Processo Tungsten Inert Gas (TIG): avaliação da porosidade fora da posição plana

Wesclen Silva de Lima[1], Ramon Fernandes Fagundes[2], Celina Leal Mendes Da Silva[3]

[1]Aluno do Curso Técnico de Nível Médio Integrado em Mecânica – IFRN. e-mail: wesclen_13@hotmail.com
[2]Tecnólogo em Fabricação Mecânica – IFRN. e-mail: ramon2f@yahoo.com.br
[3]Professora Dra. do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do RN – IFRN. e-mail: celoca23@yahoo.com.br

Resumo: O alumínio vem ganhando cada vez mais destaque na indústria devido a excelentes propriedades encontradas neste metal. No entanto, quando relacionado à soldagem, o surgimento de descontinuidades é inevitável. A porosidade é um exemplo. Desta forma, este presente trabalho teve como objetivo avaliar a formação desta descontinuidade a partir da variação da vazão do gás de proteção, na posição sobre cabeça e horizontal, sabendo que estas posições dificultam a saída da porosidade formada. Este trabalho foi realizado com a liga AA5052, adotando parâmetros de soldagem pré-definidos. Para cada condição de soldagem, foram realizadas três repetições, utilizando uma bancada automatizada conferindo repetibilidade aos ensaios. A gravimétrica, caracterizada por determinar a formação de porosidade em materiais através da comparação da densidade destes com o valor de referência, foi empregada para quantificar a porosidade. Foi realizada uma analise visual com intuito de detectar esses defeitos e a metalografia para a visualização dos mesmos. Os resultados da gravimetria foram submetidos à análise de variância. Os resultados indicaram que as vazões do gás de proteção utilizadas apresentaram pouca influência visualmente, entretanto a partir da análise de variância, foi constatada uma influência da ocorrência de porosidade relacionada à mudança da vazão de gás.

Palavras–chave: gás de proteção, soldagem, porosidade, processo TIG, alumínio

1. INTRODUÇÃO

Sabe-se que o alumínio é o material não ferroso mais abundante na crosta terrestre e que a produção deste metal está aumentando gradativamente devido à grande procura da indústria, resultado de propriedades particulares encontradas no alumínio, tais como a baixa densidade, alta condutividade elétrica e térmica, alta elasticidade dentre outras.

Na indústria, a maior parte da produção deste material se encontra na fabricação de embalagens de alimentos e medicamentos. No entanto, é na indústria aeronáutica que este metal e suas ligas ganham destaque, justamente por possuírem propriedades que são bastante valorizadas na aeronáutica.

Porém, existem algumas peculiaridades a serem levadas em consideração quando se faz necessário trabalhar com o alumínio, é o caso de descontinuidades que são formadas durante a soldagem, gerado por uma série de razões. A porosidade é um exemplo bem demonstrativo de descontinuidades que podem vir a se formar durante a soldagem de diversos materiais.

As porosidades apresentam-se como bolhas que possuem uma superfície interna brilhante, encontradas no interior do cordão ou mesmo aflorando na superfície, podendo aparecer nas soldas de Alumínio em vários graus, dependendo da quantidade de hidrogênio introduzido na zona de soldagem (KOU, 1987).

Segundo Hettes e Ketron (1998), a porosidade pode ser classificada quanto à sua distribuição em porosidade isolada, porosidade uniformemente distribuída, porosidade agrupada e a porosidade superficial. A qualidade da junta soldada pode ser avaliada de acordo com o tipo de porosidade encontrada. A norma AWS D1.2-90, por exemplo, regulamenta os requerimentos mínimos quanto a porosidade para aplicações estruturais. O principal efeito de uma alta quantidade de poros é a perda da resistência mecânica. Assim a porosidade compromete a qualidade dos componentes soldados.

São vários os fatores que podem influenciar na formação da porosidade durante a soldagem, tais como a posição de soldagem, corrente elétrica no arco, tamanho da poça de fusão, velocidade de soldagem e a vazão do gás de proteção.

ISBN 978-85-62830-10-5

Desta forma, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência da variação do gás de proteção e as posições de soldagem (horizontal e sobre cabeça) sobre a formação de porosidade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os Corpos de prova utilizado nos experimentos foram obtidos a partir da liga AA5052 com dimensões de 200 x 19 x 3,2 mm rigorosamente iguais, evitando diferenciação de aporte de calor. No centro do mesmo, na distancia de 30 mm da face, foi soldado o cordão com simples deposição de comprimento 140 mm.

