

# INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE SOLDAGEM GMAW E GMAW-CW SOBRE A DILUIÇÃO E RELAÇÃO REFORÇO/LARGURA<sup>1</sup>

Pedro Paulo Guimarães Ribeiro<sup>2</sup>  
Paulo Dangelo Costa Assunção<sup>3</sup>  
Eduardo de Magalhães Braga<sup>4</sup>  
Emanuel Bruno Ferreira dos Santos<sup>5</sup>

## Resumo

A recuperação das regiões erodidas por cavitação é realizada pela deposição de material por soldagem. Na soldagem de manutenção para recuperação de áreas cavitadas é importante o controle da diluição, por se tratar de materiais dissimilares, para manter a integridade físico-química do metal depositado. A proposta deste trabalho é uma análise comparativa dos níveis de diluição e relação R/L (reforço/largura) depositados pelos processos GMAW e GMAW-CW (*Gas Metal Arc Welding – Cold Wire*), com variação dos valores de corrente, velocidade de soldagem e velocidade de alimentação de arame frio. Os resultados mostram que a área diluída para ambos os processos é diretamente proporcional a corrente e inversamente proporcional à velocidade de soldagem. No entanto o processo GMAW-CW apresentou uma significativa redução da área diluída e da relação R/L, acentuando-se com o aumento da velocidade de alimentação de arame frio.

**Palavras Chave:** Diluição; Parâmetros de soldagem; Reforço/largura; GMAW-CW.

## INFLUENCE OF WELDING PARAMETERS OF GMAW AND DWOA-GMAW WELDING PROCESS ON DILUTION AND RELETIONSHIP REINFORCEMENT/WIDTH

## Abstract

In most cases, the recovery of worn areas is performed through the deposition of metal by welding. In the recovery welding of worn areas it is important the control of dilution, because many times the material used are dissimilar, in order to keep physics-chemical integrity of the deposited metal. The purpose of this work is perform comparative analysis of dilution level and the relationship reinforcement/width (R/L) of coating performed using the GMAW and GMAW-CW welding process, where the values of welding current, speed of welding and wire feeding of non-energized were changed. The results have showed that the area diluted to both process is proportional to welding current and inversely proportional to the welding speed. Moreover the GMAW-CW has presented significant reduction of these values, which rise proportionally to wire feeding of non-energized.

**Key words:** Dilution; Welding parameters; Reinforcement/width; GMAW-CW.

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 67<sup>o</sup> Congresso ABM - Internacional, 31 de julho a 3 de agosto de 2012, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

<sup>2</sup> Engenheiro Mecânico, Mestre, Universidade Federal do Pará (UFPA), Tucuruí, Pará, Brasil; pedroribeiro@ufpa.br.

<sup>3</sup> Tecnólogo em Manutenção Industrial, Mestrando, Engenharia Mecânica, UFPA, Pará, Brasil; dangeloassuncao@bol.com.br.

<sup>4</sup> Engenheiro Mecânico, Doutor, Engenharia Mecânica, UFPA, Pará, Brasil; edbraga@ufpa.br.

<sup>5</sup> Graduando, Engenharia Mecânica, UFPA, Pará, Brasil; emanuel.santos@itec.ufpa.br.

## 1 INTRODUÇÃO

O interesse em pesquisas relacionadas a revestimentos é recente e de maneira geral são focadas em dois campos distintos, contudo intimamente interligados. O primeiro, processual, preocupa-se com aspecto macro do problema, onde é enfocada a questão fundamental de operacionalidade e fatores consequentes. Disto resulta a seleção do processo e de procedimentos que viabilizem revestimentos isentos de defeitos macroscópicos e que sejam economicamente aceitáveis. O segundo enfoque, metalúrgico, dedica-se em estudar a relação entre a microestrutura apresentada pelo revestimento e sua resistência ao processo erosivo e, a partir daí, propor alterações na composição química do consumível utilizado e/ou controle dos ciclos térmicos impostos pelo processo de soldagem empregado.<sup>(1)</sup> Segundo Wainer, Brandi e Mello,<sup>(2)</sup> desgaste é um fenômeno tipicamente superficial, a solda de revestimento tem sido utilizada com sucesso na diminuição do custo de fabricação de peças, na prevenção e na manutenção de peças desgastadas. Este trabalho terá como foco o campo processual onde a proposta é uma análise comparativa dos níveis de diluição e da relação R/L (reforço/largura) de revestimentos depositados pelos processos GMAW e GMAW-CW (*Gas Metal Arc Welding – Cold Wire*), com variação dos valores da velocidade de alimentação do arame energizado, taxa de alimentação do arame não energizado e energia de soldagem, objetivando a recuperação de regiões erodidas em pás de turbinas hidráulicas. Neste trabalho foi proposta a soldagem MIG/MAG e/ou GMAW, com a adição de um arame não energizado, (Processo DWOA - *Double Wire Only Arc* ou GMAW-CW) estabelecendo uma alternativa técnica e econômica em relação à soldagem GMAW convencional.

