



## INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES DE TRANSFERÊNCIA METÁLICA DO PROCESSO MIG PULSADO DE ALUMÍNIO NA QUALIDADE DO CORDÃO DE SOLDA

**Aldemí Coelho Lima, M. Sc.**

Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás, CEFET-GO,  
Rua 75 nº 46, Setor Central, Goiânia-GO, Brasil, CEP 74055-110, e-mail: [acl@cefetgo.br](mailto:acl@cefetgo.br)

**Valtair Antonio Ferraresi, Dr.**

Universidade Federal de Uberlândia – UFU – FEMEC, Campus Santa Mônica,  
Caixa Postal 593, CEP 38400-902, Uberlândia, MG, Brasil. E-mail: [valtairf@mecanica.ufu.br](mailto:valtairf@mecanica.ufu.br)

**Resumo:** *Diversos processos têm sido utilizados para a soldagem do alumínio, sendo o MIG preferido pela sua alta produtividade e versatilidade para operações automatizadas, enquanto o MIG pulsado, além dessas características, proporciona a transferência goticular com menores valores de corrente média, facilitando a aplicação em chapas finas. O propósito desse trabalho é investigar a influência da variação dos parâmetros de pulso e, conseqüentemente, das condições de transferência das gotas metálicas na qualidade do cordão de solda. Os testes foram realizados em chapas de alumínio ABNT 6063, as quais foram soldadas em chanfro, na posição plana, com arame eletrodo AWS ER-4043 de 1,0 mm. Foi analisada a influência das condições de transferência, uma gota por pulso (UGPP), menos de uma gota por pulso (-UGPP) e mais de uma gota por pulso (+UGPP) no acabamento superficial, no rendimento de deposição e na geometria do cordão de solda, como largura, reforço e penetração. Para a avaliação dos resultados foram utilizadas técnicas de ensaios não destrutivos (visual e dimensional). Verificou-se que a transferência +UGPP, com maior valor de corrente média, apresentou os melhores resultados de acabamento superficial, maiores valores de largura e penetração; a transferência UGPP, com corrente média intermediária, apresentou valores intermediários de todos os parâmetros pesquisados e cordões mais “lisos”, enquanto a transferência -UGPP apresentou melhores resultados de rendimento de deposição e maiores reforços de cordão.*

**Palavras-chaves:** *Alumínio, soldagem MIG pulsada, cordão de solda, qualidade.*

### 1. INTRODUÇÃO

A associação das propriedades do alumínio, como baixa densidade, elevada relação resistência/peso, excelente resistência à corrosão e a sua abundância na crosta terrestre, com a facilidade da sua união pelo processo MIG, o tornam uma opção adequada para aplicações em estruturas diversas, indústria aeroespacial e no setor de transportes (estruturas de navios, carrocerias de ônibus e caminhões, caçambas, vagões ferroviários, etc.), destacando-se pela versatilidade para operações automatizadas, alta qualidade de solda e alta produtividade proporcionadas pelo processo, se comparado com outros processos utilizados na soldagem do alumínio (Póvoa, 1993).

Segundo Saunders (1997), o processo MIG pulsado, quando aplicado à soldagem do alumínio, apresenta vantagens sobre o MIG convencional, dentre as quais, a obtenção de transferência tipo goticular com níveis de corrente média inferiores e menor aporte térmico, condições de arco mais estáveis, maior controle da poça de fusão e melhor aparência da solda, boa aplicação na soldagem

de chapas finas e juntas fora da posição plana, etc. Entretanto, requer fontes de potência especiais e, conseqüentemente mais caras, para possibilitar a pulsação da corrente.

Por outro lado, poucas pesquisas têm sido feitas quanto às condições de transferência metálica na soldagem MIG pulsada de alumínio, sendo que os resultados de trabalhos já desenvolvidos para a soldagem de aços não se aplicam a este material, devido às suas diferentes características, justificando assim, a importância do seu estudo quanto aos processos de fabricação e o seu comportamento durante as operações de soldagem (Figueiredo & Ferraresi, 2001).

A forma pela qual o metal fundido transfere-se da ponta do arame eletrodo para a poça de fusão influencia diversos aspectos operacionais da soldagem. Em particular, o nível de respingos e fumos, a capacidade do processo ser utilizado fora da posição plana, o formato do cordão e, enfim, a estabilidade e o desempenho operacional do processo. Dependendo das condições de soldagem e do processo utilizado, diferentes modos de transferência metálica podem ser observados (Norrish & Richardson, 1998). Classicamente, contudo, considera-se três modos de transferência no MIG convencional: curto circuito (CC), globular (GL) e goticular (GT), além de três condições de transferência no MIG pulsado: uma gota por pulso (UGPP), mais de uma gota por pulso (+UGPP) e menos de uma gota por pulso (-UGPP).

O processo MIG pulsado sustenta-se sobre um conjunto de premissas que condicionam a estabilidade do processo à transferência de apenas uma gota com diâmetro igual ao diâmetro do eletrodo por período de onda e que isso ocorra no pulso da corrente, além de que a corrente média seja menor que a corrente de transição globular-goticular (Subramanian, 1998).

