIG/MAG é considerado viável. Nessa primeira fase é considerado somente o processo TIG com adição automática de arame frio, onde se buscará verificar comparações de taxa de deposição, adotando premissas adequadamente definidas. Dentro deste objetivo principal pode-se enumerar os objetivos secundários :

- Verificar as várias características operacionais do processo TIG com alimentação automática de arame, comparando suas taxas de deposição com o processo MIG/MAG nas mesmas condições de soldagem, utilizando um critério mais adequado de comparação relacionado à potência do arco;
- Determinar a faixa adequada de velocidade de alimentação do arame (taxa de deposição) para uma categoria de parâmetros preestabelecidos, sem o comprometimento da qualidade desejada para o Processo TIG;
- Obter informações necessárias ao aperfeiçoamento de equipamentos que utilizam esta nova tecnologia, para tornar viável a automatização da soldagem pelo Processo TIG com adição de metal.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Todos os equipamentos necessários ao desenvolvimento deste trabalho foram projetados e fabricados no Laboratório de Soldagem da Universidade Federal de Santa Catarina com o objetivo de viabilizar a automatização da soldagem TIG com adição automática de metal (figura 2).

4.1 Equipamentos e Instrumentação

Fonte de soldagem multiprocesso e microprocessada;
Softwares : OSCILOS e CALIGEN;
Sistema microcontrolado de deslocamento da tocha;
Placa de aquisição de dados INTERDATA 3;
Cabeçote alimentador automático de arame;
Tocha TIG com suporte para alimentação de arame;
Medidor de velocidade do arame.

4.2 Metodologia

O enfoque central da metodologia aplicada está na medição da taxa de deposição do metal de adição do Processo TIG Alimentado Automaticamente e a comparação dos resultados com outros obtidos de ensaios pelo Processo MIG/MAG, nas mesmas condições de soldagem. Para tanto, foram realizadas as seguintes etapas :

- Montagem da Bancada de Ensaios;
- Calibração do Sistema de Medição de velocidade do arame (MVA);
- Calibração do Sistema de Medição de corrente e tensão (OSCILOS), utilizando medidores padrões de corrente e tensão e o software CALIGEN;
- Confecção e limpeza dos corpos-de-prova;
- Realização dos ensaios, onde procurou-se determinar a melhor faixa de utilização do processo que pudesse garantir a correta alimentação do arame, sem perda da qualidade do cordão soldado. Nesta etapa determinou-se os valores mínimos, máximos e ideais da velocidade de alimentação do arame, numa faixa de corrente

média entre 110 A e 290 A. Todos os ensaios foram realizados adotando-se duas alturas do arco (3 mm e 5 mm) e três velocidades de soldagem (10 cm/min, 20 cm/min e 30 cm/min). Além destes ensaios citados acima, foram realizados mais dois, a título de verificação, com comprimentos de arco de 10 mm (arco longo) e abaixo de 2 mm (arco curto).

- Confecção dos oscilogramas e gráficos, análise dos resultados obtidos e comparação entre os processos TIG com alimentação automática e MIG/MAG.