Este novo processo (Figura 1) utiliza um equipamento GMAW convencional, com um sistema extra de alimentação de arame não energizado conjugado a tocha de soldagem. Para proteção gasosa utiliza somente um sistema, alimentado por um fluxo de gás inerte, ativo ou uma mistura de ambos, que resulta num considerável aumento de produção quando comparado com o processo GMAW convencional.<sup>(3)</sup>

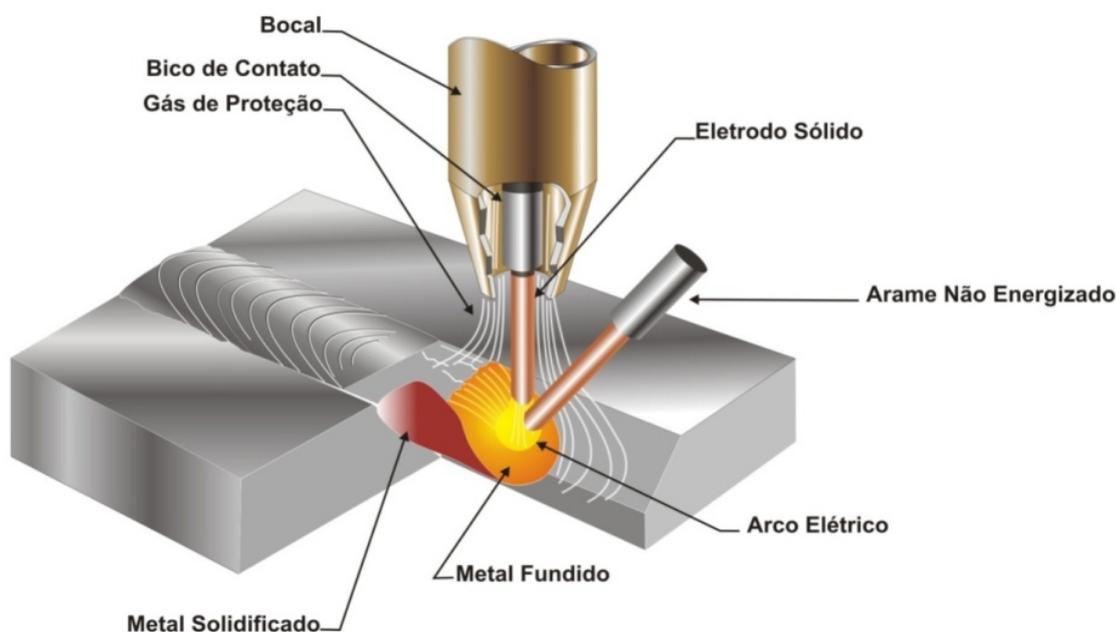


Figura 1. Esquema do processo GMAW-CW.<sup>(4)</sup>

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização das soldagens foi necessário a montagem de uma bancada de soldagem composta por: uma fonte de soldagem com respectivo cabeçote alimentador, um cabeçote alimentador independente para a alimentação do arame não energizado, tocha de soldagem, mesa de soldagem e sistema de deslocamento da tocha. Para execução do experimento utilizou-se o aço carbono classificação AISI/SAE 1020. O material de base foi empregado na forma de barra chata com dimensões de 7,94 mm x 76,20 mm x 150 mm (espessura x largura x comprimento) (Figura 2), com revestimentos depositados sobre o metal de base paralelo ao sentido de laminação do material.<sup>(5)</sup>

