



EFEITO DO AJUSTE DA CORRENTE DE CURTO-CIRCUITO SOBRE AS CARACTERÍSTICAS ECONÔMICAS DE ELETRODOS REVESTIDOS NA POSIÇÃO SOBRECABEÇA

Davi S. Correia

Américo Scotti

Universidade Federal de Uberlândia, Departamento de Engenharia Mecânica
Cx. P. 593 – 38400-902 – Uberlândia, MG, Brasil

Jesualdo P. Farias

Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Mecânica
Cx. P. 12.144 – 60455-760 – Fortaleza, CE, Brasil

***Resumo.** O objetivo deste trabalho é a avaliação das vantagens e desvantagens do ajuste da tensão de referência e da corrente de curto-circuito sobre as características econômicas de eletrodos revestidos na posição sobrecabeça. Para tal, foi realizada uma série de soldagens automatizadas em chapas chanfradas, nas posições plana e sobrecabeça, com aquisição de dados computadorizada, empregando-se para o planejamento experimental a técnica estatística do Projeto Robusto. Utilizou-se uma fonte eletrônica e eletrodos comerciais básicos, rútilicos e celulósicos, de 3,25 mm de diâmetro. Para cada eletrodo, variou-se a posição de soldagem, a corrente média, a tensão de referência e a corrente de curto-circuito. Para todas as soldagens, manteve-se constante a área adicionada através da variação da velocidade de soldagem. Os resultados indicaram que, para as condições empregadas neste trabalho, não houve efeito negativo no uso dos ajustes da tensão de referência e corrente de curto-circuito. Conclui-se ainda que os fatores mais influentes sobre as características econômicas dos eletrodos são a posição de soldagem, o tipo de eletrodo e a corrente média.*

***Palavras-chave:** Eletrodo revestido, Características econômicas, Fonte de soldagem, Controle de curto-circuito.*

1. INTRODUÇÃO

A evolução da eletrônica tem proporcionado avanços em todos os campos do conhecimento humano. Na soldagem com eletrodos revestidos, pode-se citar, em âmbito comercial, as fontes de energia com capacidade de controle de suas características dinâmicas. Uma das formas de exercer este controle é através da corrente de curto-circuito (I_{cc}), responsável por relevantes mudanças tanto na frequência, como na duração dos curtos-circuitos entre as gotas de metal fundido e a poça de fusão (Farias *et al*, 1998 e Santos, 1995). Assim, o ajuste adequado da I_{cc} pode evitar a colagem do eletrodo na peça e ajudar na estabilidade do processo, resultando em maior conforto para o soldador.

O mecanismo de acionamento da I_{cc} geralmente funciona através do aumento da corrente do arco durante o tempo em que a gota permanece em contato com a poça de fusão. Isto é possível fixando-se uma tensão de referência (U_{rc}), abaixo da qual considera-se que o processo está em curto-circuito (Farias *et al*, 1998). Como a I_{cc} é geralmente bem maior que a corrente de soldagem, a transferência de metal e a reabertura do arco ficam facilitadas.

Em um trabalho anterior (Farias *et al*, 1998), realizou-se uma série de soldagens de simples deposição na posição plana em CC^+ , com a variação do tipo de eletrodo, da combinação corrente nominal/diâmetro do eletrodo, da velocidade de soldagem, da corrente de curto-circuito e da tensão de referência. Os autores verificaram que o aumento da I_{cc} diminuiu a frequência de curtos-circuitos com mais de 2 ms de duração (curtos-circuitos com transferência), quando não eliminava-os por completo. Também verificou-se que a tensão de referência sozinha não exerceu muita influência na estabilidade do arco, mas sua interação com a I_{cc} mostrou ser significativa. Contudo, os autores não encontraram evidências de que essas mudanças na transferência metálica alteraram de forma relevante as características econômicas dos eletrodos revestidos (taxa de deposição e eficiência de deposição). Mas ressaltaram que na soldagem fora de posição estes resultados poderiam ser diferentes. Nada tem sido verificado até o momento sobre a influência de um chanfro.