Vilarinho (2000) efetuou o mapeamento das condições de transferência metálica na soldagem MIG pulsada de alumínio com arame eletrodo de 1,0 mm (AWS ER 4043), sob a atmosfera protetora de argônio comercialmente puro. O referido trabalho permitiu a delimitação da região de UGPP, principal premissa do processo MIG pulsado, em um mapa  $I_p \times t_p$  (Corrente de pico x tempo de pico).

Para complementar os estudos iniciados por Vilarinho (2000) com a soldagem de ligas de alumínio faz-se necessário, no entanto, investigar a influência das condições de transferência metálica nas características da solda, como geometria do cordão, rendimento de deposição e acabamento superficial, objetivo maior do presente trabalho. A avaliação das influências citadas orientará a aplicação do processo MIG pulsado na soldagem de alumínio, aliando as características de fácil automatização, alta produtividade e versatilidade do processo com as características desse material, contribuindo para a melhoria da qualidade das juntas e ampliação do universo de aplicações das ligas de alumínio.

## 2. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Para a realização dos testes de soldagem, foi utilizada uma fonte eletrônica multi-processo operando por ajuste de corrente. Os testes foram realizados na liga de alumínio ABNT 6063 com dimensões de 6,35 x 50,8 x 250 mm e no centro das quais foram usinados rasgos longitudinais de forma a simular a soldagem em chanfros, conforme é apresentado na Figura 1. As soldas foram efetuadas na posição plana com arame eletrodo AWS ER-4043 de 1,0 mm de diâmetro, sob atmosfera de argônio comercialmente puro (vazão de 15 l/min) e com a tocha inclinada para a frente em  $10^\circ$ , no sentido de soldar empurrando. A Distância Bico de Contato Peça (DBCP) foi de 18 mm até o fundo do chanfro.

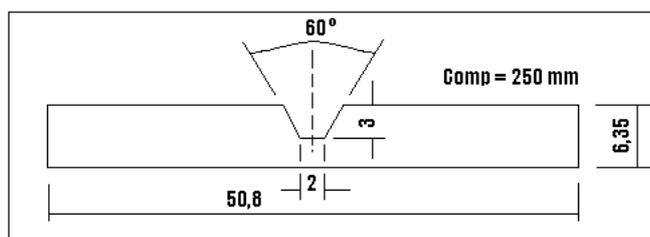


Figura 1 – Modelo da chapa de testes.

Foram realizados 18 testes (mais uma repetição de cada) com o processo MIG pulsado, em 3 condições de transferência metálica, sendo 8 testes com transferência UGPP, 4 com -UGPP e 6 com +UGPP. A Tabela 1 apresenta os parâmetros de soldagem para a condição de corrente de base ( $I_b$ ) de 20 A e tempo de base ( $t_b$ ) de 6 ms, constante para todos os testes, enquanto na Figura 2 é ilustrada a localização dos testes no mapa das regiões de transferência ( $R_{transf}$ ), tempo de pico ( $t_p$ ) “versus” corrente de pico ( $I_p$ ).

Tabela 1 – Parâmetros de soldagem, onde:  $Valim_{ef}$ =velocidade de alimentação efetiva;  $Vsold_{ef}$ =velocidade de soldagem efetiva;  $I_p$ =corrente de pico;  $t_p$ =tempo de pico;  $I_m$ =corrente média;  $U_m$ =tensão média;  $R_{transf}$ =Região de transferência.

Teste N°	$Valim_{ef}$ (m/min)	$Vsold_{ef}$ (cm/min)	$I_p$ (A)	$t_p$ (ms)	$I_m$ (A)	$U_m$ (V)	$R_{transf}$
01	4,16	25,4	155	2,5	56	18,8	-UGPP
02	4,17	25,9	155	3,0	66	19,3	-UGPP
03	4,51	27,7	155	4,0	75	19,1	+UGPP
04	3,65	22,4	200	1,5	57	18,9	UGPP
05	3,73	23,5	200	1,7	63	18,8	UGPP
06	4,09	25,4	200	2,0	68	18,6	UGPP
07	4,81	29,4	200	2,5	72	19,3	UGPP
08	5,33	32,6	200	3,0	80	18,5	+UGPP
09	3,66	23,0	255	1,0	58	18,9	UGPP
10	5,14	31,8	255	1,7	76	18,4	UGPP
11	5,34	33,2	255	2,0	82	18,8	+UGPP
12	6,29	39,2	255	3,0	102	19,2	+UGPP
13	3,80	23,8	275	1,0	61	19,3	UGPP
14	5,32	32,8	275	1,7	80	19,2	UGPP
15	5,64	35,0	275	2,0	88	19,0	+UGPP
16	6,72	41,2	275	3,0	108	20,0	+UGPP
17	3,56	22,0	200	1,0	49	17,8	-UGPP
18	3,55	22,0	255	0,6	47	17,5	-UGPP

Na realização dos testes de soldagem, foi mantida uma constante de deposição ao longo do comprimento do cordão de solda, isto é, a relação entre a velocidade de alimentação do arame eletrodo e a velocidade de soldagem ficou sempre igual a 16. O objetivo foi manter um referencial constante entre os testes, bem como evitar que qualquer diferença na quantidade de material depositado por comprimento de solda interferisse na análise dos resultados.