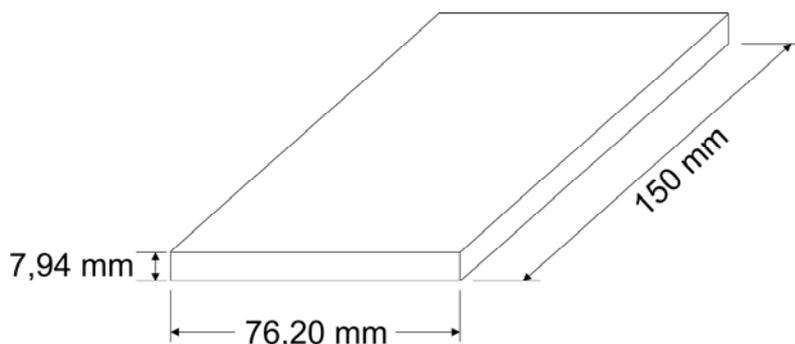


Figura 2. Dimensões da chapa sobre a qual os cordões foram depositados.

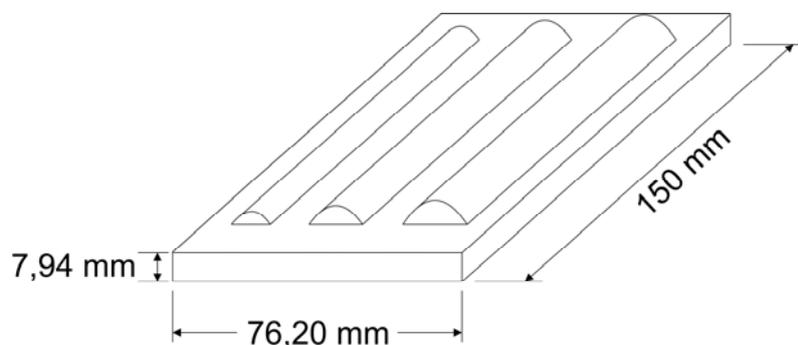
Para o desenvolvimento deste trabalho foi utilizado, como metal de adição, dois arames classe AWS ER70S-6, sendo o arame eletrodo de diâmetro 1,2 mm e o arame não energizado de 1,0 mm de diâmetro, conforme classificação da norma AWS 5.18. A seleção deste tipo de consumível está relacionada às suas características de elevada produção, facilidade de manutenção da estabilidade do arco e, em especial, a sua aplicação ao processo de soldagem com alimentação de arame não energizado.<sup>(5)</sup> Os arames usados são largamente aplicados na indústria metal-mecânica, na soldagem de aços com baixo carbono e são de baixo custo de aquisição. Os parâmetros que se mantiveram constante durante a realização do experimento estão representados na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros de soldagem utilizados

Parâmetros Utilizados	
Gás	Ar-25% CO <sub>2</sub>
Velocidades de Soldagem	3,33×10 <sup>-3</sup> e 3,67×10 <sup>-3</sup> m/s
Vazão de gás	15 l/min
Classe dos arames utilizados	AWS ER70S-6
Diâmetro do arame energizado	1,2 mm
Diâmetro do arame não energizado (frio)	1,0 mm
Metal de base utilizado	AISI/SAE 1020

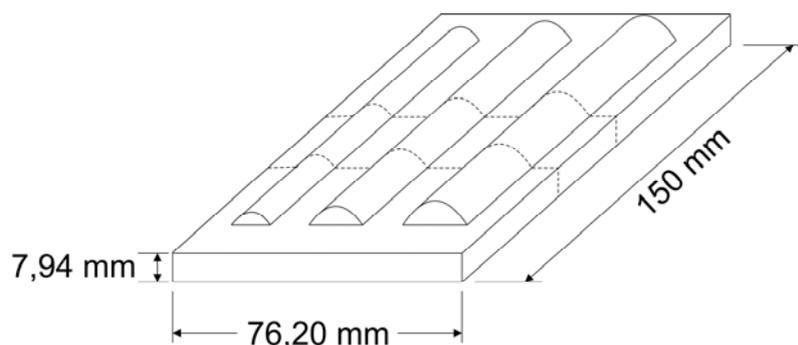
Para realização dos cordões de solda com os processos GMAW e GMAW-CW foram usados como parâmetros de soldagem, uma tensão de 26 V, Stickout de 16 mm e correntes de 200 A, 250 A e 300 A, o que correspondem as velocidades de alimentação do eletrodo de 8,33×10<sup>-4</sup>, 1,17×10<sup>-3</sup> e 1,67×10<sup>-3</sup> m/s, respectivamente. Cada cordão equivale a uma corrente de soldagem, sendo que foram executados três cordões em cada corpo de prova conforme mostrado na Figura 3. Na soldagem

utilizando o processo GMAW-CW, foram mantidos os parâmetros citados (Tabela 1), e o arame não energizado foi alimentado com uma velocidade equivalente a 60% e 70% da velocidade do eletrodo. Estas, por sua vez, foram determinadas através de experimentos preliminares, onde se buscou utilizar a maior proporção possível tecnicamente viável, avaliados com base na análise visual dos cordões e líquido penetrante.