O processo escolhido para a soldagem dos corpos de prova foi o *Tungsten Inert Gás* (TIG) que é definido como um arco elétrico estabelecido entre um eletrodo de tungstênio não-consumível e a peça, numa atmosfera de gás inerte (Alcan Alumínio do Brasil, 1993). Sabe-se que a corrente mais utilizada para a soldagem com TIG em ligas de alumínio é corrente alternada (CA), pois possibilita uma ótima limpeza catódica durante a soldagem deste metal.

A soldagem foi realizada de forma autógena, ou seja, sem metal de adição com eletrodos puros de tungstênio com diâmetro de 2,4 afiados com o ângulo de 45º em cada soldagem. O bocal utilizado foi o de cerâmica reto Nº 8 com o diâmetro interno de 12 mm.

O gás utilizado neste trabalho foi o argônio comercialmente puro. Este gás não só fornece uma abertura de arco estável como propicia melhor ação de limpeza do que os outros gases inertes usuais. A utilização deste gás em grande parte na soldagem TIG, deve-se as seguintes vantagens: baixo custo, alta densidade relativa (1,38) conferindo boa proteção do eletrodo, do arco elétrico e da poça de fusão, ótima estabilidade de arco e penetração de solda satisfatória na maior parte das aplicações.

As posições de soldagem escolhidas para realização deste trabalho fora à horizontal e sobre cabeça visto que estas, segundo Devletian e Wood (1984), são mais propensas para facilitar a geração de porosidade, uma vez que o caminho percorrido pela bolha de hidrogênio apresenta maior dificuldade de escape.

Do ponto de vista metodológico, procurou-se estudar comparativamente duas posições de soldagem, a saber, horizontal (PHO) e sobre cabeça (PSC) e as três condições de soldagem, na qual foi variado apenas vazão de gás, como mostra a Tabela 1. Desta forma, para cada condSol foram realizadas três repetições de soldagem, totalizando 18 ensaios.

Tabela 1 - Fatores e níveis para o planejamento experimental para avaliar a influencia da vazão de gás e posição de soldagem na formação de porosidade.

Variaveis	Nível 1	Nível 2	Nível 3
Posição de soldagem	PHO	PSC	
Condsol (l/min)	15	18	21

Para tal, os valores das variáveis constantes, corrente (I), distância bico contato peça (BCP) e velocidade de soldagem (VS), foram 100 A, 22,4 mm e 50 cm/min, respectivamente.

Com o objetivo de se garantir a repetibilidade no processo de soldagem, este foi realizado de forma automatizada. Com isso, foi utilizado o Tartílope modelo V2-F para garantir a velocidade constante durante todo o experimento. Um sistema de aquisição e processamento dos dados (SAP) modelo V2, trabalhando em uma freqüência de 10 kHz por canal em 12 bits foi utilizado para adquirir os valores instantâneos de tensão e corrente.

Para submeter os corpos de prova às posições horizontal e sobre cabeça, foi necessário desenvolver um dispositivo capaz de atender a essas determinações. Desta forma, os equipamentos necessários para a soldagem ficaram configurados conforme ilustra a Figura 1.

Figura 1 – bancada de soldagem. (A) Cilindro de gás; (B) Fonte elétrica; (C) Bomba de refrigeração; (D) Dispositivo para submeter os corpos de prova às posições desejadas; (E) SAP; (F) Sistema de aquisição de dados.

Para avaliar o grau de porosidade, foi escolhido o método qualitativo denominado gravimetria. Este é um ensaio destrutivo em que o grau de porosidade é estimado pela medida da densidade do cordão de solda. A variável dependente associada à porosidade do cordão é o percentual de volume de vazios do cordão, determinado pela variação da densidade (DEVLETIAN, WOOD, 1987). Este ensaio destrutivo consiste dos seguintes passos:

1. Uma amostra representativa de cordão de solda (zona fundida) é separada do corpo de prova soldado, pela remoção cuidadosa do metal de base;
2. A amostra, composta somente da zona fundida do cordão de solda é pesada, primeiro ao ar [Par] e em seguida em água destilada [Pag].
3. Calcula-se o empuxo [E], que é responsável pela diferença entre os pesos da amostra ao ar [Par] e em água [Pag], dado por:

$$E = Par - Pag \quad (1)$$

4. Com o valor de E, calcula-se o valor do volume de líquido deslocado pela amostra [Vld], que equivale ao próprio volume da amostra [Vam], dado por:

$$V_{ld} = V_{am} = \frac{E}{\rho_{H_2O.}}; \quad (2)$$

onde ρ é a densidade da água, igual a 1 kg/dm3,

5. Com o volume da amostra [Vam] e o peso da amostra ao ar [Par], determina-se a densidade real da amostra [ρ_{am}], em [kg/m3]:

$$\rho_{am} = \frac{P_{ar}}{V_{am}} \qquad (3)$$

Para determinação do volume de vazios da amostra, adota-se um valor de densidade de referência, equivalente à densidade específica de uma amostra considerada perfeita [ρ_{amperf}] ou sem poros. Os corpos de prova a serem pesados são obtidos pela usinagem das peças soldadas. No caso da solda ser autógena, determina-se o metal base através de um corte transversal ao cordão e um posterior polimento e ataque químico para se determinar o material do cordão de solda visualmente pela modificação sofrida pela zona termicamente afetada (SOUZA, MARTINS, 200-?).

6. Finalmente, com os valores das densidades de referência [ρ_{amperf}] e real [ρ_{am}] da amostra, determina-se o percentual de volume de vazios (Vv), dado por:

$$Vv = \frac{\rho_{amperf} - \rho_{am}}{\rho_{amperf}} X100 \qquad (4)$$

Desta forma, os corpos de prova tiveram que ser usinados para a realização do ensaio gravimétrico e, posteriormente, a metalografia. Com isso, os corpos de prova foram cortados em três partes, visto que para realização deste ensaio, fez-se necessário utilizar a parte do cordão de solda mais estável, descartando assim o início e o final deste, conforme ilustrado na Figura 2.

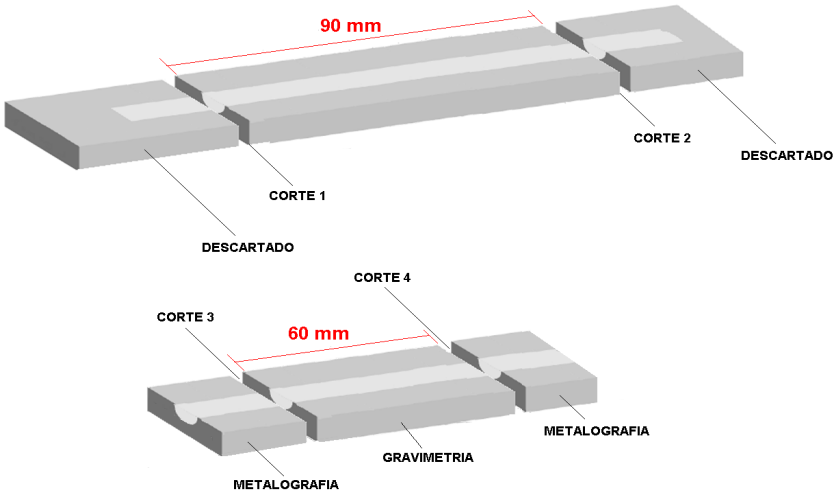


Figura 2 – corpo de prova para quantificação da porosidade e representação dos seguimentos e dimensões utilizados para gravimetria e metalografia.

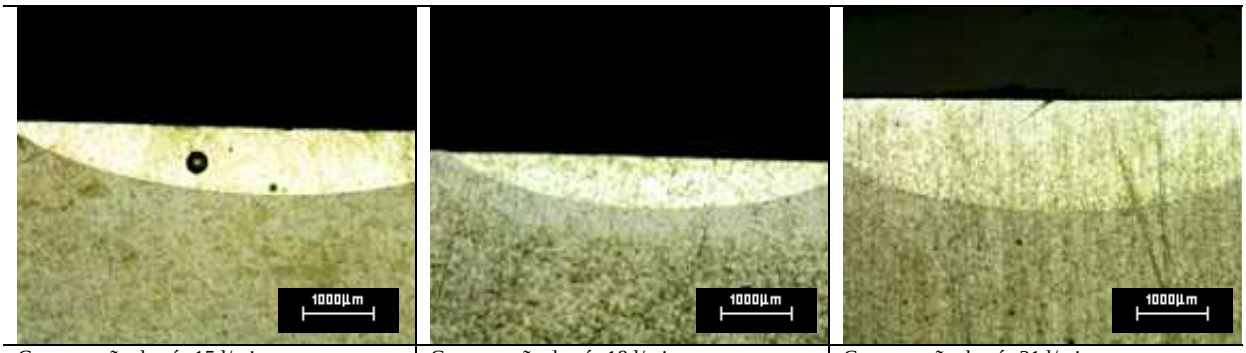
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 mostra os parâmetros monitorados da corrente (eficaz) e tensão (eficaz e média) nas três condições de soldagem nas duas posições de soldagem, conferindo assim a não interferência destes parâmetros no estudo realizado.