A avaliação do acabamento superficial foi feita por cinco avaliadores, com base no aspecto visual, na regularidade e uniformidade dos cordões de solda. Foi atribuída nota aos cordões de solda, de acordo com o critério: nota 1 (cordões de aspecto muito bom), 2 (para os de aspecto bom), 3 (regular) e 4 (aspecto ruim). O índice qualitativo foi definido pelo inverso da média aritmética dos valores atribuídos a cada cordão, de modo que a nota máxima alcançada não fosse superior à unidade.

Os parâmetros geométricos foram avaliados pelo levantamento dimensional de largura reforço e penetração de raiz, na secção transversal dos cordões, no início e final das amostras. Estas, com comprimento de 75 mm, foram retiradas das chapas de testes, descartando-se os 100 mm iniciais e os 25 mm finais dos cordões de solda, de forma a apenas utilizar para análise uma extensão do cordão que fosse estável em todos os testes.

A determinação do rendimento de deposição foi feita a partir da comparação entre a massa de arame-eletrodo alimentada durante a operação de soldagem e a massa depositada, ou seja, a massa efetivamente incorporada ao cordão de solda. A massa incorporada foi monitorada através da

pesagem das chapas de teste antes e após a soldagem, sendo esta última efetuada após cuidadosa remoção dos respingos sobre a superfície da chapa ou do cordão para evitar que os mesmos influenciassem nos resultados. A massa de arame incorporada ao cordão foi determinada a partir da medição do comprimento de arame alimentado durante a soldagem.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Mudança no mapa de transferência metálica

Os parâmetros de soldagem foram selecionados inicialmente com base no mapa de transferência metálica obtido por Vilarinho (2000), de forma a se ter um significativo número de testes representativos de cada região. Entretanto, como havia alguma modificação nas condições de soldagem entre este e o trabalho citado, optou-se por utilizar a técnica de shadowgrafia sincronizada para se avaliar as condições de transferência metálica. Essa técnica também conhecida como “Back-lighting” propicia o estudo da transferência metálica através da visualização das gotas transferidas. As imagens feitas com câmeras de alta velocidade (2000 quadros/s) e sincronizadas com os oscilogramas de corrente e tensão permitem avaliar com grande precisão a taxa de transferência metálica, o tamanho das gotas e o momento do destacamento destas (Vilarinho, 2000).

A realização dos testes de soldagem e a análise dos oscilogramas e imagens obtidos simultaneamente por shadowgrafia, permitiu a delimitação das regiões de transferência para as condições de soldagem ora investigadas. A Figura 2 apresenta a distribuição dos testes realizados neste trabalho no mapa de  $R_{transf}$ , em contraste com o mapa obtido por Vilarinho (2000) durante a soldagem em simples deposição (na superfície da chapa), posição plana, mesmo arame e diâmetro, mesmo gás de proteção e DBCP de 15 mm. Observa-se uma diferença significativa da região de UGPP no mapa de  $R_{transf}$ , para a soldagem em chanfro e com maior DBCP (apesar de mantida a distância de 15 mm do bico de contato até a superfície da chapa, a DBCP foi de 18 mm até o fundo do chanfro). A referida região apresentou um aumento da sua área e um deslocamento para a esquerda, influenciando decisivamente na classificação dos testes deste trabalho.

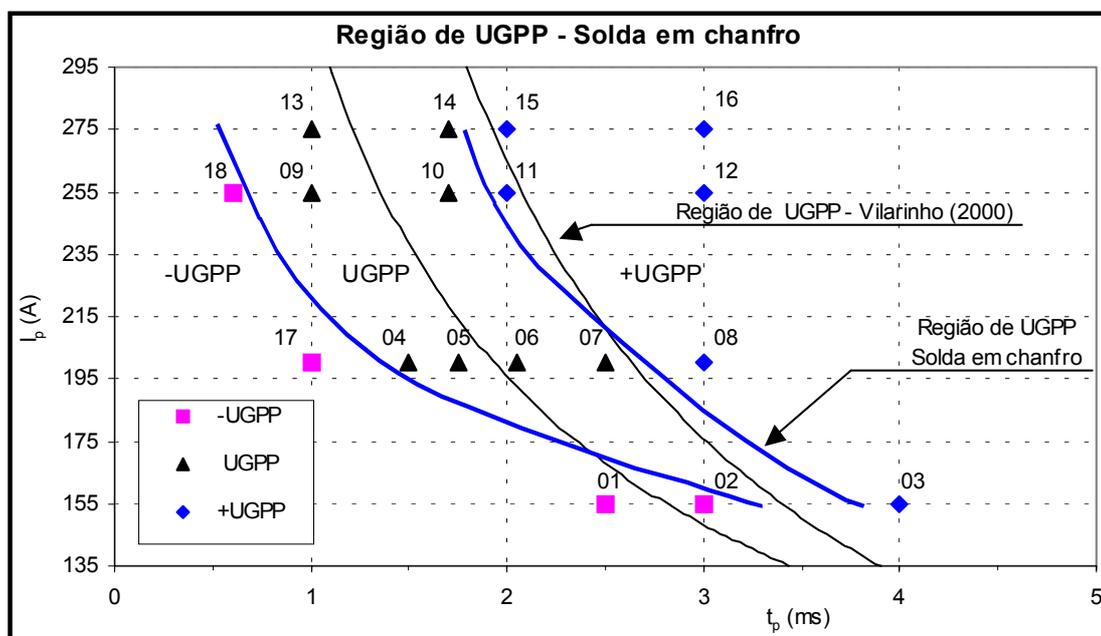


Figura 2 – Distribuição dos testes no mapa de  $R_{transf}$ : comparação entre a região de UGPP obtida por Vilarinho (2000) e com a mesma região para a soldagem em chanfro do presente trabalho ( $I_b=20$  A;  $t_b=6$  ms).

