

XIX Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica - 13 a 17/08/2012 – São Carlos-SP  
Artigo CREEM2012

## INFLUÊNCIA DA CORRENTE PULSADA, TIPO DE GÁS E INTENSIDADE DE ENERGIA DE SOLDAGEM SOBRE AS CARACTERÍSTICAS ECONÔMICAS DO CORDÃO DE SOLDA DEPOSITADO PELO PROCESSO FCAW

**André Barros, Lara Viana e Alexandre Nascimento**

UFPA, Universidade Federal do Pará, Curso de Engenharia Mecânica  
Campus Belém – Bairro Guamá - CEP 66075-110 – Belém – Pará  
E-mail para correspondência: andre.barros13@hotmail.com

### Introdução

Um dos mais importantes processos de fabricação em uso na indústria mecânica que chega a atingir vários setores industriais é a soldagem. A tecnologia de soldagem muito evoluiu, destacando-se o desenvolvimento de projetos das modernas fontes eletrônicas de soldagem, que possibilitaram a melhoria do controle e facilitaram a realização de soldagens totalmente automatizadas e o desenvolvimento de novos materiais, de consumíveis alternativos para a soldagem e, com isso, a ampliação das aplicações industriais dos processos de soldagem automáticos e semiautomáticos. Nas indústrias sempre se deseja reduzir os custos de fabricação de um determinado produto, mantendo-se ou melhorando-se a qualidade. Considerando a importância da soldagem para as indústrias torna-se necessário o desenvolvimento de novas tecnologias que garantam alta produtividade associada com boa qualidade das soldas e baixo custo operacional (Garcia *et al.*, 2009). Uma alternativa para isto é minimizar o tempo de operação ou o tempo de produção.

Para se alcançar este fim, em relação à soldagem, torna-se necessário melhorar a produtividade de trabalho, ou seja, aumentar o rendimento do processo. Uma das mais importantes linhas de pesquisa na área da soldagem é a análise geométrica da solda para um melhor controle do processo, por isso o entendimento dos parâmetros de soldagem é importante, já que tais parâmetros afetam na geometria do cordão de solda. Essa análise pode ajudar na identificação dos procedimentos e consumíveis (Silva *et al.*, 2007). O processo de soldagem, o gás de proteção e a energia do arco foram parâmetros de soldagem levados em consideração para este trabalho, assim como foi considerada, também, a influência destes parâmetros sobre a geometria do cordão da solda para a determinação da taxa de fusão, da taxa de deposição e do rendimento do processo de soldagem e consequente avaliação econômica.

### Objetivos

Considerando o exposto, o presente trabalho visa expor uma análise sobre os efeitos do tipo de gás de proteção, do processo de soldagem e do aporte térmico sobre os parâmetros econômicos do cordão de solda, que se traduz na determinação das taxas de fusão e deposição e do rendimento de deposição do processo.

### Metodologia

Os experimentos foram realizados no processo convencional e no pulsado, com gás de proteção Argônio puro e mistura gasosa C25 (75% Ar – 25% CO<sub>2</sub>), e em três níveis de energia de arco. A Tabela 1 apresenta os fatores e níveis estudados. Vale ressaltar, que os resultados apresentam os dados de análise de variância (ANOVA) para o nível de significância igual a 5%.

Tabela 1 – Fatores e níveis de planejamento.

Fatores	Níveis
Processo de Soldagem	Convencional
	Pulsado
Gás de Proteção	100% Argônio
	C25 (75% Argônio – 25% CO <sub>2</sub> )
Energia do Arco	15 (kJ/cm)
	18 (kJ/cm)
	20 (kJ/cm)

A análise do desempenho operacional de um consumível para soldagem a arco voltaico, em relação as suas características econômicas, pode ser definida pela sua taxa de fusão, taxa de deposição e pelo seu rendimento de deposição.

A taxa de fusão é determinada pela massa de metal fundida por unidade de tempo, já a taxa de deposição é definida como a massa do metal de adição depositada por unidade de tempo, por sua vez o rendimento de deposição é dado pela razão entre a taxa de fusão e a taxa de deposição. Estas características econômicas, portanto, podem ser calculadas.

