

## AVALIAÇÃO DE FORMULAÇÕES PARA SUPORTE DE SOLDA CERÂMICO

Luciana Lezira Pereira de Almeida<sup>1</sup>, Luiz Cláudio Soares Tatagiba<sup>1</sup>, Joaquim Pessanha Rocha<sup>1</sup>, Luiz Ricardo Bastos<sup>2</sup>, Paula Cristina Ribeiro<sup>2</sup>, Ronaldo Pinheiro da Rocha Paranhos<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mestrando, PPGECEM, Universidade Estadual Norte Fluminense, [Lezira@ig.com.br](mailto:Lezira@ig.com.br), [giba36@uol.com.br](mailto:giba36@uol.com.br) e [Jrocha@odebrech.com](mailto:Jrocha@odebrech.com)

<sup>2</sup>Aluno de graduação, CCT, Universidade Estadual Norte Fluminense,

<sup>3</sup>Professor Doutor, LAMAV/CCT/UENF, [paranhos@uenf.br](mailto:paranhos@uenf.br)

### Resumo

Este trabalho apresenta uma metodologia para a produção em laboratório de suporte cerâmico para a execução de soldas unilaterais em aço carbono. Foram avaliadas a cordierita, a bauxita e a magnesita como minerais refratários e a bentonita e silicato de sódio neutro como aditivos à massa cerâmica. O processo de fabricação envolveu a formulação, mistura da matéria prima, compactação, secagem e sinterização dos corpos de prova. Para avaliar a resistência mecânica do suporte cerâmico foi realizado ensaio de flexão. Os suportes cerâmicos foram avaliados pela soldagem com o processo Mig-Mag e arame tubular (FCAW). Foi realizada inspeção visual, líquido penetrante, macrografia, microdureza vickers e microscopia ótica do metal de solda. Os resultados mostram que para a fabricação do suporte cerâmico a pressão de compactação deve ser de 15 ton e a temperatura de sinterização de 1100°C. O material refratário que apresentou excelentes resultados foi a cordierita durante sua fabricação e durante a operação de soldagem, tendo sido produzidos cordões de solda com bom acabamento e isentos de descontinuidades, com microdureza e microestrutura adequada.

**Palavras-chave:** suporte cerâmico, soldagem unilateral, Cordierita

### Abstract

This work presents a methodology for the production in laboratory of ceramic backing for the execution of one side welding in carbon steel. They were evaluated the cordierite, the bauxite and the magnesita as refractory minerals and neutral sodium silicate and bentonite as additive to the ceramic mass. The production process involved the formulation, it mixes of the raw material, compacting, drying and sintering of the test coupons. To evaluate the mechanical resistance of the ceramic backing, flexion test was accomplished. The ceramics backings were evaluated for the welding with the process Mig-Mag and Flux Cored Arc Welding (FCAW). Visual inspection, Liquid Penetrant, macrography, Vickers micro hardness and optical microscopy of the weld metal were accomplished. The results show that for the production of the ceramic backing the compacting pressure should be of 15 ton and the temperature of sintering of 1100°C. The refractory material that it presented excellent results was the cordierite during its production and during the welding operation, having been produced weld bead with good finishing pass and free of discontinuities, and adequate micro hardness and microstructure.

**Key words:** ceramic backing, one-side welding, cordierita

## 1. Introdução

A soldagem unilateral é uma técnica onde os cordões de solda são aplicados somente por um lado da peça. É utilizada em aplicações que envolvem difícil acesso, em situações que a peça não pode ser virada. Em ambos os casos, obtêm-se penetração total no primeiro passe de solda, evitando-se a subsequente operação de goivagem e soldagem no outro lado da peça.

Uma das técnicas de soldagem unilateral utiliza o suporte cerâmico. Este tipo de suporte tem a capacidade de suportar a elevada temperatura da poça de solda quando no estado líquido, evita a formação de gases durante a soldagem e proporciona um acabamento adequado do cordão de solda, isento de defeitos. O suporte cerâmico é utilizado em vários segmentos da indústria de base (fabricantes de equipamentos) como: caldeiras, vasos de pressão, equipamentos siderúrgicos, navios, plataformas de petróleo, etc.

O uso do suporte cerâmico em operações de soldagem apresenta um forte impacto tecnológico, pois reduz o número de passes de solda, reduz o volume do metal depositado, elevando a produtividade e reduzindo os custos da operação de soldagem.