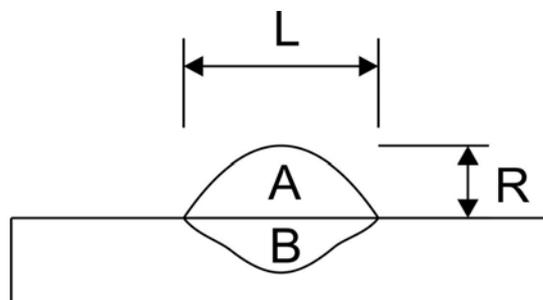
**Figura 3.** Esquema de deposição dos cordões.

Para a realização das medidas do reforço, largura e diluição os corpos de prova foram seccionado na região central do cordão (Figura 4). As medidas foram realizadas (Figura 5) utilizando o Software AutoCAD<sup>®</sup>.



**Figura 4.** Esquema de seccionamento dos cordões.

A diluição é a quantidade percentual do metal de base que entra na composição do metal de solda, na soldagem por fusão, podendo variar desde valores muito baixos com 5% até 100% na soldagem autógena (sem adição de metal) (Figura 5).



**Figura 5.** Esquema de realização de medidas.

Geometricamente a diluição é definida pela relação de área do metal depositado e fundido (Equação 1).

$$\delta = \frac{B}{A + B} 100\% \quad (1)$$

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 2 apresenta os valores de reforço, largura, e diluição, obtidos a partir das medições realizadas para a velocidade de soldagem de  $3,33 \times 10^{-3}$  m/s. Os resultados obtidos para ambos os processos revelaram uma tendência de que a diluição aumenta com o aumento da corrente e é inversamente proporcional ao aumento do percentual de adição de arame não energizado, sendo assim, o processo GMAW-CW apresenta menores valores de diluição se comparado ao processo GMAW convencional nos mesmos parâmetros.

**Tabela 2.** Valores medidos para a velocidade de soldagem de  $3,33 \times 10^{-3}$  m/s

	I	T <sub>A</sub>	A <sub>P</sub>	A <sub>R</sub>	L	R	δ	R/L
GMAW	200	0	24,36	26,31	14,18	2,52	48	0,18
	250	0	26,47	39,04	15,48	3,43	40	0,22
	300	0	33,39	52,80	15,38	4,44	39	0,29
GMAW-CW	200	60	17,55	40,26	15,31	3,66	30	0,24
	250	60	18,67	57,05	16,65	4,42	25	0,27
	300	60	10,54	75,07	17,75	5,31	12	0,30
	200	70	8,04	40,09	13,37	4,01	17	0,30
	250	70	8,19	51,31	15,05	4,45	14	0,30
	300	70	13,69	79,36	18,10	5,72	15	0,32

**Tabela 3.** Valores medidos para a velocidade de soldagem de  $3,67 \times 10^{-3}$  m/s

	I	T <sub>A</sub>	A <sub>P</sub>	A <sub>R</sub>	L	R	δ	R/L
GMAW	200	0	18,17	20,01	12,91	2,37	48	0,18
	250	0	22,91	32,23	14,12	3,00	42	0,21
	300	0	19,73	45,37	13,76	4,42	30	0,32
GMAW-CW	200	60	10,61	34,31	13,61	3,36	24	0,25
	250	60	7,98	53,80	16,00	4,45	13	0,28
	300	60	18,98	71,32	18,09	5,43	21	0,30
	200	70	9,09	37,80	13,31	3,81	19	0,29
	250	70	13,52	44,72	15,23	3,81	23	0,25
	300	70	9,97	64,50	15,35	5,17	13	0,34

Onde:

- I – corrente (A);
- T<sub>A</sub> – razão de adição do arame não energizado (%);
- A<sub>P</sub> – área de penetração (mm<sup>2</sup>);
- A<sub>R</sub> – área de reforço (mm<sup>2</sup>);
- L – largura do revestimento (mm);
- R – altura do reforço (mm);
- δ – diluição (%); e
- R/L – relação reforço/largura.