## Resultados

A Tabela 2 mostra os valores médios de taxa de fusão, taxa de deposição e do rendimento para os experimentos realizados nos processos convencional e pulsado, com proteção de Argônio puro e da mistura C25, e em três níveis de energia do arco. Na Tabela 2 fica indicado também que o menor valor de rendimento médio obtido (82,8%) foi para as soldas realizadas com a mistura gasosa C25, energia de arco de 15kJ/cm no processo pulsado de soldagem. Já os maiores valores de rendimento médio (92 – 94%) foram observados para as soldas que utilizaram argônio puro soldando no modo pulsado, independentemente da energia de soldagem.

Tabela 2 - Valores médios dos Parâmetros Econômicos.

Energia (kJ/cm)	Processo	Tipo de Gás	Taxa de Fusão (kg/h)	Taxa de Deposição (kg/h)	Rendimento (%)
15	Pulsado	Argônio	0,234	0,220	94,0
		C25	0,233	0,193	82,8
	Convencional	Argônio	0,236	0,218	92,4
		C25	0,233	0,194	83,6
18	Pulsado	Argônio	0,311	0,293	94,2
		C25	0,312	0,273	87,4
	Convencional	Argônio	0,312	0,295	94,6
		C25	0,313	0,267	85,3
20	Pulsado	Argônio	0,390	0,367	94,2
		C25	0,390	0,355	91,1
	Convencional	Argônio	0,390	0,369	94,6
		C25	0,392	0,353	90,2

O único fator que afetou a taxa de fusão foi a energia de soldagem conforme a Tab. 3 indica. Esta situação pode ser mais bem visualizada por meio da Fig. 2, onde se percebe que a taxa de fusão cresceu substancialmente à medida que se aumentou os valores de energia do arco.

Tabela 3 – Análise de Variância (ANOVA) para Características Econômicas.

Fatores	Nível de significância (%)		
	Características Econômicas		
	Taxa de Fusão	Taxa de Deposição	Rendimento
1 – Processo	17,62	56,85	16,95
2 – Energia	0,00	0,00	0,00
3 – Gás	97,61	0,00	0,00
Interação – 1x2	94,96	74,49	77,56
Interação – 1x3	84,87	25,55	54,37
Interação – 2x3	20,27	0,26	0,003
Interação – 1x2x3	50,48	18,99	4,09

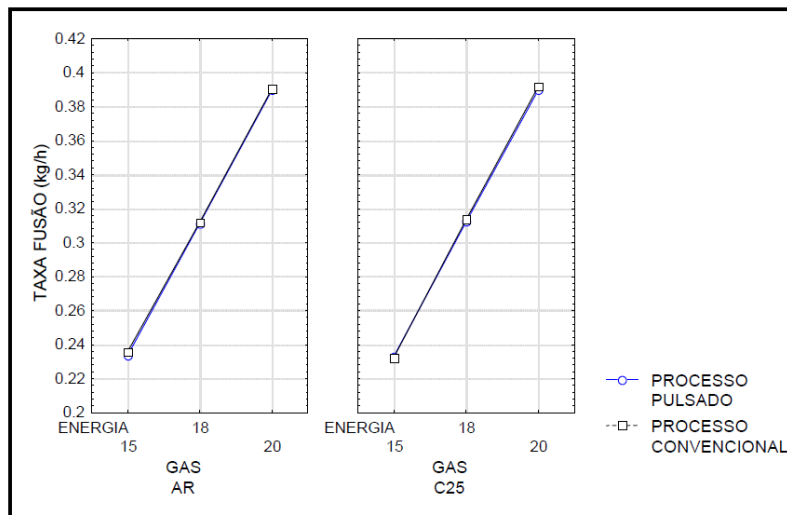


Figura 2 – Influência da energia do arco (kJ/cm) sobre a taxa de fusão.

A taxa de deposição sofreu efeito significativo da energia do arco e do tipo de gás de proteção, conforme apresentado na Tab. 3, pois os níveis de significância foram menores que 5%. Além de estes fatores isolados exercerem influência sobre a taxa de deposição, a interação entre eles possui efeito similar.