A Tabela 2 apresenta os valores médios da avaliação do acabamento superficial ( $Acab_m$ ), do rendimento de deposição ( $Rd_m$ ) e dos parâmetros geométricos médios, como largura ( $L_m$ ), Reforço ( $Ref_m$ ) e penetração de raiz ( $Pn_m$ ) para os 18 testes realizados com o processo MIG pulsado. Os valores referem-se à média de dois testes realizados consecutivamente e com mesmos parâmetros de soldagem. A seguir será feita uma discussão quanto aos resultados obtidos.

Tabela 2 – Avaliação do acabamento superficial, do rendimento de deposição e dos parâmetros geométricos médios – ordem crescente de  $R_{transf}$  e  $I_m$ ;  $I_b=20$  A;  $t_b=6$  ms.

Teste N°	$I_p$ (A)	$t_p$ (ms)	$I_m$ (A)	$Acab_m$ (0-1)	$Rd_m$ (%)	$L_m$ (mm)	$Ref_m$ (mm)	$Pn_m$ (mm)	$R_{transf}$
18	255	0,6	47	0,25	99,9	4,05	2,11	0,00	-UGPP
17	200	1,0	49	0,25	99,7	4,10	1,98	0,00	
01	155	2,5	56	0,33	99,7	4,13	1,92	0,00	
02	155	3,0	66	0,50	99,2	4,57	1,56	0,02	
04	200	1,5	57	0,27	99,4	4,91	1,52	0,00	UGPP
09	255	1,0	58	0,35	99,4	5,08	1,47	0,01	
13	275	1,0	61	0,50	99,3	5,12	1,45	0,03	
05	200	1,7	63	0,52	99,3	5,20	1,39	0,03	
06	200	2,0	68	0,58	99,1	5,39	1,23	0,04	
07	200	2,5	72	0,63	98,7	5,45	1,22	0,06	
10	255	1,7	76	0,66	98,5	5,87	1,10	0,08	
14	275	1,7	80	0,69	98,4	6,36	1,05	0,12	
03	155	4,0	75	0,63	99,2	5,49	1,26	0,03	+UGPP
08	200	3,0	80	0,69	98,3	5,77	1,16	0,10	
11	255	2,0	82	0,72	98,2	6,41	0,97	0,18	
15	275	2,0	88	0,77	98,3	6,75	0,91	0,29	
12	255	3,0	102	0,85	98,2	7,49	0,85	0,72	
16	275	3,0	108	0,91	97,9	7,84	0,76	0,85	

### 3.2 – Acabamento superficial

A Figura 3 apresenta a variação do acabamento superficial do cordão de solda em função da condição de transferência e da faixa de corrente de pico. A análise da figura permite observar que para os testes realizados, o melhor acabamento ocorreu para a condição onde se obteve mais de uma gota por pulso (+UGPP), seguido das condições de UGPP e -UGPP. Além disso, o acabamento superficial apresentou-se de forma proporcional à faixa de corrente de pico, melhorando à medida que  $I_p$  (e também  $I_m$ ) aumentava, já que a corrente de base foi mantida constante para todos os testes. Em ambos os casos onde foram obtidos melhores acabamentos, região +UGPP ou  $I_p$  de 275A, observa-se a ocorrência de maiores valores de corrente média, proporcionando um aumento no calor gerado no arco e conseqüente aumento na fluidez e molhabilidade da poça. Nesses casos, apesar de os cordões apresentarem aspecto menos liso, ocorreram de forma mais regular e uniforme, o que justificou a avaliação superior.

### 3.3 – Rendimento de deposição

A variação do rendimento de deposição por região de transferência e por faixa de corrente de pico é apresentada na Figura 4, onde pode-se constatar que o maior  $Rd$  foi obtido pelos testes realizados na região -UGPP, seguido, em ordem decrescente, pela região UGPP e +UGPP. Além disso, esse parâmetro mostrou-se inversamente proporcional às faixas de corrente de pico, ou seja, diminuindo, com o aumento de  $I_p$ . Constatou-se que, para uma mesma região de transferência ou

mesma faixa de  $I_p$ , os testes realizados com valores de corrente média superiores apresentaram menor rendimento de deposição, o que pode estar relacionado com a maior geração de calor no arco e, conseqüentemente, maior perda de metal por vaporização.