Desta forma, este trabalho tem o objetivo de se avaliar os efeitos do controle de curto-circuito sobre as características econômicas soldando-se nas posições plana e sobrecabeça em chapas chanfradas.

2. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Os estudos do comportamento de eletrodos revestidos normalmente utilizam um simulador de soldagem, baseado no controle automático da voltagem, para eliminar a variável soldador. Porém, como o objetivo do presente trabalho é avaliar o efeito do controle da corrente de curto-circuito em condições bem práticas (existência de chanfro e soldagem sobrecabeça), inicialmente foi feita uma comparação entre as técnicas de soldagem feita por um soldador e feita por um simulador, com o intuito de avaliar se existem diferenças significativas entre estas técnicas para fins de pesquisa. Os resultados, baseados na análise da estabilidade do arco e das características econômicas dos eletrodos, indicaram que as duas técnicas são equivalentes, ou seja, soldador e máquina produzem soldas com as mesmas características. Como o simulador apresentou uma menor dispersão dos valores dos índices utilizados para a comparação, resolveu-se empregá-lo para o estudo do controle da corrente de curto-circuito (maiores detalhes, ver Correia, 1999).

As condições experimentais deste trabalho foram planejadas utilizando o projeto robusto, também conhecido como Método Taguchi (Phadke, 1989). Através dele, é possível o estudo de fatores principais com substancial redução no número de ensaios. A matriz experimental utilizada foi a denominada L27 e suas respectivas variáveis (fatores de controle) estão apresentadas na Tabela 1 de forma destacada. A última coluna refere-se à velocidade de soldagem (V_s), justificada mais adiante.

Foram escolhidos como fatores de controle a posição de soldagem, o tipo de eletrodo (Elet), a corrente de curto-circuito (I_{cc}), a tensão de referência (U_{rc}) e a corrente média (I_m). As posições escolhidas para a matriz foram a plana e a sobrecabeça (sobre). Traça-se, desta maneira, um comparativo entre as posições mais fácil e a mais difícil de serem soldadas na prática. Os tipos de eletrodos escolhidos foram rutílico (AWS E 6013), celulósico (AWS E 6010) e básico (AWS E 7018), por serem os eletrodos comerciais mais usados.

Tabela 1 – Matriz experimental com os valores desejados dos níveis de cada fator de controle

Ensaio	Posição	Elet (AWS)	I_{cc} (A)	U_{rc} (V)	I_m (A)	V_s (cm/min)
1	Plana	6013	337	12	135	22
2	Plana	6013	243	9	135	22
3	Plana	6013	135	6	135	21
4	Plana	6010	262	9	105	20
5	Plana	6010	189	6	105	19
6	Plana	6010	105	12	105	19
7	Plana	7018	275	6	110	15
8	Plana	7018	198	12	110	14
9	Plana	7018	110	9	110	15
10	Sobre	6013	80	12	80	15
11	Sobre	6013	200	9	80	15
12	Sobre	6013	144	6	80	14
13	Sobre	6010	125	9	125	20
14	Sobre	6010	312	6	125	23
15	Sobre	6010	225	12	125	23
16	Sobre	7018	125	6	125	18
17	Sobre	7018	312	12	125	17
18	Sobre	7018	225	9	125	18
19	Sobre	6013	198	12	110	20
20	Sobre	6013	110	9	110	19
21	Sobre	6013	275	6	110	22
22	Sobre	6010	144	9	80	12
23	Sobre	6010	80	6	80	12
24	Sobre	6010	200	12	80	17
25	Sobre	7018	252	6	140	19
26	Sobre	7018	140	12	140	20
27	Sobre	7018	350	9	140	18

Os três níveis de corrente de curto-circuito (I_{cc}) foram subjetivamente adotados como 1, 1,8 e 2,5 vezes os valores dos níveis de corrente média para cada eletrodo. Para a tensão de referência (U_{rc}) foram utilizados os valores 6, 9 e 12 volts. Estes valores foram escolhidos a partir de uma avaliação qualitativa de oscilogramas de tensão para cada tipo de eletrodo, adotando-se como valor máximo aquele em que a oscilação natural da tensão durante a soldagem não ativava a corrente de curto-circuito e para o valor mínimo o menor valor de tensão correspondente a um curto-circuito.