Atualmente, o suporte cerâmico não é fabricado no Brasil, sendo este um possível motivo para o pouco uso desta técnica no Brasil.

Os objetivos deste trabalho dizem respeito à fabricação do suporte cerâmico, determinando as matérias primas e possíveis formulações, identificando uma seqüência de produção em escala de laboratório. São avaliadas algumas das variáveis de fabricação do suporte, como a temperatura de sinterização e pressão de compactação. Também foi avaliada a resistência mecânica através do ensaio de flexão e a eficiência dos suportes cerâmicos produzidos durante a aplicação por soldagem.

## 2. Conteúdo

### 2.1 – Materiais e métodos

No presente trabalho foram utilizadas duas classes de matéria prima previamente identificada, que constituem a composição química do suporte cerâmico. São os minerais refratários e os aditivos.

Os minerais refratários possuem a capacidade de suportar temperaturas elevadas, típicas da operação dos processos de soldagem convencionais. Constitui a maior proporção da formulação do suporte cerâmico. Foram escolhidas a Cordierita, a bauxita e a Magnesita.

A Cordierita foi adquirida da Inducel Ltda, com composição química (%peso) de 43- 45%  $Al_2O_3$ , 42-45%  $SiO_2$ , 0,8-1,5%  $TiO_2$ , 1,2-1,7%  $Fe_2O_3$ , 5,6-6,2%  $MgO$  e teor de álcalis de 1,9-2,5%.

A Bauxita foi adquirida da Mineração Curimbaba Ltda, com composição química (%peso) de 83,4%  $Al_2O_3$ , 7,14%  $SiO_2$ , 1%  $TiO_2$ , 7,07  $Fe_2O_3$  e 0,02% P. A densidade batida é de 2,38  $g/cm^3$  e o teor de umidade é de 0,20%.

A Magnesita foi adquirida da Magnesita S.A., com composição química (%peso) de 96%  $MgO$ , 0,60%  $CaO$ , 2,60%  $Fe_2O_3$ , 0,60%  $Al_2O_3$  e 1,60%  $SiO_2$ . A densidade é de 2,9 a 3,1  $g/cm^3$ .

Os aditivos são utilizados em pequenas porções na formulação e contribuem na aglomeração e na plasticidade da massa cerâmica. Neste trabalho foram escolhidos a bentonita sódica e o silicato neutro.

A Bentonita sódica é um tipo de argila muito fina, normalmente adicionada em pequenas quantidades no revestimento de eletrodos revestidos e nos fluxos para soldagem a arco submerso, com o objetivo de conferir plasticidade e resistência à massa. Também é utilizada para endurecer moldes de areia em fundição. A composição química da bentonita é de 54% SiO<sub>2</sub>, 33% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 4% Na<sub>2</sub>O e 10% H<sub>2</sub>O. A granulometria é: retido #40 mesh: 0%, retido #200 mesh: 10% máximo.

O silicato de sódio neutro também atua como aglomerante, facilitando a sinterização e endurecimento de fluxos e eletrodos de soldagem, É um líquido viscoso, inodoro e incolor. A composição química é de 30% SiO<sub>2</sub>, 9,0% Na<sub>2</sub>O e 61% H<sub>2</sub>O, com densidade de 1,4 g/ml e viscosidade de 800 Cps.

Água foi utilizada como uma variável do processo, pois é fundamental para se obter uma determinada umidade da massa cerâmica apta a ser compactada.

Chapa de aço A-36 com dimensões de 100 X 100 x 6,4 mm foram usadas para os testes de soldagem.

## 2.2 - Resultados

Os suportes cerâmicos foram confeccionados com proporções de Cordierita (90 – 95%), Bauxita (90-95%), Magnesita (90-95%), Bentonita (3-8%), Silicato de sódio (2- 10%) e água (5-8%), como mostra a tabela 1. Com as formulações indicadas a preparação dos suportes cerâmicos foi realizada envolvendo pesagem, mistura das matérias primas, compactação, secagem e sinterização.