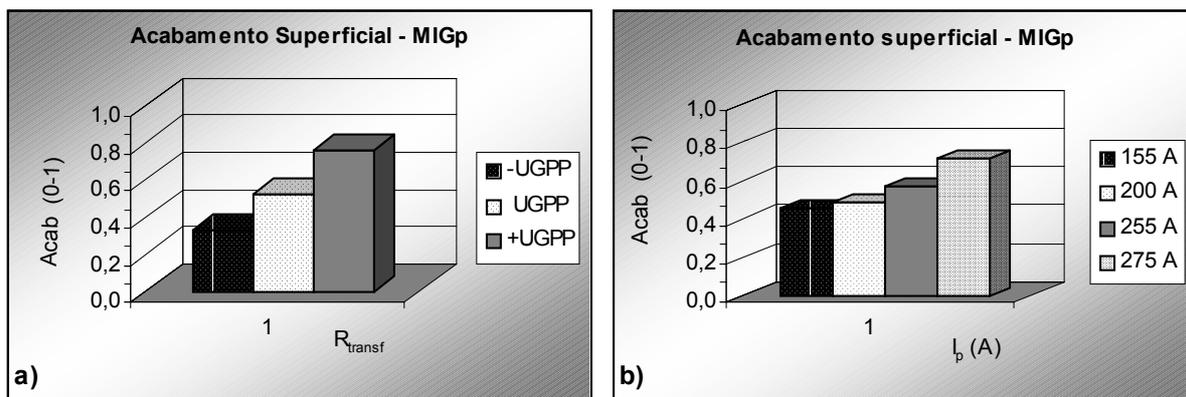


Figura 3 – Histograma do acabamento superficial x região de transferência (a) e faixa de corrente de pico (b).

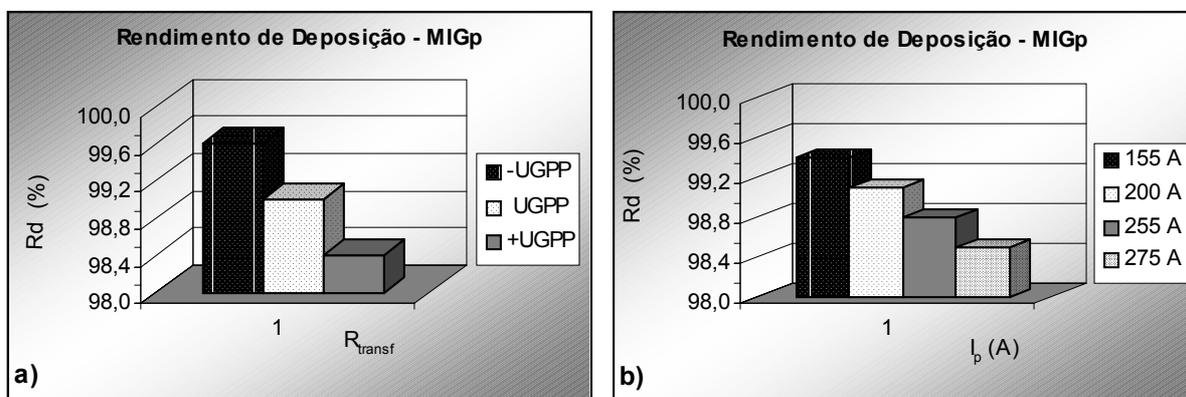


Figura 4 – Histograma do rendimento de deposição x região de transferência (a) e faixa de corrente de pico (b).

### 3.4 – Características geométricas do cordão de solda

A Figura 5 mostra que apesar de ter sido mantida constante a relação  $Valim/Vsold$  e, portanto, o mesmo volume de depósito por comprimento de solda, houve mudança significativa na energia de soldagem transferida para a poça para diferentes condições de transferência, quando o teste 16 (+UGPP) proporcionou cordão de solda com maior volume que o teste 09 (UGPP). Isso pode estar relacionado ao maior rendimento térmico (maior transporte de energia pela gota), para maior corrente média. A análise e discussão dos aspectos ilustrados na presente figura, referentes aos principais parâmetros geométricos dos cordões de solda será feita em seqüência.

#### 3.4.1 – Largura do cordão

A Figura 6, obtida com os valores médios de largura apresentados na Tabela 2, ilustra a variação desse parâmetro por região de transferência e faixa de corrente de pico, possibilitando verificar que para os testes realizados, a região +UGPP apresentou a maior largura média do cordão de solda, seguido das regiões UGPP e -UGPP, em ordem decrescente. Similarmente, os testes realizados com maior valor de  $I_p$  proporcionaram cordões de solda com maior largura média. O resultado está de acordo com o que seria esperado, já que essas situações onde se obteve maior largura média têm também os maiores valores de  $I_m$ , impondo maior aporte térmico à junta e, em conseqüência,

proporcionando maior fluidez da poça de fusão que por sua vez leva ao “espalhamento” da poça em uma maior área superficial.

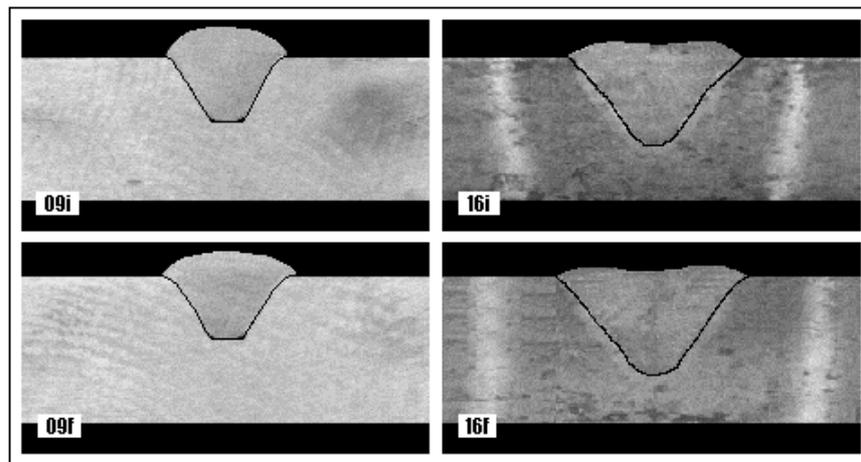


Figura 5 – Secção transversal dos testes 09 (UGPP) e 16 (+UGPP), ilustrando a geometria do cordão de solda no início e final do corpo de prova.