Neste trabalho, foi adotada a corrente média de soldagem como fator de controle. A razão para isso foram observações de Farias *et al* (1998), cujo trabalho mostrou que a corrente de curto-circuito alterava a corrente média de soldagem, aumentando o valor desta última com relação ao valor ajustado na fonte. Sendo assim, a escolha da corrente média como fator garante que cada grupo de três ensaios seja soldado com a mesma corrente. Em virtude da tensão média também ser igual para o grupo (devido ao controle do simulador), obtém-se como resultado uma matriz experimental termicamente balanceada.

Os níveis desejados para a corrente média estão apresentados na Tabela 2. Estes níveis, dentro da faixa recomendada pelo fabricante, foram escolhidos após vários ensaios preliminares, assegurando-se que não ocorressem grandes problemas durante as soldagens na posição sobrecabeça (furos na chapa devido a altas correntes, por exemplo).

Tabela 2 – valores de corrente utilizados no procedimento experimental

Eletrodos (AWS)	Rutílico (E 6013)	Básico (E 7018)	Celulósico (E 6010)
Faixa de Corrente* (A)	80 - 150	110 – 150	80 - 140
Níveis desejados (A)	80 / 110 / 135	110 / 125 / 140	80 / 105 / 124

* Recomendada pelo fabricante

A partir do momento que se definiu a corrente média como fator de controle ao invés da corrente de ajuste, foi necessário realizar pré-testes para cada uma das 27 condições, de tal forma a se achar o valor de corrente de ajuste que resultaria na corrente média desejada. Estes pré-testes foram realizados mantendo-se a velocidade de soldagem constante e igual a 20 cm/min. Neste trabalho aceitou-se uma variação de ± 1 A sobre o valor da corrente média esperada. Esta variação é fruto da impossibilidade de se prever com exatidão, para cada ensaio, a frequência de curtos-circuitos (que por sua vez, pode elevar o valor da corrente média).

Outra definição foi que a área adicionada deveria ser a mesma, independentemente das condições de soldagem. Este procedimento evitaria o efeito do tamanho de poça sobre as características que se desejam avaliar neste trabalho, uma vez que, eletrodos de classes distintas, soldados com níveis de correntes diferentes, apresentam taxas de deposição e poças de fusão diferentes. Ressalta-se que as variações do tamanho da poça de fusão poderiam causar a alteração das condições de transferência metálica, influenciando, assim, sobre as características econômicas dos eletrodos. Desta forma, para se conseguir a mesma área adicionada com diferentes tipos de eletrodos e correntes, variou-se a velocidade de soldagem proporcionalmente. O cálculo destas velocidades foi feito utilizando-se dados de taxa de deposição obtidos através dos pré-testes acima mencionados.

Como corpo de prova utilizaram-se chapas chanfradas de aço ABNT 1020 com dimensões de 150 x 50 x 7,4 mm, chanfradas de 60°, com 4,4 mm de profundidade. As soldagens foram realizadas com corrente contínua, polaridade CC⁺, ângulo de inclinação do eletrodo de 90°, utilizando uma fonte eletrônica multiprocessado chaveada no secundário.

A comparação dos resultados referentes às diferentes condições experimentais foi feita através de alguns índices baseados nos aspectos econômicos das soldagens. São eles: a taxa de fusão (TF) e a eficiência de deposição (ED). De acordo com o Método Taguchi, os dados referentes à estes índices foram tratados utilizando a função “maior-é-melhor”.