4.3 Parâmetros

Soldagem em posição plana com eletrodo de tungstênio com 2% de tório, diâmetro de 3,2 mm e ângulo de ponta de 45^{o};
Ângulo de ataque do arame em relação à peça de 45^{o};
Arame maciço de aço carbono em bobina, com diâmetro de 1,2 mm;
Dimensões dos corpos-de-prova : chapas de aço carbono 1020 com 25,4 mm de espessura, 50,0 mm de largura e 1,2 m de comprimento;
Corrente contínua constante dentro da faixa : (110 à 290) A;
Distância eletrodo-peça (altura do arco) : 3,0 mm e 5,0 mm;
Tensão contínua constante dentro da faixa : (10,0 à 20,0) V;
Velocidades de soldagem : 10,0 cm/min, 20,0 cm/min e 30,0 cm/min;
Velocidade de alimentação do arame dentro da faixa : (1,0 à 7,5) m/min;
Vazão de gás de proteção (argônio puro) : 12,0 l/min.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os primeiros resultados mostraram que a alimentação do arame exerce influência sobre o oscilograma de tensão, indicando a condição de estabilidade do arco. Aproveitando esta característica, verifica-se que a velocidade ideal de alimentação do arame ocorre quando se consegue manter uma tensão estável no arco . Isto pode ser observado pelo oscilograma da tensão (figura 3). Em contrapartida, quando o arame é alimentado com velocidades muito baixas, nota-se um ruído característico da instabilidade do arco e percebe-se visualmente que o arame não flui continuamente até a poça de fusão. Nesta condição o oscilograma da tensão (figura 4) mostra sucessivas quedas repentinas, abaixo do valor médio, numa freqüência que provavelmente seja a de formação das gotas, decorrentes da fusão do arame numa condição de elevado nível de energia com pouco arame fundido. Da mesma forma, quando o arame é alimentado com velocidades bastante superiores à velocidade ideal, observa-se nitidamente sucessivos impactos do arame, ainda no estado sólido, com a peça. Isto se traduz em sucessivos trancamentos do arame, podendo até interromper a operação do processo devido ao enrolamento do arame dentro do cabeçote alimentador. O oscilograma da tensão (figura 5) também é um indicador desta instabilidade do arco. Neste oscilograma, cada vez que o arame impacta com a peça há uma redução do valor da tensão, como conseqüência da diminuição do comprimento do arco, já que o arame passa a ser uma extensão do anodo, quando este entra em contato com a poça de fusão. Quando se utiliza uma altura excessiva do arco durante a soldagem (10 mm), verifica-se que a resposta em tensão indicada pelo oscilograma (figura 6), aproxima-se bastante de uma onda pulsada com valores bem definidos de pulso e base, como conseqüência da instabilidade apresentada pelo arco nesta condição de soldagem. Por outro lado, quando o eletrodo se posiciona muito próximo a peça (arco muito curto), torna-se difícil o correto posicionamento do arame na poça de fusão. A instabilidade do arco, nesta condição crítica, é verificada pela oscilação do valor instantâneo da tensão de forma aparentemente aleatória (figura 7).

Portanto, embora exista uma velocidade ideal para a alimentação do arame em uma determinada condição de soldagem, pequenas variações em torno deste valor dito como ideal, não comprometerão a qualidade dos resultados alcançados. Esta faixa estreita define uma região recomendada para a operacionalidade adequada do processo sem o comprometimento da qualidade desejada do cordão soldado. O limite inferior desta faixa (velocidade mínima do arame) representa o valor abaixo do qual ocorre o fenômeno de elevado nível de energia do arco com pouco arame em fusão. O limite superior da faixa (velocidade máxima do arame) representa o valor acima do qual ocorre o fenômeno de nível inferior de energia do arco para uma velocidade excessiva de alimentação do arame (figuras 8 e 9). Quando se compara a velocidade ideal de alimentação do arame em dois níveis de velocidades de soldagem (10,0 cm/min e 20,0 cm/min), os resultados obtidos mostram que o aumento da velocidade de soldagem impõe duas alternativas distintas para se manter a estabilidade do arco e o equilíbrio entre a potência do arco e a energia necessária à fusão total e contínua do arame. A primeira alternativa é manter fixa a potência e reduzir a velocidade de alimentação do arame gradualmente até se conseguir a condição ideal de soldagem. A segunda alternativa é manter fixa a velocidade de alimentação do arame e aumentar gradualmente a potência do arco, através do aumento da corrente média de soldagem, até atingir a condição ótima do processo (figura 10).

Como o aporte térmico é inversamente proporcional à velocidade de soldagem, para uma mesma potência do arco, o mesmo raciocínio pode ser utilizado (figura 11). Mantendo-se as mesmas condições de soldagem e variando-se apenas o comprimento do arco voltaico de 3,0 mm para 5,0 mm, não foi observada uma variação significativa na velocidade de alimentação do arame para garantir a condição ideal de soldagem (figura 12).