Tabela 2 - Resultados dos parâmetros de soldagem monitorados na posição sobre cabeça.

Horizontal					Sobre cabeça				
Vazão (l/min)	Tensões (V)		Corrente eficaz (A)	Potência média	Vazão (l/min)	Tensões (V)		Corrente eficaz (A)	Potência média
	Média	Eficaz				Média	Eficaz		
15	6,1	14,8	95	1,26	15	6,4	14,6	95	1,2
	6,3	15,1	95	1,27		6,5	14,5	95	1,2
	6,1	14,8	95	1,25		6,8	14,4	95	1,2
18	6,4	13,3	95	1,1	18	5,8	13,2	96	1,1
	6,3	14,1	96	1,2		6,5	13,1	95	1,1
	6,2	13,6	96	1,1		6,3	13,2	95	1,1
21	6,4	13,8	96	1,1	21	6,6	14,6	95	1,2
	6,3	13,1	96	1,1		6,5	14,2	95	1,2
	6,4	13,1	96	1,1		6,5	14,7	95	1,2

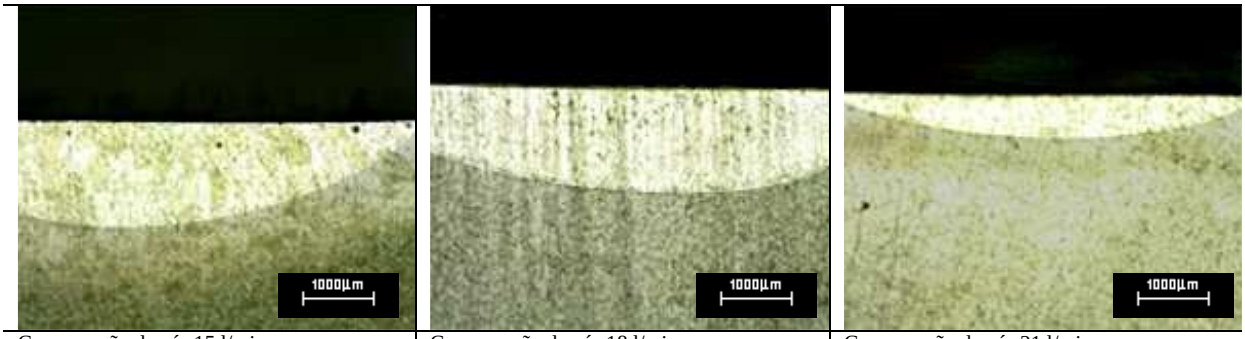
A partir das fotos retiradas, pode-se concluir que na posição sobre cabeça com a vazão de 15 l/min, o grau de porosidade é maior do que as demais vazões de gases como apresenta a Figura 3.



Com a vazão de gás 15 l/min. | Com a vazão de gás 18 l/min. | Com a vazão de gás 21 l/min.

Figura 3 - Variação da vazão de gás na soldagem na posição sobre cabeça.

Já quando relacionado à posição horizontal, a diferença de porosidades entre as vazões de gases é mínima como ilustrado na Figura 4.



Com a vazão de gás 15 l/min.	Com a vazão de gás 18 l/min.	Com a vazão de gás 21 l/min.

Figura 4 - Variação da vazão de gás na soldagem horizontal

A partir do Gráfico 1, percebe-se que a diferença do grau de porosidade em relação à vazão de gás é considerável, principalmente quando relacionado a menor e a maior vazão.