A taxa de fusão (TF) ou consumo do eletrodo é definido como a quantidade de eletrodo consumida, incluindo o revestimento, por unidade de tempo. Esta taxa de fusão é determinada pela Eq. 1.

$$TF = 3,6 \cdot \frac{(m_i - m_f)}{t} \text{ (kg/h)} \quad (1)$$

onde: m_i - massa inicial do eletrodo em (g);
 m_f - massa final do eletrodo (g);
 t - tempo de soldagem, (s);

A eficiência de deposição (ED) ou rendimento de deposição real é a relação entre a taxa de deposição (TD) e a taxa de fusão (TF), determinada pela Eq. 2.

$$ED = \frac{TD}{TF} \cdot 100 \text{ (\%)} \quad (2)$$

A taxa de deposição, por sua vez, é a quantidade de material depositada pelo eletrodo, a qual é efetivamente incorporada à solda, na unidade de tempo, e é dada pela Eq. 3.

$$TD = 3,6 \cdot \frac{(M_i - M_f)}{t} \text{ (kg/h)} \quad (3)$$

onde: M_i - peso inicial da chapa, (g);
 M_f - peso da chapa após a soldagem, (g);
 t - tempo de soldagem, (s);

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios monitorados da tensão (U_m) e da corrente do arco (I_m), para os diferentes ensaios, estão apresentados na Tabela 3. Percebe-se que a tensão média do arco para os eletrodos celulósicos (média de 28,5 V, desvio padrão de 0,4 V) foi maior do que para os eletrodos básicos e rutilicos (média de 24 V, desvio padrão de 0,3 V). No entanto, a distância entre a ponta do eletrodo e a superfície do material de base (comprimento do arco) foi mantida aproximadamente constante, para os três tipos de eletrodos, pelo simulador. Logo, esta diferença nos valores da tensão média está diretamente relacionada com a atmosfera do arco e não reflete diferenças relevantes no comprimento do arco do eletrodo celulósico em relação aos demais. Pode-se considerar, então, que a boa repetibilidade dos valores de tensão média, para cada classe de eletrodo, é consequência do controle eficaz do comprimento médio do arco pelo simulador.

A Tabela 3 também indica que os valores médios de corrente mostraram-se estar dentro da faixa de valores esperada, que foi ± 1 A do valor desejado (Tabela 2).

3.1. Análise das características econômicas

A Tabela 3 também apresenta, de forma destacada, os resultados das características econômicas medidas (TF, TD e ED). A análise de variância para o índice taxa de fusão (TF) está apresentada na Tabela 4. O índice F representa a importância relativa dos vários fatores de controle em relação à variância do erro. Um grande fator F significa que o efeito do fator é grande quando comparado com a variância do erro. Desta forma, quanto maior o valor de F, mais importante é aquele fator na influência da resposta do processo. Um valor de F menor que 1 significa que o efeito do fator é desprezível. Um valor de F maior que 2 significa que o efeito do fator não é tão pequeno, enquanto um valor maior que 4 significa que o efeito do fator é bem expressivo (Phadke, 1989). A Razão SQ representa a divisão de cada fator pelo total da Soma dos Quadrados. Isto é, a Razão SQ indica qual a participação relativa de cada fator na composição da resposta. Ressalta-se que, para todas as tabelas e figuras a seguir, valores ou palavras em negrito indicam que o fator correspondente afeta a resposta com significância de 1% e valores ou palavras sublinhados indicam que o fator correspondente afeta a resposta com significância de 5%.

Vê-se que cinco fatores mostraram-se influentes na composição da resposta da taxa de fusão: posição de soldagem, tipo de eletrodo, a interação $I_{cc} \times U_{rc}$, corrente média, e a corrente de curto-circuito. Contudo, a participação desta última foi da mesma ordem do erro (0,8%). Quanto à interação $I_{cc} \times U_{rc}$, considera-se que sua participação na resposta, apesar de significativa, é desprezível em virtude de sua baixa contribuição à resposta (1,7%).