Os resultados obtidos durante os ensaios mostraram a forte tendência do comportamento linear entre a potência do arco e a velocidade de alimentação do arame (taxa de deposição), com coeficientes de regressão linear variando entre 0,96 e 0,99 (figura 12). Confirmando os resultados apresentados pela referência [1].

Adotando-se a corrente média como parâmetro de comparação da taxa de deposição entre os processos TIG com alimentação automática de arame e MIG/MAG, observa-se, como esperado, que o processo MIG/MAG apresenta maior produtividade (figura 13). Em contrapartida, comparando-se os resultados de ensaios obtidos pelo Processo MIG/MAG nas mesmas condições de soldagem do Processo TIG com Alimentação Automática de Arame, conclui-se que não há uma diferença significativa entre as velocidades de alimentação do arame dos dois processos, para uma mesma potência do arco, mostrando que para potências mais baixas do arco voltaico, o processo TIG com alimentação automática de arame possui taxas de deposição comparáveis ao processo MIG/MAG (figura 14). Estes mesmos resultados também foram obtidos pelos autores dos trabalhos das referências [1] e [2].

6. CONCLUSÕES

- O correto posicionamento do arame afeta diretamente a estabilidade do arco. Observou-se que o arame deve ser direcionado exatamente para a base inferior do arco, onde se encontra a poça de fusão. Nestas condições, o arame entra em contato com a poça ainda sólido, porém, se funde rapidamente, garantindo uma continuidade da fusão. Quando se afasta verticalmente da poça de fusão, em direção ao eletrodo, percebe-se a formação de gotas fundidas que não se transferem regularmente para a poça de fusão;

- É necessário obter o equilíbrio entre a potência do arco e a velocidade de alimentação do arame, permitindo sua fusão continuamente. Quando não obtido ocorrem defeitos como falta de fusão do arame (colisões do arame sólido com a peça) e descontinuidades ao longo da extensão do cordão (fusão excessiva do arame);
- Os parâmetros otimizados ocorrem quando se consegue atingir simultaneamente as condições de posicionamento correto do arame e equilíbrio potência x velocidade do arame;
- Quando considerada em relação a uma dada potência do arco (kg/(V.A.h)) ou (kg/(W.h)), a produtividade do processo MIG/MAG não é maior do que o processo TIG com alimentação automática de arame;
- As características de resposta dos oscilogramas da tensão mostram que o aspecto destes é um fator indicativo das condições de alimentação do arame. No processo TIG, a presença do arame no arco reflete numa variação de tensão. Instabilidades na taxa de fusão do arame provocam mudanças na tensão do arco. Utilizando esta característica, a tensão pode ser vista como um elemento sensor da condição de alimentação do arame, e possivelmente atuar como um sinal de realimentação em um sistema automatizado.

7. AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho gostariam de manifestar seus sinceros agradecimentos a todo o pessoal técnico do LABSOLDA / UFSC, em especial aos engenheiros Larry Fiori Ollé, Erwin Werner Teichmann e Raul Gohr Jr. pelo apoio técnico e sugestões. Agradecem também às seguintes instituições pelo suporte financeiro necessário à execução deste trabalho : PROJETO ROBOTURB / PADCT III, CNPq e MARINHA DO BRASIL.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] RICHARDSON, M., Cold Wire Feeder Systems Increase GTA Productivity, Semiautomatic, Welding Journal, p. 51 - 55, jan. 1995;
[2] SYKES, I. and DIGIACOMO, J., Automatic Hot Wire GTA Welding of Pipe Offers Speed and Increased Deposition, Welding Journal, p. 53 - 55, jul. 1995.