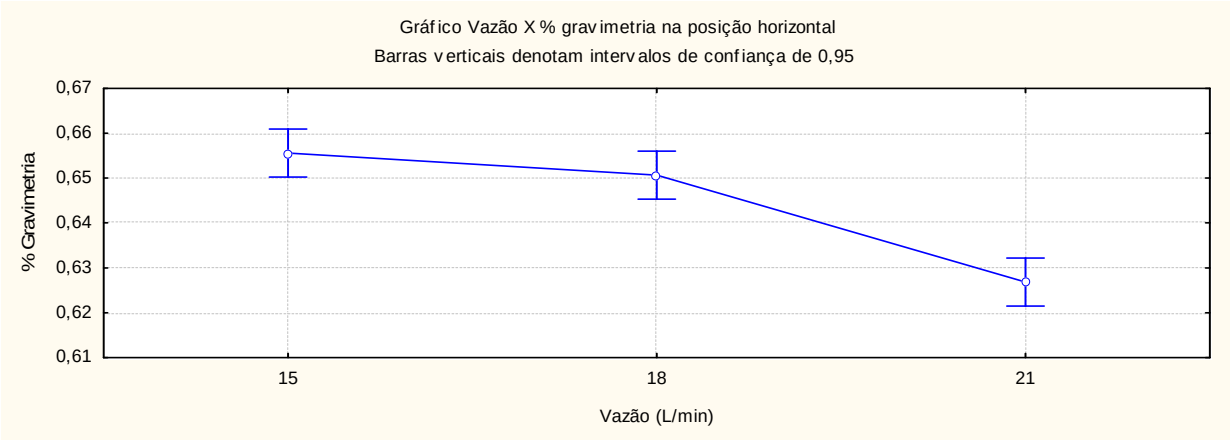


Gráfico 1 – Vazão X % Gravimetria na posição horizontal.

Da mesma forma, o Gráfico 2 evidencia um efeito parecido tomado pelo gráfico anterior, contudo a diferença é maior quando relacionadas as duas primeiras vazões.

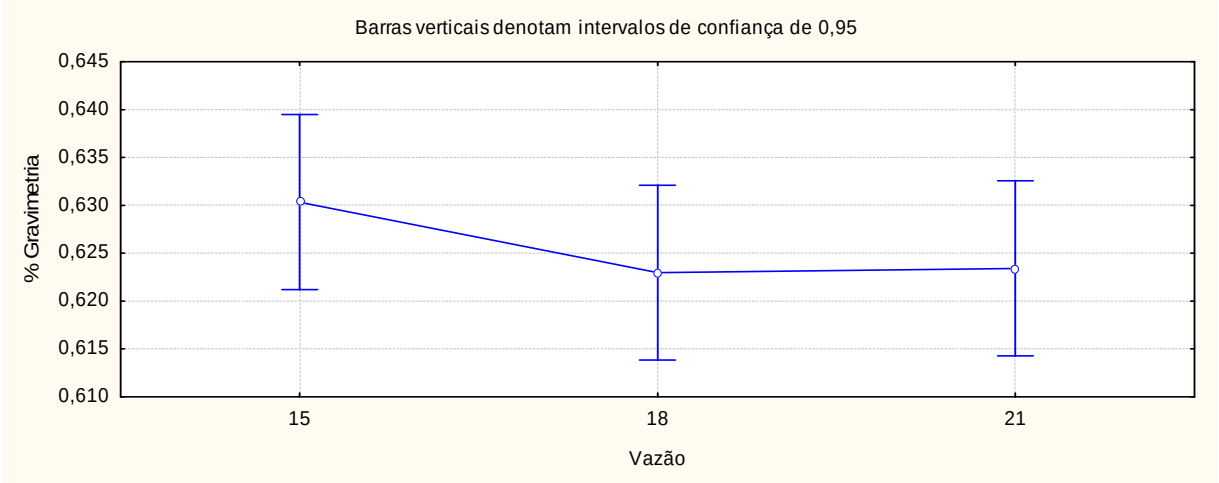


Gráfico 2 – Vazão X % Gravimetria na posição sobre cabeça.

Essa variação ilustrada nos gráficos anteriores pode ser explicada pela Tabela 4 que expõe a significância dos resultados obtidos pelo ensaio destrutivo de gavimetria.

Tabela 4 - Resultados dos parâmetros de soldagem monitorados na posição horizontal.

Variável dependente	Condsol 1
Sobre cabeça	0,0014
Horizontal	0,0042

Por ultimo, assim ilustrado no Gráfico 3, a comparação dos resultados obtidos pelo programa Estatística das posições de soldagem horizontal e sobre cabeça.

Percebe-se que o decrescimento da reta da posição horizontal é mais íngreme que a da posição sobre cabeça. Desta forma, pode-se concluir que a variação da vazão do gás de proteção gera uma maior influência na posição horizontal do que na sobre cabeça.