A mesma tendência foi observada para a velocidade de soldagem de  $3,67 \times 10^{-3}$  m/s (Tabela 3), no entanto verificou-se uma ligeira diminuição na espessura do reforço e largura do cordão, que teve com consequência um aumento no valor da relação R/L.

Analisando os valores da relação R/L observou-se que a esta é proporcional a corrente de soldagem. No entanto, esta é maior quanto menor é o nível de diluição obtido pela operação de soldagem (Figura 6). Para o processo GMAW-CW esta relação apresenta maiores valores. Desta forma a mesma pode ser usada como um indicador qualitativo do nível de diluição em uma operação de revestimento por soldagem.

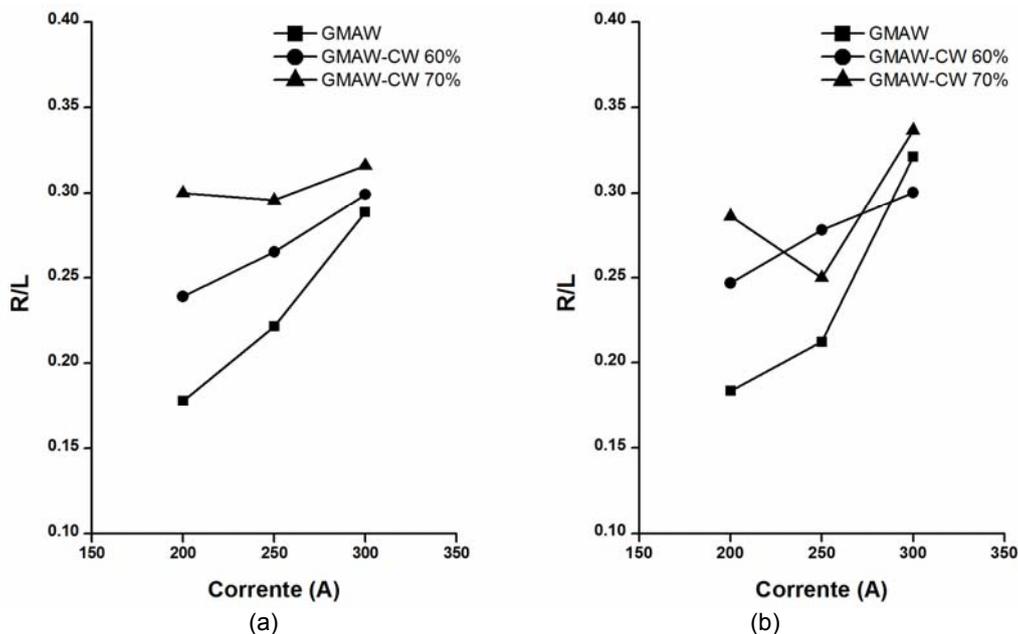


Figura 6. Relação R/L em função do processo, corrente média de soldagem e velocidade de soldagem. (a)  $3,33 \times 10^{-3}$  m/s; e (b)  $3,67 \times 10^{-3}$  m/s.