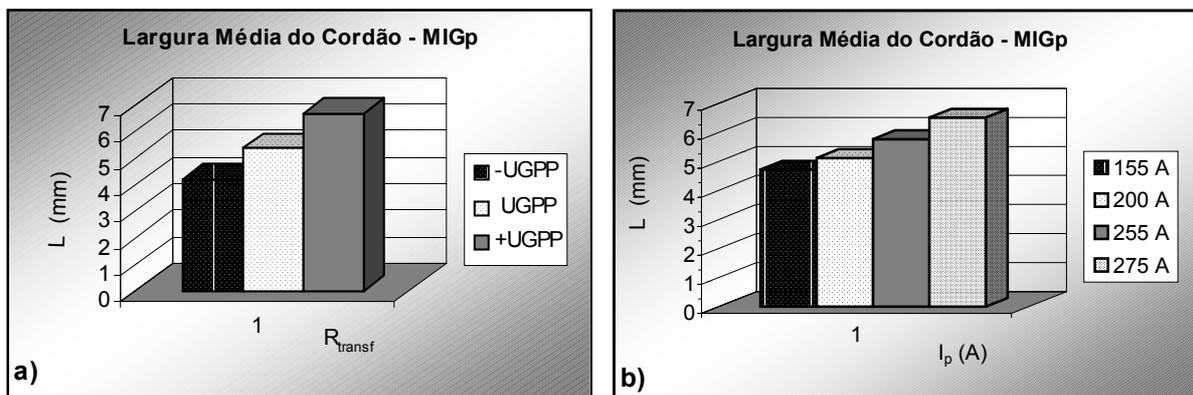


Figura 6 – Histograma da largura média do cordão x região de transferência (a) e faixa de corrente de pico (b).

Dentro da região UGPP, condição de transferência tida como ideal no processo MIGp, os testes foram considerados satisfatórios tendo em vista o preenchimento adequado do chanfro, mesmo para os testes com menor corrente média. A média dos valores nessa região para os testes com faixas diferentes de  $I_p$  apresentaram variação muito pequena. Além disso, a largura do cordão apresenta uma tendência de crescimento com o aumento da corrente média.

### 3.4.2 – Reforço

Para possibilitar uma melhor visualização dos dados de reforço do cordão apresentados na Tabela 2, é apresentado na Figura 7, a variação do reforço médio do cordão “versus” regiões de transferência e faixas de corrente de pico. Verifica-se que a região -UGPP apresentou a maior média de reforço do cordão de solda, seguido em ordem decrescente das regiões UGPP e +UGPP. Isso coincide com o esperado, já que com menor corrente média tem-se reduzido o aporte térmico e, em consequência, a fluidez da poça de fusão, fazendo com que o cordão se espalhe menos e proporcione maiores reforços. Similarmente, os testes apresentaram reforços inversamente proporcionais às faixas de  $I_p$  (e  $I_m$ ), sendo os maiores valores médios obtidos pela faixa de 155 A, seguido em ordem decrescente, pelas faixas de 200 A, 255 A e 275 A.

Foi verificado nos corpos de prova uma variação do reforço ao longo do comprimento do cordão, indicando uma tendência de redução desse parâmetro ao longo da solda. A variação do reforço ao longo do cordão foi mais acentuada na região -UGPP, já que com as baixas velocidades de soldagem aplicadas (para manter  $Valim/Vsold$  constante), houve mais tempo para a dissipação do calor através no metal de base, tornando mais significativa a diferença de temperatura da chapa entre o início e final da operação.

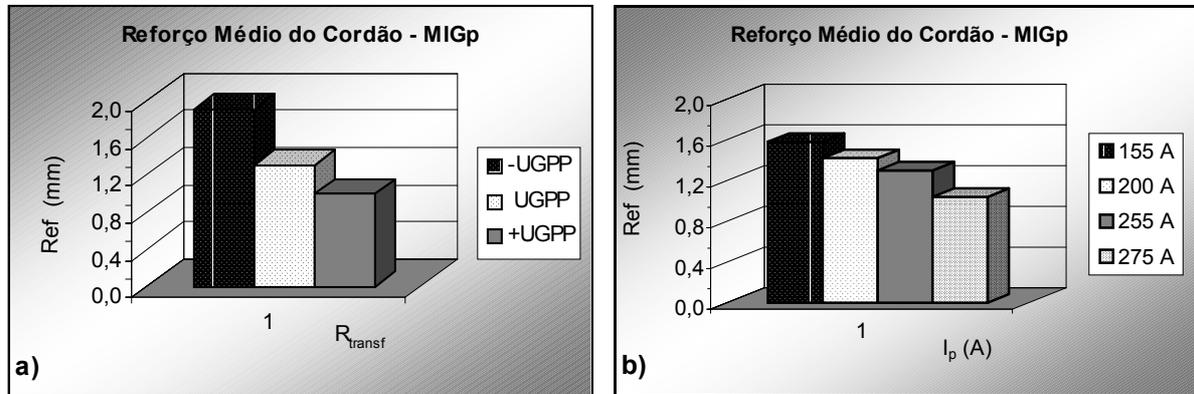


Figura 7 – Histograma do reforço médio do cordão x regiões de transferência (a) e faixas de corrente de pico (b).