Figura 1 – Tocha TIG com Suporte para Alimentação Automática de Arame

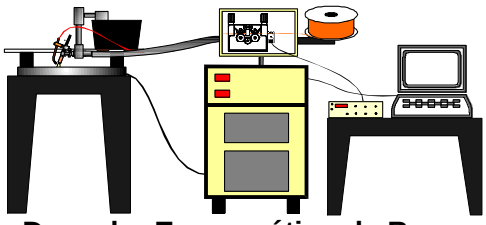

Figura 2 – Desenho Esquemático da Bancada de Ensaios

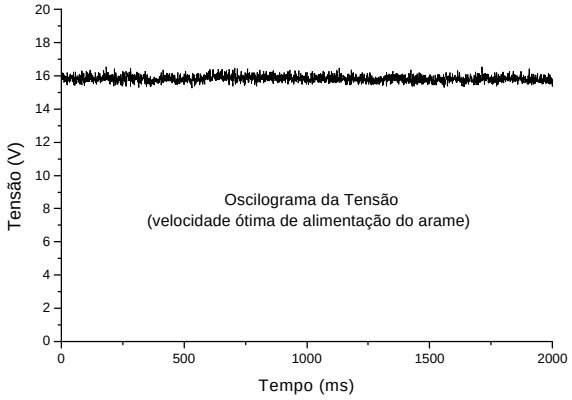

Figura 3 – Oscilograma da Tensão numa Condição Ideal de Soldagem (corrente média de 180 A e velocidade do arame de 3,3 m/min)

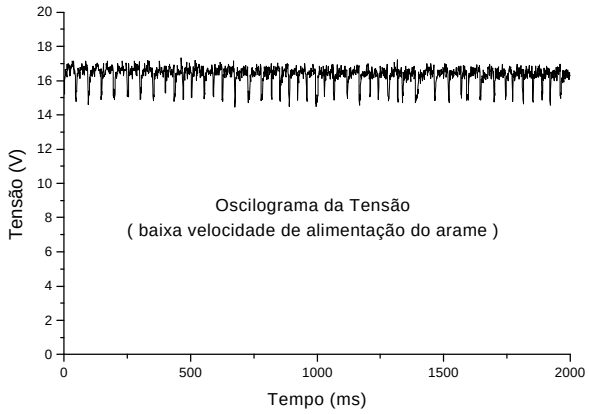

Figura 4 – Oscilograma da Tensão na Condição de Baixa Velocidade do Arame (corrente média de 257 A e velocidade do arame de 3,0 m/min)

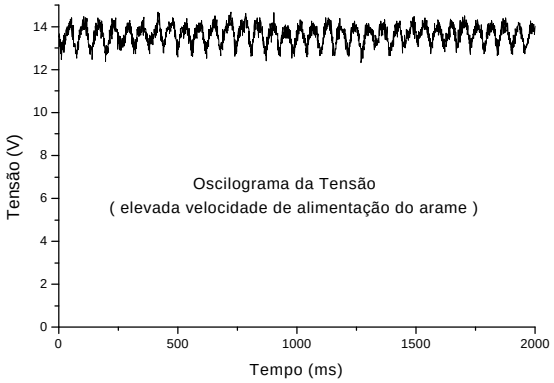

Figura 5 – Oscilograma da Tensão na Condição de Velocidade Excessiva do Arame (corrente média de 257 A e velocidade do arame de 7,3 m/min)

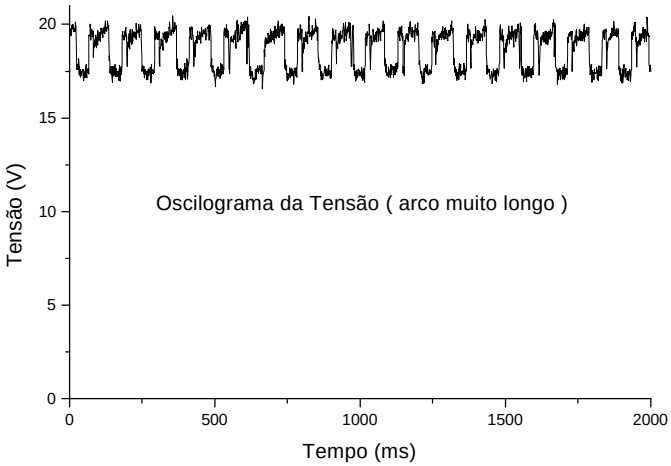

Figura 6 – Oscilograma da Tensão na Condição de Altura Elevada do Arco (corrente média de 257 A e velocidade do arame de 6,0 m/min)