Tabela 3 – Valores monitorados de corrente e tensão e respostas referentes às características econômicas

Exp. N^o	I_m (A)	U_m (A)	TF (kg/h)	TD (kg/h)	ED (%)
1	134	23,8	1,78	1,26	70,8
2	135	24,5	1,77	1,31	74,2
3	136	24,6	1,67	1,19	71,4
4	105	28,2	1,37	1,05	76,7
5	104	27,9	1,29	0,99	76,9
6	105	28,1	1,29	1,04	80,4
7	109	24,5	1,19	0,81	67,7
8	109	24,1	1,16	0,85	73,1
9	110	24,3	1,21	0,86	70,7
10	81	24,3	1,07	0,70	65,1
11	79	23,7	1,12	0,66	58,8
12	80	24,5	1,13	0,72	64,3
13	125	28,8	1,53	0,91	59,6
14	123	28,1	1,53	1,03	67,6
15	124	28,7	1,52	1,02	66,7
16	125	24,0	1,28	0,91	71,0
17	124	23,7	1,32	0,84	63,9
18	125	23,7	1,28	0,82	64,2
19	110	23,8	1,40	0,84	60,1
20	110	23,9	1,33	0,83	62,7
21	109	23,8	1,41	0,87	61,9
22	80	28,9	1,04	0,46	44,3
23	81	28,8	1,01	0,45	45,1
24	79	28,9	1,04	0,46	44,0
25	140	23,6	1,46	0,96	65,4
26	140	23,8	1,44	1,02	70,7
27	140	24,2	1,53	0,98	63,8

Por outro lado, a soma das participações da corrente média, da posição de soldagem e do tipo de eletrodo chega a quase 97% da resposta, ou seja, estes três fatores sozinhos controlam praticamente a variação da taxa de fusão.

Na Fig. 1 verifica-se, através de gráficos das médias, o sentido do efeito de cada fator sobre a taxa de fusão. A corrente média foi o fator que mais afetou a taxa de fusão, com uma participação de 84% na resposta. Isto era esperado, uma vez que seu aumento eleva tanto o calor na conexão eletrodo-arco, como o calor gerado pelo efeito Joule ao longo do eletrodo. Como consequência, tem-se a elevação da quantidade de eletrodo fundido por unidade de tempo. Destaca-se ainda que uma corrente que solda um determinado tipo de eletrodo na posição plana, sem maiores dificuldades, pode revelar-se alta na posição sobrecabeça, tornando a poça de fusão fluida demais e impedindo a soldagem.

O segundo fator mais influente, de acordo com a Tabela 4, foi a posição de soldagem (apesar de bem atrás da corrente média). Como se vê na Fig. 1, ocorreu uma variação de quase 10% na taxa de fusão como resultado da mudança da posição de soldagem. Esta influência da posição de soldagem também era esperada, em virtude da variação do efeito gravitacional que esta mudança acarreta. Acredita-se que a força gravitacional dificulte o crescimento da gota e sua consequente transferência na posição sobrecabeça.

Tabela 4 - Análise de variância para o índice TF

Fator	Graus de liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado médio	F	Razão SQ (%)
Posição	1	0,08	0,08	84,00	6,7
Eletrodo	2	0,07	0,03	37,92	5,8
$I_{cc} \times U_{rc}$	2	0,02	0,01	12,03	1,7
I_m	2	1,01	0,50	561,06	84,2
Eletrodo $\times U_{rc}$	2	0,00	0,00	0,75	0,0
$I_m \times U_{rc}$	2	0,00	0,00	0,05	0,0
I_{cc}	2	0,01	0,01	<u>6,54</u>	0,8
U_{rc}	2	0,00	0,00	1,19	0,0
Posição $\times U_{rc}$	2	0,00	0,00	1,02	0,0
Erro	9	0,01	0,00		0,8
Total	26	1,20	0,05		