**Tabela 1.** Formulações e temperaturas de sinterização dos Corpos de Prova cerâmicos

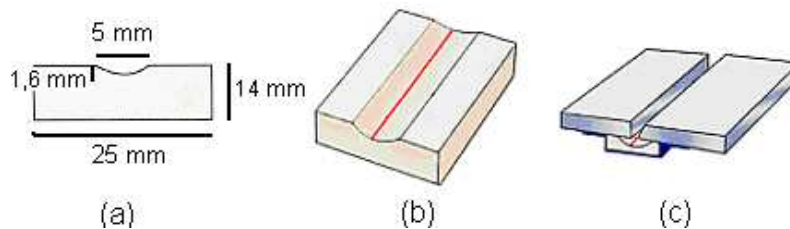
Formulação	Mineral refratário	Mineral refratário (%peso)	Bentonita (%peso)	Silicato de Sódio (%peso)	Temperatura de sinterização (°C)
1	Cordierita	90	-	10	1100
2	Cordierita	92	-	8	1100
3	Cordierita	92	3	5	1100
4	Cordierita	95	3	2	900
5	Cordierita	92	5	3	1100
6	Magnesita	92	-	8	900
7	Magnesita	92	5	3	1100
8	Magnesita	95	-	5	900
9	Magnesita	95	-	5	1100
10	Magnesita	95	5	-	1100
11	Bauxita	92	8	-	1100
12	Bauxita	95	-	5	1100
13	Bauxita	95	3	2	1100
14	Bauxita	92	5	3	900

O peneiramento foi realizado em uma peneira de #40 mesh. A compactação foi feita em prensa manual com capacidade de 20 ton. A secagem foi feita em estufa a 120 °C. A temperatura de sinterização variou entre 900 e 1100 °C, como mostrado na tabela 1.

O peso verde (após compactação), o peso seco (após secagem em estufa) e o peso sinterizado (após sinterização) de cada suporte cerâmico foram determinados em uma balança de precisão de duas casas decimais. Com estes valores, foi determinada a perda de massa após secagem em estufa (PM1) e a perda de massa após sinterização (PM2), mediante a seguinte fórmula:

$$\text{Perda de massa: } \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100 \quad (\text{equação 1})$$

A figura 1(a) apresenta a seção transversal do suporte cerâmico produzido. Possui uma pequena concavidade na região central que tem a função de adequar o formato do cordão de solda líquida na parte inferior da chapa. Esta concavidade foi prevista para ser formada no molde, no momento da compactação, tendo uma dimensão de 5,0 mm de largura por 1,6 mm de profundidade. A figura 1(b) mostra, em 3 dimensões, o formato do suporte cerâmico produzido com comprimento de 115 mm e 25 mm de largura. A figura 1(c) apresenta a posição do suporte cerâmico na parte inferior da chapa de aço para ser soldada.



**Figura 1.** Suporte cerâmico: (a) modelo do chanfro na seção transversal (b) Chanfro mostrado por cima e (c) Localização do suporte cerâmico na parte inferior da chapa de teste

As chapas de aço A-36 foram preparadas com chanfro em V, ângulo de 60° e abertura de raiz de 2 mm. Apêndices foram colocados nas extremidades, com o objetivo de iniciar e terminar a solda fora da chapa de teste e permitir que durante a montagem da chapa a abertura de raiz permanecesse constante.

Os processos de soldagem que foram utilizados são: MIG-MAG (GMAW), tendo sido usada a máquina **SolMig 250**, com arame 0,8 mm de diâmetro e classificado como ER70S-6 conforme a norma AWS A.5.18 e Arame Tubular (FCAW) na máquina **Puls.Sarc 400**, com arame 1,1 mm de diâmetro classificado conforme a norma AWS A.5.20 como E71T-1.

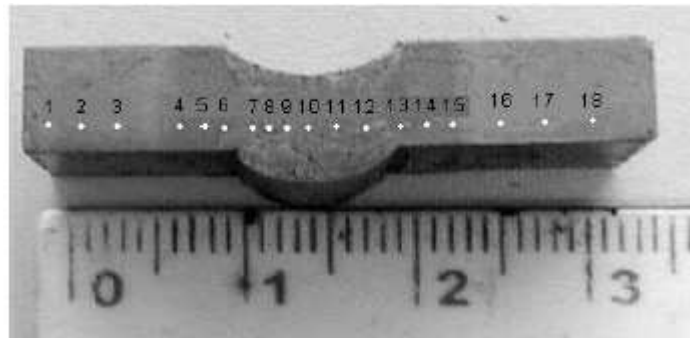
O gás de proteção utilizado é o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), tanto no processo GMAW quanto no FCAW. A corrente utilizada foi de 130-150 A para o GMAW e de 195-250 A para o FCAW.