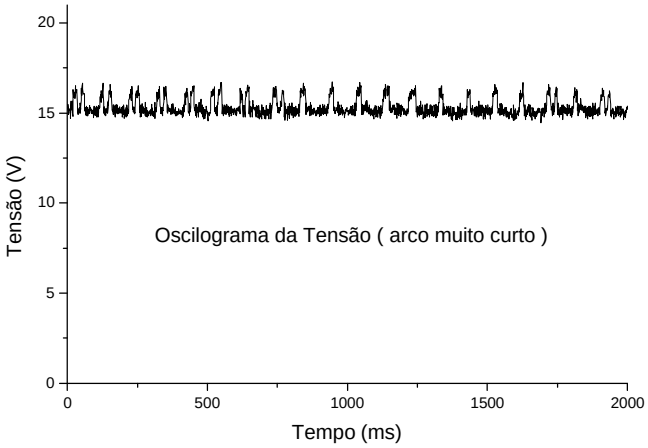

Figura 7 – Oscilograma da Tensão na Condição de Arco Muito Curto (corrente média de 257 A e velocidade do arame de 6,0 m/min)

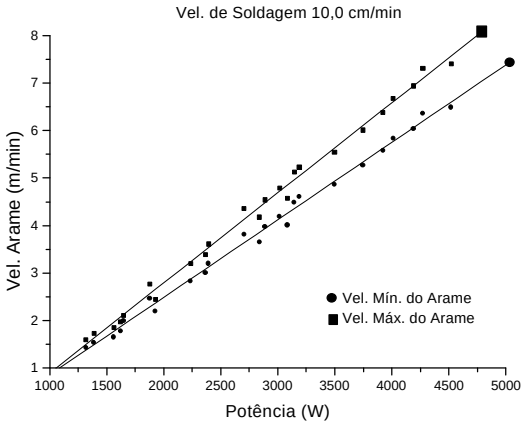

Figura 8 – Velocidade do Arame X Potência do Arco, na velocidade de soldagem de 10,0 cm/min

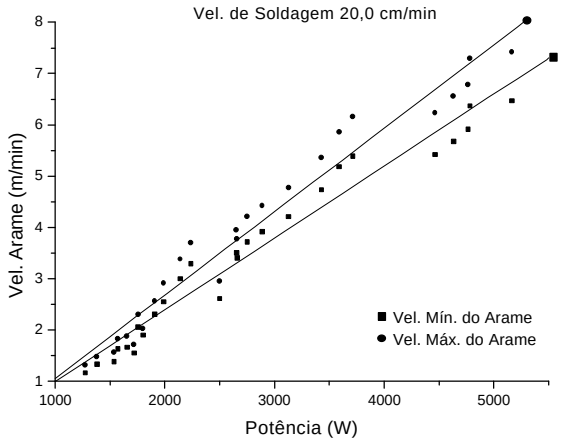

Figura 9 – Velocidade do Arame X Potência do Arco, na velocidade de soldagem de 20,0 cm/min

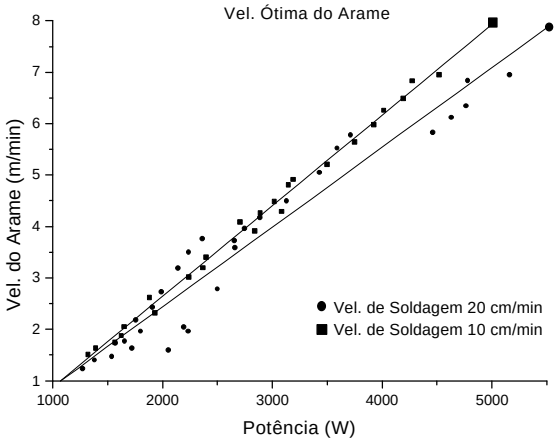

Figura 10 – Velocidade do Arame X Potência do Arco, comparando duas velocidades de soldagem (10,0 cm/min e 20,0 cm/min)