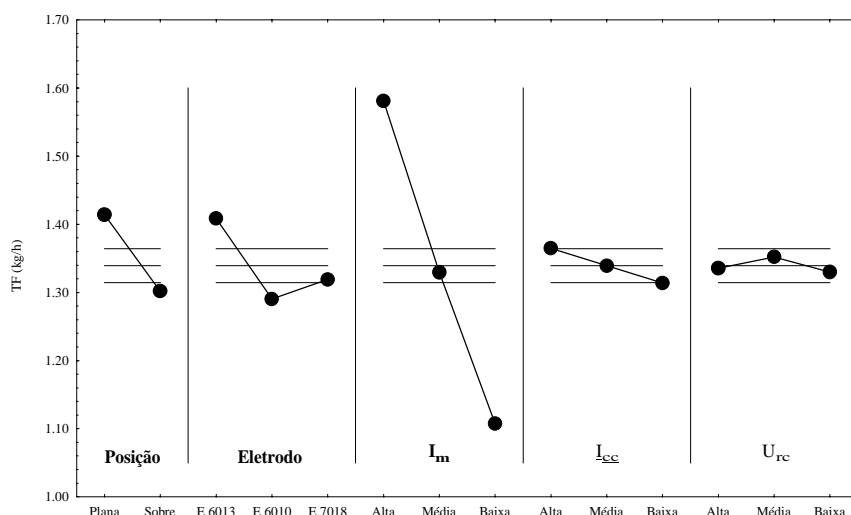


Figura 1 – Gráfico de médias mostrando o sentido do efeito dos fatores sobre a taxa de fusão

A participação do fator tipo de eletrodo na taxa de fusão foi da mesma ordem da posição de soldagem. Acredita-se que a influência do tipo de eletrodo está relacionada com a transferência metálica própria de cada classe de eletrodo, o que deve influir nas suas características econômicas. Como exemplo, pode-se citar a frequência e a duração dos curtos-circuitos para dois tipos de eletrodos: básico e celulósico. Enquanto o primeiro transfere gotas grandes em poucos curtos, o segundo apresenta grande número de curtos com gotas relativamente pequenas.

Outro aspecto importante das características econômicas a considerar é a geração de respingos. Não há vantagem em se aumentar a taxa de deposição com maior geração de respingos, já que a limpeza dos mesmos acarreta um aumento de tempo e custos. Também tem o efeito econômico, ou seja, quanto mais respingo, maior é a quantidade de eletrodo desperdiçada (Farias *et al*, 1998).

Em soldagem com eletrodo revestido, a avaliação de respingos não é uma tarefa fácil, já que juntamente com eles há perdas por escória e volatilização de constituintes do revestimento. Entretanto, o uso da eficiência de deposição pode ser considerado eficaz para esta avaliação, já que, do ponto de vista econômico da produtividade, não importa muito se parte do eletrodo comprado se perde por respingos ou por outro meio. Desta forma, a eficiência de deposição deve ser analisada como uma importante característica de qualidade (Farias *et al.*, 1998).

A Tabela 5 mostra a análise de variância para o índice eficiência de deposição (ED). Aqui somente três fatores mostraram-se influentes na composição da resposta: posição de soldagem, a interação corrente de curto-circuito *versus* tensão de referência (I_{cc} x U_{rc}) e corrente média. Ou seja, tipo de eletrodo e corrente de curto-circuito, que afetaram a taxa de fusão, não apresentaram significância na eficiência de deposição. Na Fig. 2 verifica-se, através de gráficos das médias, o sentido do efeito de cada fator sobre a eficiência de deposição.