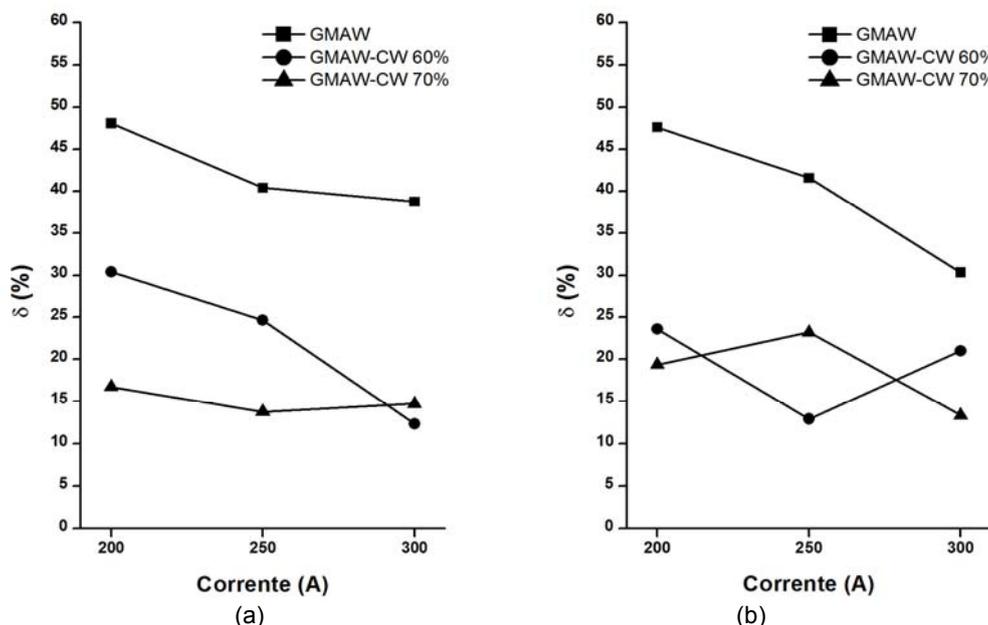


Figura 7. Diluição em função do processo, corrente média de soldagem e velocidade de soldagem. (a)  $3,33 \times 10^{-3}$  m/s; e (b)  $3,67 \times 10^{-3}$  m/s.

Os resultados de diluição podem ser mais bem visualizados através da representação gráfica da Figura 7. Na Figura 7a, o ponto equivalente a uma corrente de 300 A para o processo GMAW-CW 60% apresenta uma diluição menor que a diluição apresentada pelo processo GMAW-CW 70%, fato este devido a uma

descontinuidade geométrica conforme mostrado na Figura 8. Também na Figura 8 é mostrada a secção transversal dos cordões de solda para uma velocidade de  $3,67 \times 10^{-3}$  m/s realizados utilizando o processo GMAW-CW 60% para as correntes de 200 A, 250A e 300 A, respectivamente da direita para a esquerda, na qual é possível observar a falta de fusão para o cordão realizado com uma corrente de 300 A.



**Figura 8.** Secção transversal dos cordões depositados pelo processo GMAW-CW 60% para uma velocidade de soldagem de  $3,33 \times 10^{-3}$  m/s.<sup>(5)</sup>

Conforme observado na Figura 7b, a diluição para o ponto 250 A, velocidade de  $3,67 \times 10^{-3}$  m/s para o processo GMAW-CW 70% apresentou uma maior diluição comparada ao processo GMAW-CW 60% nesta mesma corrente, fazendo com que o valor da relação R/L para este mesmo ponto tenha assumido um menor valor, Figura 6.b, uma vez que ela é inversamente proporcional a diluição. Vale ressaltar que apesar deste ponto apresentar certa dispersão na tendência das curvas, estes cordões não apresentaram descontinuidades como, falta de fusão (Figura 9).



**Figura 9.** Secção transversal dos cordões depositados pelo processo GMAW-CW 70% para uma velocidade de soldagem de  $3,67 \times 10^{-3}$  m/s.<sup>(5)</sup>

#### 4 CONCLUSÕES

Os resultados mostraram que os níveis de diluição apresentados pelos revestimentos executados através do novo processo, GMAW-CW, são bem menores quando comparados com aqueles realizados com o processo GMAW convencional. Devido o processo GMAW-CW apresentar maior taxa de fusão e deposição, os revestimentos depositados apresentaram maiores valores de reforço e largura, o que pode favorecer uma redução no tempo de restauração de uma peça ou execução de um revestimento. Desta forma o processo GMAW-CW apresenta-se como uma alternativa viável a ser empregada em operações de soldagem para tais fins.

#### REFERÊNCIAS

- 1 BARRA, S. R. Influência do Processo MIG/MAG Térmico sobre a Microestrutura e a Geometria da Zona Fundida. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2003.
- 2 WAINER, E.; BRANDI, S. D.; MELLO, F. D. H., Soldagem: Processos e Metalurgia. BLUCHER, 1992.

- 3 SCOTTI, A., PONOMAREV, V., 2008; Soldagem MIG/MAG. Uberlândia: Artliber, 2008.
- 4 CABRAL, T. S.; CRUZ JUNIOR, L. P. S.; SILVA, F. G.; BRAGA, E. M. Desenvolvimento e Estudo da Viabilidade de um Injetor de Arame Adicional para O Processo de Soldagem MIG/MAG e FCAW. In: 6º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO, 2011, Caxias do Sul. Rio Grande do Sul.
- 5 RIBEIRO, P. P. G., 2011, Influência dos parâmetros de soldagem gmaw e gmaw-cw sobre a diluição e relação reforço/largura em revestimentos. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará. Instituto de tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Belém, Pará, 2012.