Após a soldagem de todos os corpos de prova, foram realizados ensaios não destrutivos (inspeção visual e líquido penetrante) para se avaliar a aparência do cordão de solda bem como a formação de defeitos superficiais. Macrografias da seção transversal da junta soldada foram preparadas e atacadas com NITAL 10%.

Um corpo de prova soldado que obteve bom resultado nos ensaios não destrutivos foi escolhido e submetido à análise por microscopia ótica e microdureza vickers. A microestrutura do metal base e da junta soldada foi avaliada por

metalografia ótica, sendo utilizado o ataque químico NITAL 2%, que permitiu observar a distribuição das diversas estruturas formadas no cordão de solda.

O perfil de microdureza Vickers com uma carga de 40 g foi obtido com o auxílio de um dispositivo MHP-100 adaptado ao microscópio ótico NEOPHOT-32. Foram realizadas 18 medições, como mostra a figura 2, sendo 6 medidas para o metal base, 6 medidas para a zona termicamente afetada (ZTA) e 6 medidas para a zona fundida. Todas as medidas foram feitas sob uma linha horizontal ao longo da extensão de toda junta soldada, a uma distância de 1,5 mm da parte inferior da chapa.



**Figura 2.** Pontos que foram calculados a microdureza Vickers da junta soldada

Para a avaliação mecânica dos suportes cerâmicos produzidos, foram realizados ensaios de flexão em três pontos com as formulações e forças de compactação de acordo com a tabela 2. Foram ensaiados cinco corpos de prova para cada formulação, a velocidade de aplicação da carga foi de 0,5 mm/min e a distância entre os apoios foi de 90 mm. O cálculo de tensão de ruptura à flexão foi calculado de acordo com a equação 2:

$$\sigma = \frac{3 L P}{2 b d^2} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:  $\sigma$  = tensão de ruptura à flexão, em MPa  
 P = carga aplicada, em N<sup>o</sup>  
 L = distância entre os apoios, em mm.  
 b = largura do corpo de prova, em mm.  
 d = altura do corpo de prova, em mm.

**Tabela 2** – Formulações e forças de compactação dos corpos de prova para ensaio de flexão

Formulação	Cordierita (%peso)	Bentonita (%peso)	Silicato de Sódio (%peso)	Força de compactação (ton)
1	92	-	8	7
2	92	-	8	10
3	92	5	3	7
4	92	5	3	10

### 2.3 - Discussão

Este trabalho permitiu identificar uma seqüência de produção em escala de laboratório para o suporte cerâmico, que consiste em:

a) pesagem das matérias primas: com uso de balança de precisão de duas casas decimais.

b) Mistura seca: realizada manualmente, com o objetivo de homogeneizar as matérias primas.

c) Umidificação: adição de água e silicato de sódio (quando usado) à mistura seca, de forma a produzir a massa cerâmica.

d) Peneiramento da mistura úmida: Foi utilizada uma peneira de #40 mesh, sendo uma operação manual com o objetivo de produzir uma massa solta e uniforme, apropriada para a operação de compactação.

e) Compactação do suporte cerâmico: realizada em prensa manual com capacidade de 20 ton. A mistura foi prensada em um molde com dimensões de 115 mm de comprimento e 25 mm de largura, força de 7 e 15 ton por 1 min.

f) Secagem do suporte cerâmico: após a compactação, os corpos de prova foram submetidos a um processo de secagem em estufa com temperatura de 120 °C por 24 h. Teve por objetivo remover o excesso de umidade presente no suporte cerâmico de forma gradual, evitando a formação de trincas e empenamento das amostras.

g) Sinterização do suporte cerâmico: foi utilizado um forno com controle de temperatura (até 1100°C). A temperatura e o tempo de sinterização são considerados como variáveis do processo. Os ciclos de aquecimento foram de 3 °C/min com permanência de 3 h a 900° ou 1100 °C. O ciclo de resfriamento foi de 4 °C/min até a temperatura ambiente.

A tabela 3 apresenta o peso verde, peso seco e peso sinterizado de cada suporte cerâmico produzido. A coluna PM1 apresenta o resultado da perda de massa entre a operação de compactação e a secagem em estufa. A coluna PM2 apresenta o resultado da perda de massa entre a secagem em estufa e a sinterização.