Os cordões de solda realizados com diferentes condições de transferência ou faixas de corrente de pico apresentaram além da variação dos valores de reforço do cordão, uma mudança no seu perfil, partindo de um formato semi-circular convexo para os menores valores de corrente média e tendendo a um formato mais plano ou “achatado” para maior energia de soldagem, como pode ser observado na Figura 5. A observação da secção transversal do teste 16 permite visualizar um perfil de cordão que lembra o formato de um coração. A vista frontal dessa secção demonstra a ocorrência de um “vale” no centro do cordão estendendo-se longitudinalmente a este, seguida de duas suaves elevações mais próximas às bordas da junta.

Na soldagem com transferência de uma gota por pulso, principal premissa do processo MIGp, os reforços variaram de 1 a 1,5 mm, podendo ser considerados satisfatórios, principalmente para a soldagem de chapas finas. A média dos valores nas três faixas de  $I_p$  analisadas foi muito similar. Se forem requeridos menores reforços, para soldas de produção, a manipulação da velocidade de soldagem permite alargar essa faixa de valores, proporcionando a obtenção de cordões com diferentes características quanto ao parâmetro em foco.

### 3.4.3 – Penetração de raiz

A Figura 8, construída com os valores médios dos dados da Tabela 2, apresenta a variação da penetração de raiz por região de transferência e por faixa de corrente de pico. Verifica-se que a região -UGPP apresentou valores desprezíveis de penetração de raiz nas situações pesquisadas, seguido em ordem crescente das regiões UGPP e +UGPP, quando esta última proporcionou valores mais representativos, se comparada com as demais. Essa tendência está relacionada aos maiores valores de  $I_m$  atingidos pelos testes realizados na região +UGPP, quando o maior aporte térmico imposto à chapa proporcionou além de maior fluidez da poça, maior área fundida da junta e, conseqüentemente, maior penetração de raiz. Similarmente a faixa de corrente de pico de 155A produziu cordões com penetração de raiz praticamente nula, seguida em ordem crescente das faixas de 200 A, 255 A e 275 A.

Foi também verificado uma variação da penetração de raiz ao longo do comprimento do cordão, indicando uma tendência de aumento desse parâmetro ao longo da solda (ver também a Figura 5). Observa-se, entretanto, que a região -UGPP e as faixas de  $I_p$  de 155 A e 200 A, além de valores muito baixos, apresentaram pouca variação da penetração de raiz ao longo do corpo de prova

analisado. Nesses casos, quando se obteve o preenchimento total do chanfro, foi observada a ocorrência de penetração lateral, a qual ocorria nas bordas da junta, principalmente na região próxima à superfície da chapa. Opostamente, a região +UGPP e as faixas de  $I_p$  de 255 e 275 A, apresentaram valores mais significativos e variação entre a penetração inicial e final bastante similares.

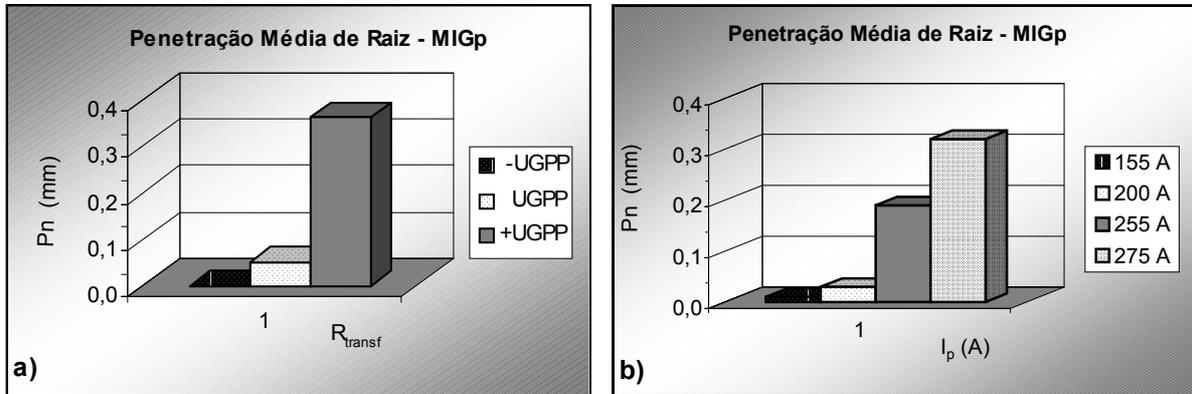


Figura 8 – Histograma da penetração média de raiz x regiões de transferência (a) e faixas de corrente de pico (b).