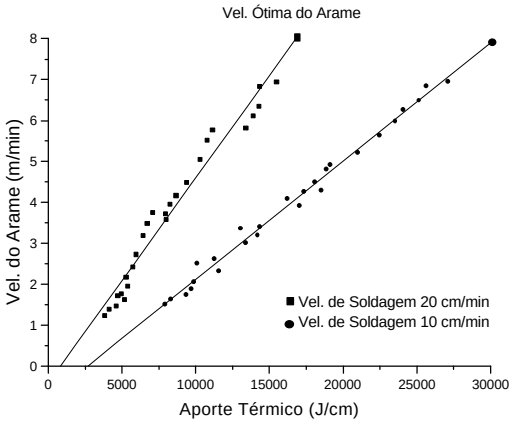

Figura 11 – Velocidade do Arame X Aporte Térmico, comparando duas velocidades de soldagem (10,0 cm/min e 20,0 cm/min)

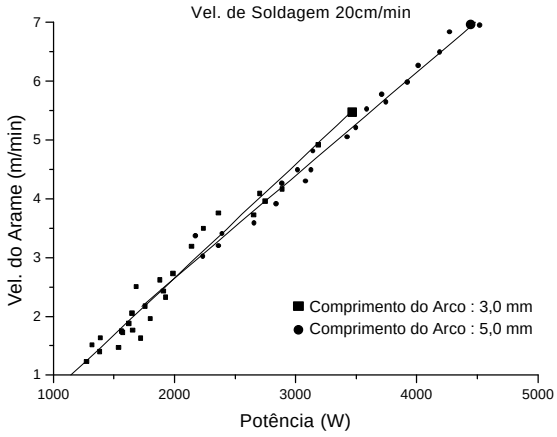

Figura 12 – Velocidade do Arame X Potência do Arco, comparando duas alturas do arco (3,0 mm e 5,0 mm)

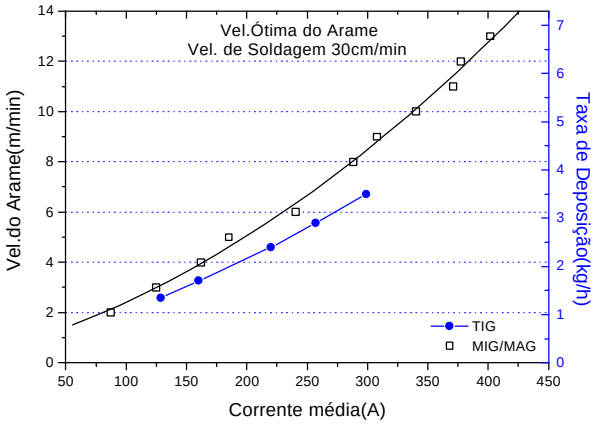

Figura 13 – Velocidade do Arame (Taxa de Deposição) X Corrente Média, utilizando a velocidade ideal de alimentação do arame e velocidade de soldagem de 30 cm/min

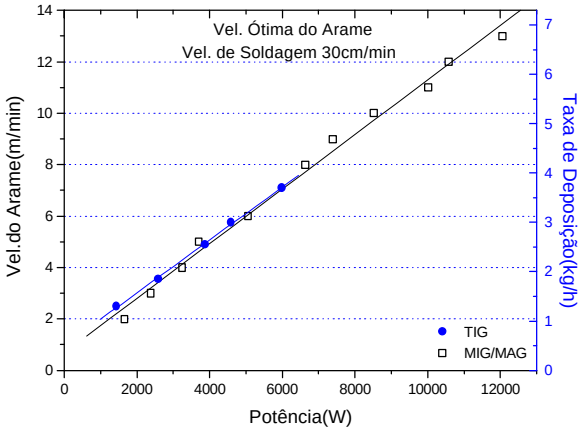

Figura 14 – Velocidade do Arame (Taxa de Deposição) X Potência do Arco, comparando o Processo TIG Alimentado Automaticamente com o Processo MIG/MAG