**Tabela 3.** *Peso verde, peso seco, peso sinterizado e cálculo da perda de massa.*

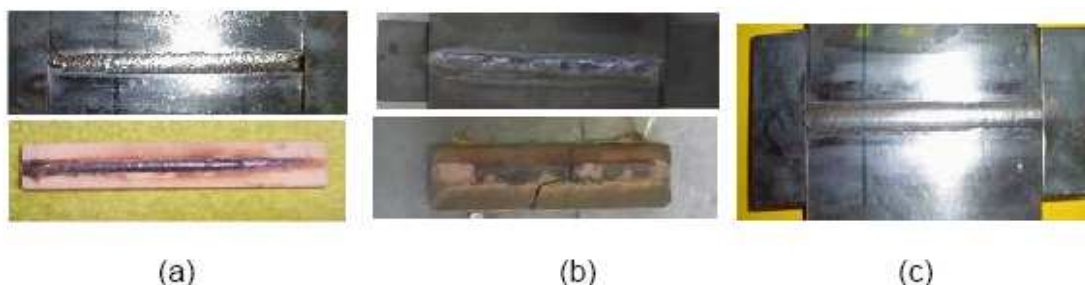
Corpo de prova	Peso verde (g)	Peso seco (g)	Peso sinterizado (g)	PM1 (%)	PM2 (%)
1	59,55	55,80	54,05	6,3	3,2
2	56,45	54,27	53,60	3,8	1,2
3	60,83	58,30	57,25	4,1	1,8
4	61,10	58,36	58,12	4,5	0,4
5	59,80	56,90	56,3		
6	60,85	58,22	57,38	4,3	1,4
7	60,13	58,83	58,00	2,2	1,4
8	60,10	58,13	57,61	3,3	0,9
9	60,30	58,77	57,96	2,5	1,4
10	61,33	60,45	59,80	1,4	1,0
11	59,28	58,83	55,15	0,8	6,2
12	60,72	56,95	53,60	6,2	5,9
13	60,25	58,90	58,53	2,2	0,6
14	60,48	58,17	55,03	3,8	5,3

Os valores de PM1 variaram de 0,8 a 6,3 %. Os altos valores obtidos são justificados devido a secagem em estufa ter como objetivo remover gradualmente a água usada na mistura úmida, de forma a não danificar os suportes cerâmicos. Já os valores de PM2 variaram de 0,6 a 6,2 %, sendo que elevados valores pode representar possíveis reações químicas ou perda de água de cristalização presentes nas matérias primas devido as elevadas temperaturas envolvidas.

Dois comportamentos foram observados: para as amostras de cordierita (1 a 4 na tabela 2) e magnesita (5 a 9 na tabela 2), observa-se que os valores de PM1 foram razoavelmente elevados, enquanto PM2 foi sempre abaixo de 1,9 %. Isto indica que toda a água contida no material foi removida durante a secagem em estufa, sendo que durante a sinterização não houve reações de decomposição significativas. Para a bauxita (10 a 13 na tabela 2) observa-se comportamento distinto. Algumas amostras com bauxita apresentaram baixo PM1, enquanto PM2 foi significativamente superior que as outras matérias primas usadas. Esta é uma indicação que pode ter havido alguma reação com a água usada no processo de fabricação do suporte cerâmico.

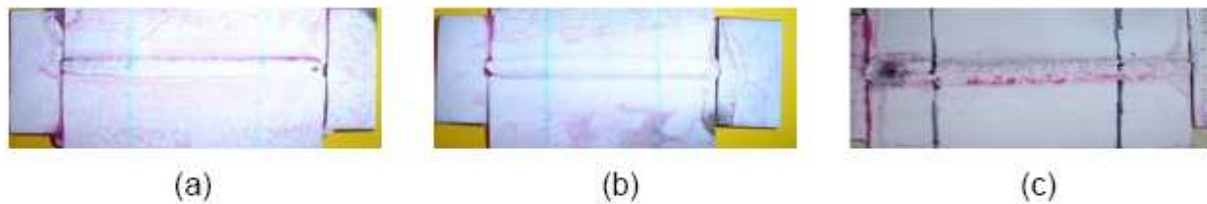
Em relação à temperatura de sinterização, os suportes cerâmicos de cordierita e bauxita sinterizados a 900 °C ficaram frágeis e fraturaram-se por si só após a sinterização. Os de magnesita apresentaram-se boa qualidade após a sinterização e por este motivo foram utilizados na soldagem. Por outro lado, todos os suportes sinterizados a 1100 °C não apresentaram fragilidade.