Tabela 5 - Análise de variância para o índice ED

Fator	Graus de liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado médio	F	Razão SQ (%)
Posição	1	934,17	934,17	30,20	41,8
Eletrodo	2	135,34	67,67	2,19	6,1
I_{cc} x U_{rc}	2	299,25	149,62	<u>4,84</u>	13,4
I_m	2	488,01	244,00	<u>7,89</u>	21,9
Eletrodo x U_{rc}	2	8,43	4,21	0,14	0,4
I_m x U_{rc}	2	3,30	1,65	0,05	0,1
I_{cc}	2	26,46	13,23	0,43	1,2
U_{rc}	2	24,81	12,41	0,40	1,1
Posição x U_{rc}	2	34,81	17,40	0,56	1,6
Erro	9	278,44	30,94		12,5
Total	26	2233,01	85,89		

Diferentemente da taxa de fusão, o fator posição de soldagem foi o maior responsável pela variação da eficiência de deposição. Acredita-se que o efeito da posição neste índice esteja relacionado com a força gravitacional atuante sobre as gotas de metal fundido. Tem-se que, na posição sobrecabeça, gotas são desviadas do corpo de prova em direção ao solo pela força da gravidade. Como pode-se observar na Fig. 2, é na posição sobrecabeça que se encontraram os menores valores para a eficiência de deposição.

O segundo fator mais influente foi a corrente média. A Fig. 2 mostra que os maiores valores de eficiência de deposição foram obtidos para os ajustes de corrente mais altos (média e alta).

A interação (I_{cc} x U_{rc}) apresentou uma maior participação na eficiência de deposição (cerca de 13%) do que na taxa de fusão. Deste forma, acredita-se que uma otimização dos ajustes da corrente de curto-circuito e da tensão de referência pode levar a uma redução da salpicagem.

Quanto à não influência do fator tipo de eletrodo, acredita-se que uma análise mais detalhada da Eq. 2 possa esclarecer esta questão. A eficiência de deposição é calculada dividindo-se a quantidade de material depositado na chapa pela quantidade de eletrodo

fundido. Seria esperado que o eletrodo básico apresentasse maior eficiência de deposição devido ao pó de ferro no seu revestimento. Entretanto, no cálculo de eletrodo fundido, este mesmo pó de ferro foi considerado, ao contrário dos cálculos convencionais que levam em conta apenas a massa da alma. De forma análoga, o celulósico do qual é esperado convencionalmente a menor ED, a massa de revestimento é pequena e quase toda transformada em gases (aproximando-se mais dos respingos). Desta forma, ressalta-se a diferença existente entre ED e níveis de respingos.

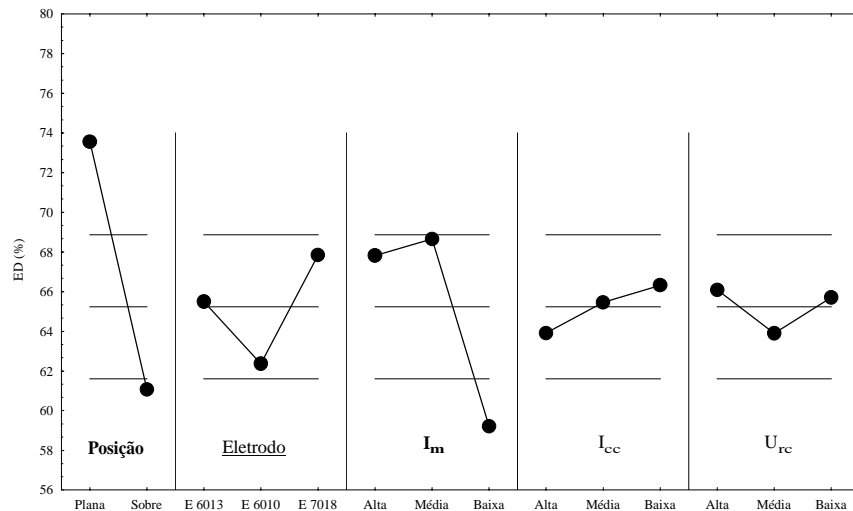


Figura 2 - Gráfico de médias mostrando o sentido do efeito dos fatores sobre a eficiência de deposição