A soldagem com transferência de UGPP, considerada ideal no processo MIG pulsado, apresentou resultados muito baixos, mesmo para os testes com  $I_p$  de 255 e 275 A, cuja média de penetração não atingiu a casa do décimo de milímetro para a geometria da junta investigada. Isso pode ser obviamente superado na soldagem de chapas finas onde o processo MIG pulsado é mais indicado.

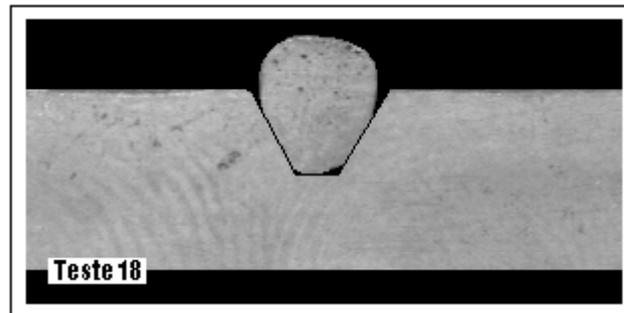


Figura 9 – Detalhe do teste 18 (-UGPP), ilustrando a falta de penetração e preenchimento incompleto do chanfro.

#### 4. CONCLUSÕES

- Verificou-se uma influência direta da distância bico de contato peça e da geometria da junta nos mapas de transferência metálica ( $I_p \times t_p$ ), quando, devido à maior DBCP e à soldagem em chanfro, ocorreu um aumento da área de UGPP e deslocamento dessa região para a esquerda, no sentido dos menores tempos de pico;
- Transferência +UGPP: apresentou os melhores resultados de acabamento superficial, maiores valores de largura e penetração, apesar de cordões menos “lisos”;
- Transferência UGPP: apresentou valores intermediários de todos os parâmetros pesquisados, o que aparentemente está relacionado com os valores de corrente média também intermediários aos obtidos nas outras regiões;
- Transferência -UGPP: apresentou maior rendimento de deposição e maiores reforços do cordão.

#### 4. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de expressar o seu agradecimento pelo apoio técnico, laboratorial e material recebidos do Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás (CEFET-GO), e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia.

#### 5. REFERÊNCIAS

- Figueiredo, K. M and Ferraresi, V. A., 2001, “Mapas de Transferência Metálica na Soldagem MIG de Alumínio”, 1º COBEF – Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação, de 02 a 04 de abril de 2001, Curitiba, PR. Anais em CD Rom, código SOL 13.
- Norrish, J. and Richardson, I. F., 1998, “Metal Transfer Mechanisms”, *Welding and Metal Fabrication*, pp 17-22, jan/feb.
- Póvoa, A. A., 1993, “Manual de Soldagem de Alumínio, Alcan Alumínio do Brasil S/A, 1ª Edição.
- Saunders, H. L., 1997, “Welding Aluminum: Theory and Practice”, Third Edition, The Aluminum Association.
- Subramanian et al, 1998, “Droplet Transfer in Pulsed Gas Metal Arc Welding of Aluminum”, *Welding Journal*, November, pp 458-s a 464-s.
- Vilarinho, L. O., 2000, “Desenvolvimento e Avaliação de um Algoritmo Alternativo para a Soldagem MIG Sinérgica de Alumínio”, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG.

### INFLUENCE OF METALLIC TRANSFER CONDITIONS OF ALUMINUM PULSED MIG WELDING ON WELD BEAD QUALITY.

**Aldemí Coelho Lima, M. Sc.**

Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás, CEFET-GO,  
Rua 75 nº 46, Setor Central, Goiânia-GO, Brasil, CEP 74055-110, e-mail: [acl@cefetgo.br](mailto:acl@cefetgo.br)

**Valtair Antonio Ferraresi, Dr.**

Universidade Federal de Uberlândia – UFU – FEMEC, Campus Santa Mônica,  
Caixa Postal 593, CEP 38400-902, Uberlândia, MG, Brasil. E-mail: [valtairf@mecanica.ufu.br](mailto:valtairf@mecanica.ufu.br)

**Abstract:** *Several processes have been used for aluminum welding, being preferred MIG welding for its high productivity and versatility for automated operations, while pulsed MIG welding, besides those characteristics, provides the spray transfer with smaller medium current values, facilitating the application in fine plates. That work aims at investigate the influence of welding pulse parameters variation when using pulsed MIG welding and, consequently, the conditions of metal transfer on weld quality. The welding tests were conducted in flat position, using grooved plates of aluminum ABNT 6063 and the wire electrode AWS ER-4043 of 1,0 mm, in argon shielding atmosphere. Was analyzed the influence of metal transfer conditions, one-drop-per-pulse (ODPP), less than one-drop-per-pulse (-ODPP) and more than one-drop-per-pulse (+ODPP) in weld bead surface, deposition revenue and in the geometry of weld, as bead width, reinforcement and root penetration. Visual inspection of the weld, weld bead dimensional measurements and deposition rate determinations were used when conducting these investigations. The obtained results showed that +ODPP transfer mode, compared with other MIG pulse transfer modes, resulted in better weld bead surface, higher penetration and bead width; The ODPP transfer mode presented intermediate values of measured parameters and smoother weld bead surface; The -ODPP transfer mode offered higher deposition revenue and reinforcements.*

**Keywords:** *Aluminum, Pulsed MIG welding, weld bead, quality.*