A figura 3 mostra o aspecto do cordão de solda e do suporte cerâmico após a soldagem. Observa-se que o suporte cerâmico de cordierita (figura 3a) permaneceu intacto, suportando as elevadas temperaturas resultantes do contato com o metal líquido. O aspecto e acabamento do cordão de solda foi considerado adequado pela inspeção visual, não tendo sido observado descontinuidades como falta de fusão, falta de penetração, inclusões, poros e mordeduras. Ainda, não foi observada adesão do material cerâmico no cordão de solda. O suporte cerâmico de bauxita não suportou a temperatura elevada do metal de solda líquido durante a soldagem, sendo observada a sua fragmentação assim como adesão de material cerâmico no cordão de solda (figura 3b). Ainda, o aspecto do cordão não foi considerado adequado pela inspeção visual. O suporte cerâmico de magnesita também não suportou a temperatura elevada do metal de solda líquido durante a soldagem, sendo observada sua total fragmentação após a soldagem, não sendo possível incluí-lo na figura 3c. Porém, não foi observada adesão de material cerâmico no cordão de solda e a inspeção visual considerou como adequado o aspecto do cordão.



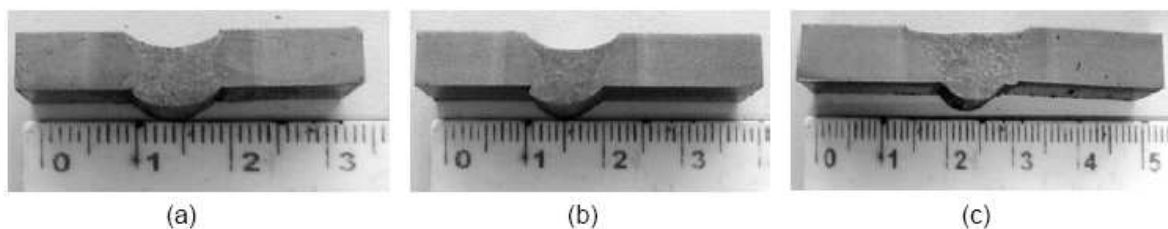
**Figura 3.** Após a soldagem, (a) formulação 1 com a Cordierita, (b) formulação 9 com a Bauxita e (c) formulação 5 com a Magnesita

A figura 4 mostra o resultado do ensaio de líquido penetrante, onde não foi observado nenhum tipo de descontinuidade superficial nos suportes de cordierita e magnesita. Já os suportes de bauxita apresentaram descontinuidades ao longo do cordão de solda, sendo consideradas como reprovadas.



**Figura 4.** Ensaio de líquido penetrante com (a) formulação 1 com Cordierita, (b) formulação 6 com Magnesita e (c) formulação 11 com Bauxita

A figura 5 apresenta macrografias da seção transversal do cordão de solda obtido com os suportes de cordierita, bauxita e magnesita. Observa-se que nos 3 casos obteve-se penetração nas laterais do chanfro e reforço de solda apropriado na raiz. Não foram observadas descontinuidades. Nota-se que na parte superior da solda, não houve enchimento suficiente da junta soldada, ou seja, de toda a espessura da chapa, pois só foi executado o passe de raiz pelo fato que o objetivo deste trabalho é avaliar o cordão de solda produzido com o uso do suporte cerâmico. No caso de uma junta soldada, haveria a necessidade de aplicar cordões de solda adicionais sobre este passe de raiz, com o objetivo de completá-la.



**Figura 5.** Macrografia da (a) formulação 2 com Cordierita, (b) formulação 4 com Magnesita e (c) formulação 11 com bauxita

A junta soldada com suporte cerâmico de cordierita foi escolhida para a realização da microscopia ótica e a determinação do perfil de microdureza Vickers, pois foi considerado o que apresentou melhor comportamento durante a soldagem.