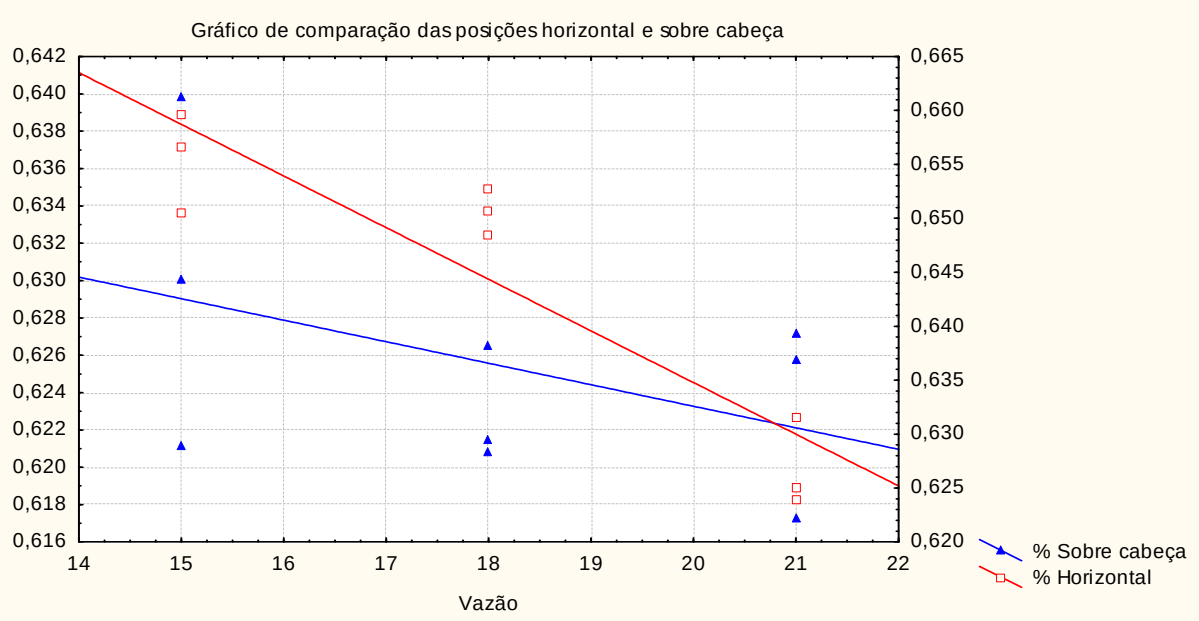


Gráfico 3 – Comparativo dos resultados obtidos para as duas posições.

6. CONCLUSÕES

Nas condições estabelecidas neste trabalho, pode-se aferir que:

A vazão de gás tem efeito significativo sobre porosidade. Desta forma, dentre as vazões utilizadas neste trabalho, a que mais apresentou a formação de porosidade foi a de 15 l/min, enquanto as demais não apresentaram significativamente formação de poros, tornando assim estas mais confiáveis para soldagem nas condições impostas.

Quando relacionado às posições de soldagem, concluiu-se que a que apresentou maior grau de porosidade foi a sobre cabeça. No entanto quando relacionado ao custo-benefício, a vazão mais indicada para soldagem na liga de alumínio AA5052 em ambas as posições é 18 l/min, visto que esta apresenta uma confiabilidade satisfatória em relação às demais com uma vazão de gás mediana.

AGRADECIMENTOS

Desde já agradeçemos ao Laboratório de Soldagem (LABSOL), localizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) por fornecer toda a infra-estrutura necessária para realização deste trabalho, além do CNPq pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

Alcan Alumínio do Brasil S/A, **Manual de Soldagem**, São Paulo, SP, 133p, 1993.

DEVLETIAN, J.H.; WOOD, W.E., **Factors affercting porosity in aluminun welds – a review**. Welding Research Council, 1984.

DEVLETIAN, J. H.; WOOD, W. E., **Factors affecting porosity in aluminum welds: a review**. Welding Research Council Bulletin, n. 290, dec. 1987. p. 1 – 17.

HETTES, F. J.; KETRON, D.L., 1998, **Evaluation of surface preparation methods on porosity formation in aluminium GMAW**. TRENDSIN WELDING RESEARCH.LUCAS W.

KOU, Sindo," Welding Metallurgy", A Wiley-Intercience Publication, 1987, pg 146 a 147.

SOUZA, Anizio Cesar Silveira de; MARTINS, Fábio. **Estudo da ocorrência de porosidade em liga de alumínio soldada pelo processo GTAW**. [200-?].