3.2. Confirmação do método Taguchi

A confiabilidade das análises realizadas com o método Taguchi depende da validade do modelo aditivo, no qual ele se baseia. Com o objetivo de se confirmar esta validade, foi feita uma série de ensaios de confirmação, onde se comparou as respostas previstas teoricamente com as respostas reais de duas condições de soldagem aleatórias, cada uma repetida três vezes. A Tabela 6 apresenta estes resultados. Vê-se que para os dois índices analisados neste trabalho, os valores previstos e reais mostraram-se dentro dos limites aceitáveis.

Tabela 6 - Comparação entre valores estimados e experimentais para TF e ED

	Condição 1	Condição 2
Eletrodo	E 6010	E 7018
Posição	Sobrecabeça	Sobrecabeça
I _m	Média	Baixa
I _{cc}	Média	Alta
U _{rc}	Média	Alta
Valor Estimado para TF (kg/h)	1.28 ± 0.4	1.05 ± 0.03
Valor Encontrado para TF (kg/h)	1.30 ± 0.03	1.04 ± 0.03
Valor Estimado para ED (%)	66.00 ± 5.93	53.08 ± 5.41
Valor Encontrado para ED (%)	65.35 ± 0.66	56.27 ± 1.40

4. CONCLUSÕES

Os resultados indicaram que os ajustes individuais, tanto de I_{cc} como de U_{rc} , não provocaram efeitos significativos sobre as características econômicas dos eletrodos revestidos. Deste modo, conclui-se que o controle de curto-circuito mantém suas vantagens da posição plana (melhor estabilidade do arco, característica anti-colagem, etc.) na posição sobre-cabeça, sem alterar as características econômicas avaliadas (TF e ED). Acredita-se que, com o contínuo barateamento dos componentes eletrônicos, em um futuro próximo o ajuste da I_{cc} e da U_{rc} será uma alternativa viável para as fontes de soldagem do processo de soldagem a arco com eletrodo revestido, principalmente as do tipo multi-processo.

REFERÊNCIAS

- Correia, D. S., 1999, Avaliação do controle da corrente de curto-circuito na soldagem com eletrodos revestidos, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Brasil.
- Farias, J. P., Scotti, A. e Ferraresi, V. A., 1998, Fontes eletrônicas para a soldagem com eletrodos revestidos: avaliação de um controle de curto-circuito, Anais do XXIV Encontro Nacional de Tecnologia da Soldagem, Fortaleza, trabalho CT/51.
- Phadke, M. S., 1989, Quality Engineering Using Robust Design, Printice Hall, USA.
- Santos, M. G., 1995, Metodologia para comparação entre fontes inversora e eletromagnética para eletrodo revestido, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Brasil.

EFFECT OF THE WELDING PARAMETERS ON THE ECONOMIC CHARACTERISTICS OF SMAW PROCESS

Abstract. *The aim of this present work was to evaluate the influence of the short-circuiting current and the reference voltage (short-circuit control) on the economic characteristics of the electrodes. To do so, a series of single-V groove joint welds was carried-out with a welder simulator, on flat and overhead positions, using the statistical technique Taguchi's Method for the experimental design. A secondary-chopped power supply with the capability to set the short-circuit control parameters was used along with a computer based electrical signal data logger and analyser. The control factors were the reference voltage, the short-circuiting current, the mean current, the welding position and the type of electrode (commercial rutilic, basic and celulosic of 3,25 mm of diameter). In each experiment, the added area of the weld bead was kept constant, by the variation of travel speed. The results indicated that, for the conditions used in this work, there is no detrimental effect in the use of the short-circuit control on the economics characteristics of the electrodes. Still, it was concluded that the economics characteristics of the electrodes were affected mostly by the welding position, the mean current and the type of electrode.*

Keywords: MMA, Economics characteristics, Power supply, short-circuit control.