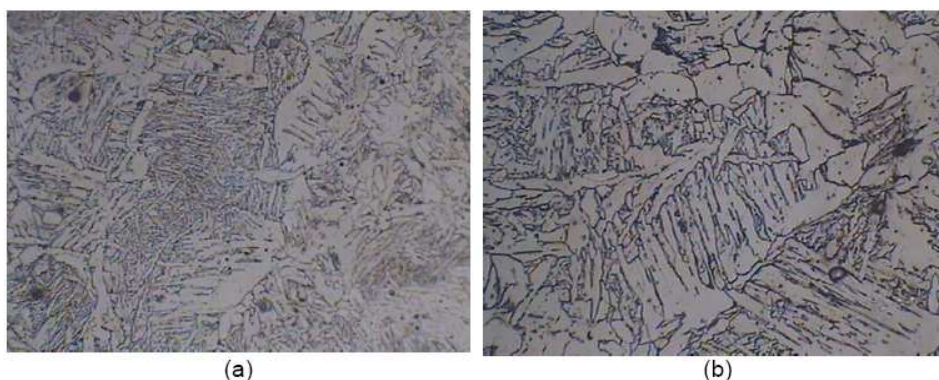
A tabela 4 mostra os resultados de microdureza Vickers para a formulação 2 (veja tabela 1). Observa-se que o metal base apresentou valores de dureza entre 134 a 153 HV, compatível com o aço A-36 utilizado neste trabalho. A ZTA apresentou valores entre 134 a 160 HV, mostrando que o ciclo térmico da soldagem não produziu um endurecimento significativo nesta região. O metal de solda apresentou valores entre 134 a 147 HV, compatível ao metal de adição produzido com o arame ER70S-6 utilizado na soldagem Mig-Mag. Os resultados de microdureza Vickers mostram a ausência de pontos duros na junta soldada com o suporte cerâmico.



**Tabela 4.** Valores da microdureza da junta soldada

Região	Pontos	Microdureza Vickers (Kgf/mm <sup>2</sup> )	Pontos	Microdureza Vickers (Kgf/mm <sup>2</sup> )	Média de Microdureza e Erro Absoluto
Metal Base	1	147	16	140	141±14
	2	140	17	134	
	3	153	18	134	
ZTA	4	134	13	160	149±27
	5	134	14	168	
	6	153	15	147	
Metal de Solda	7	147	10	149	147±2
	8	147	11	147	
	9	147	12	147	

A figura 6 apresenta a microestrutura do cordão de solda do cordão de solda feito com suporte de cordierita. Pode ser observada uma predominância de ferrita com segunda fase alinhada, ferrita poligonal e alguma ferrita acicular. Estas estruturas são típicas dos cordões de solda realizados com o processo GMAW com arame ER70S-6 e proteção por CO<sub>2</sub>.



**Figura 6.** Fotomicrografia da formulação 2. Cordão de solda com suporte de cordierita. Ataque: nital 2%. (a) aumento 200X; (b) aumento 500X.

A Tabela 5 apresenta os resultados do ensaio de flexão, com o cálculo da média e do desvio padrão para as tensões obtidas.

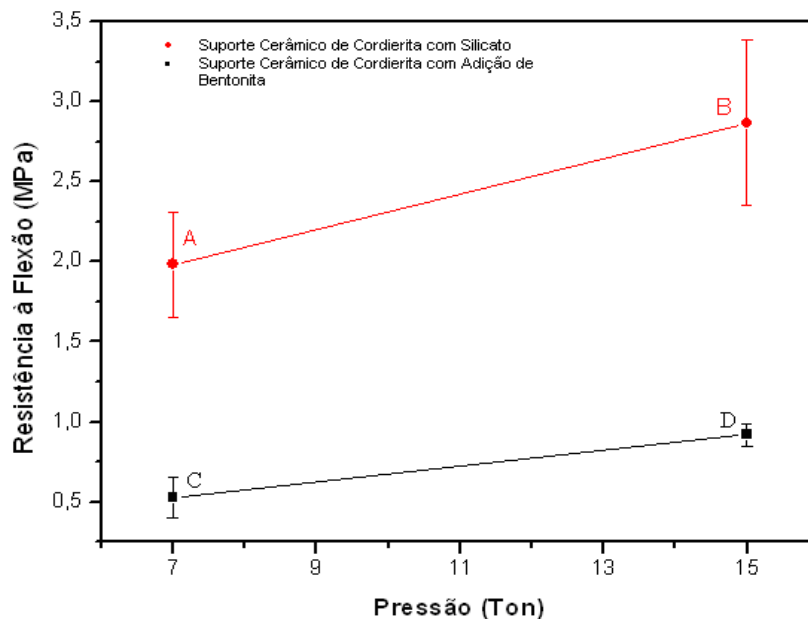
**Tabela 5 – Resultados do Ensaio de Flexão com 3 pontos**