Estes efeitos podem ser também verificados através do gráfico da Fig. 3, onde se percebe que quando crescem os valores de energia de arco, os resultados de taxa de deposição aumentam sobremaneira. Os melhores resultados de taxa de deposição são alcançados quando o Argônio puro é utilizado como gás de proteção. Quanto ao tipo de processo utilizado, pulsado ou convencional, a Fig. 3 mostra que os resultados de taxa de deposição são equivalentes tanto quando da utilização do gás C25 quanto do Argônio puro. Isto pode ser verificado pela sobreposição das curvas representativas do modo pulsado e do convencional.

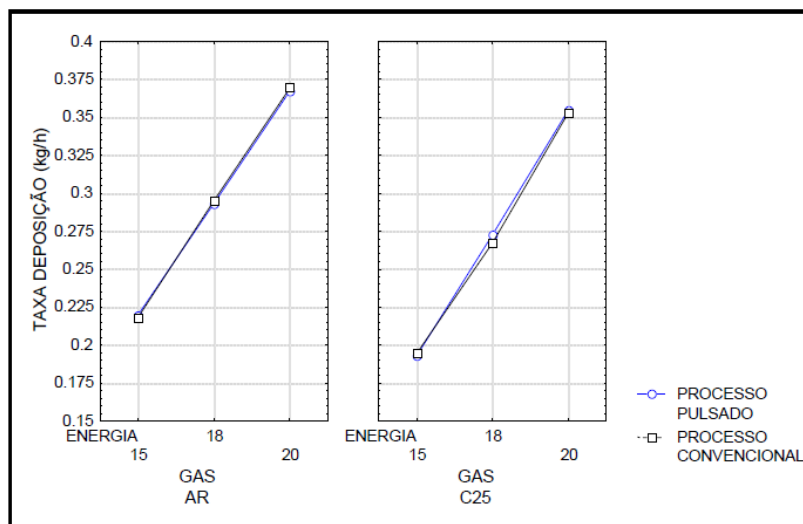


Figura 3 – Influência da energia do arco (kJ/cm) sobre a taxa de deposição.

## Conclusões

Com base nos resultados expostos, pode-se notar que a pouca diferença de rendimento entre os processos, convencional e pulsado, sugere que há mais vantagens econômicas na utilização do processo convencional. Já que, no processo pulsado os ganhos em rendimento não compensariam os investimentos adicionais em mão-de-obra especializada, equipamentos, manutenção, e tantos outros necessários a este processo.

A pequena diferença dos valores de taxa de deposição resultantes entre os processos convencional e pulsado pode ser atribuída ao fato dos níveis de energia experimentados pelas soldas realizadas no modo convencional permitirem um modo de transferência metálica do tipo spray, que possui como característica, um arco suave e com transferência metálica mais estável com poucas perturbações, sendo estas condições bem próximas às observadas no processo pulsado.

O gás Argônio conferiu maiores resultados de rendimento do que o gás C25, em virtude da presença de CO<sub>2</sub> na composição da mistura gasosa C25 que causou mais baixas taxas de deposição, e conseqüentemente perda de rendimento.

Do ponto de vista econômico, os resultados permitem, ainda, uma análise capaz de contribuir com melhorias nas taxas de fusão, de deposição e no rendimento do processo, visando o crescimento da indústria aumentando-se o rendimento do processo.

### **Referências bibliográficas**

- Garcia, D. N., Leal, N. F., Alcântara, A. C. M., Santo, H. F. P. E., Mota, C. A. M., “Soldagem em chanfro V pelos processos de soldagem FCAW e FCAW-CW”, Anais do IV Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação, 2p., Belém, PA, 2009.
- Silva, A. A. N., Braga, E. M., “A influência da corrente elétrica de soldagem na análise geométrica do processo de soldagem do eletrodo BTS 7100”, XIV Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica, 1p., Uberlândia, MG, 2007.
- Oliveira Rodrigues, L., “Análise e otimização de parâmetros na soldagem com arame tubular”, Dissertação de Mestrado, UNIFEI-Universidade Federal de Itajubá, Itajubá-MG, 9-18p., 2005.
- Leonello Filho, A., “Análise da influência dos parâmetros do processo de soldagem com eletrodos revestidos na estabilidade do arco e características geométricas do cordão”, Dissertação de Mestrado, UNIFEI-Universidade Federal de Itajubá, Itajubá-MG, 15p., 2005.