Corpos de Prova	Força Máxima (N)	Tensão (MPa)	Média	Desvio
A1	73	2,0	2,0	0,33
A2	67	1,8		
A3	92	2,5		
A4	62	1,7		
A5	66	1,8		
B1	123	3,4	2,8	0,44
B2	117	3,2		
B3	86	2,4		
B4	90	2,5		
C1	14	2,4	0,5	0,13
C2	21	0,4		
C3	26	0,6		
C4	16	0,7		

C5	19	0,4		
D1	36	0,5		
D2	33	1,0		
D3	36	0,9		
D4	31	1,0		
D5	31	0,9	0,9	0,07

A Figura 7 apresenta o comportamento dos corpos de prova submetidos ao ensaio de flexão. Pode ser observado que os corpos de prova A e B apresentam respectivamente maior resistência à flexão. Esses corpos de prova (A e B) possuem em sua formulação uma concentração de 8 % em peso de Silicato de Sódio. O comportamento descrito pelo gráfico ocorre possivelmente pelo fato de em elevadas temperaturas (1100°C) o Silicato de Sódio fundir e com isso preencher todos os vazios existentes entre as partículas sólidas, aglomerando dessa forma por tensão superficial essas partículas e oferecendo ao suporte maior resistência mecânica. Entretanto para os corpos de prova C e D que possuem em sua formulação 5% em peso de Bentonita e somente 3% em peso de Silicato de Sódio o mecanismo de aglomeração das partículas atribuído a fusão do Silicato ocorre de maneira menos significativa acarretando em uma resistência menos acentuada.

Também pode ser observado que os corpos de prova submetidos à maior força de compactação (no caso, B e D) apresentam maior resistência à flexão, devido ao maior empacotamento da mistura. O intervalo de erro referente a cada corpo de prova diretamente proporcional ao valor da tensão máxima suportada.



**Figura 7** – Resistência à flexão dos suportes cerâmicos em função da pressão de compactação

### 3. CONCLUSÃO

No estudo realizado, verificou-se que, através do resultado do suporte cerâmico à temperatura de sinterização a 900 °C, apresentou-se muito quebradiço, não estando em boas condições para a realização da soldagem, determinando assim, a temperatura de 1100 °C para a sinterização do suporte cerâmico. Ficou determinada uma seqüência de produção dos suportes cerâmicos sendo – Pesagem

das matérias primas; Mistura seca; Mistura úmida; Peneiramento da mistura úmida; Compactação; Secagem e Sinterização. A análise feita dos suportes cerâmicos permitiu verificar que dentre as matérias primas escolhidas, a que obteve um melhor resultado foi a Cordierita. O suporte cerâmico de Cordierita com a força de compactação de 15 ton apresentou melhor resistência mecânica e suportou o metal líquido durante a soldagem, sem que ocorresse nenhum tipo de defeito, tanto no suporte quanto no cordão de solda.

#### **4. REFERÊNCIAS**

MARQUES, P. V.; MODENESI, P. J. **Introdução aos processos de Soldagem** – Belo Horizonte – MG, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, 2006. 246 p.

ZIEDAS, S.; TATINI, L. **Soldagem** -São Paulo- SP, SENAI, 1997.553 p.

PARANHOS, R. P. R., SOUZA, A. C. **Soldagem a Arco Submerso**. - Rio de Janeiro – RJ, FIRJAN/SENAI, 1999.87 p.

MARQUES, P. V.; MODENESI, P. J.; BRACARENSE, A. Q. **Soldagem - Fundamentos e Tecnologia** - Belo Horizonte – MG, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, 2005.363 p.

BRITO, J.D.; PARANHOS, R.P.R., **Como determinar os custos da soldagem**. – Campos dos Goytacazes – RJ, ParkGraf Editora, 2005.74 p.

ASTM A5.18, Specification For Carbon Steel Electrodes And Rods For Gas Shielded Arc Welding, 1998.

ASTM A5.20, Specification For Carbon Steel Electrodes For Flux Cored Arc Welding, 1998.

#### **5. AGRADECIMENTOS**

À FAPERJ e ao CNPq pelo apoio financeiro, por meio de bolsas de estudo e projetos financiados.