

**Uma contribuição ao processo de soldagem plasma de arco transferido com adição de pó (pta) para posições forçadas**

**(A contribution to the plasma transferred arc welding process (PTA) in flat, horizontal and overhead positions)**

Víctor Vergara Díaz<sup>1</sup>, Jair Carlos Dutra<sup>2</sup>, Ana Sofia Climaco D'Oliveira<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Antofagasta, Departamento de Ingeniería Mecánica, Antofagasta, Chile, vvergara@uantof.cl

<sup>2</sup> Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Mecânica, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil

<sup>3</sup> Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia Mecânica, Curitiba, Paraná, Brasil

**Resumo**

*De acordo com a literatura, o processo de soldagem Plasma de Arco Transferido que utiliza metal de adição na forma de arame é chamado de PAW (Plasma Arc Welding) e quando o processo de soldagem utiliza pó como material de adição, o processo é usualmente chamado de PTA (Plasma Transferred Arc). Neste projeto, além de produzir um equipamento de soldagem plasma, com injeção de pó (PTA), foram realizados estudos com o objetivo de contribuir à soldagem em posições forçadas. O componente do sistema, que foi integralmente projetado para este desenvolvimento específico, foi o dispositivo de alimentação de pó, que funciona com a combinação de um parafuso sem fim e de um fluxo de gás como mecanismos para carrear o pó até o arco voltaico. A tocha de soldagem foi um desenvolvimento a partir de uma tocha plasma para keyhole. A grande vantagem está no aspecto mutante da mesma, que permite, ora trabalhar com o plasma com pó e ora que com plasma convencional. Além disso, o projeto de adaptação permite a utilização de bicos constritores de plasma com diferentes ângulos de convergência para a alimentação do pó. Para este projeto foram fabricados dois modelos, um com 30 e outro com 60 graus de ângulo de convergência. Com isto abre-se uma nova perspectiva para revestimentos metálicos fora de posição plana e neste contexto se insere a recuperação por soldagem de partes erodidas por cavitação de turbinas hidráulicas. Uma análise da literatura mostrou que a grande maioria dos trabalhos realizados através do processo de Soldagem Plasma com adição de pó aborda somente a soldagem na posição plana, não apresentando procedimentos para a deposição em outras posições. Com o objetivo de conhecer o comportamento do processo fora da posição foram conduzidos alguns experimentos com corrente contínua pulsada, utilizando-se a liga Stellite 6, e comparados com os resultados obtidos na posição horizontal e plana. São avaliadas as características geométricas dos cordões, grau de diluição, dureza e microestrutura. Na posição horizontal e sobre-cabeça foram encontrados resultados inéditos, tornando-se o LABSOLDA pioneiro em revestimentos fora da posição plana neste processo de soldagem.*

**Palavras chaves:** Soldagem Plasma, Arco Transferido, Revestimentos, Stellite 6

**Abstract**

*According to the literature, Plasma Transferred Arc welding process that uses addition metal in wire condition is called PAW (Plasma Arc Welding), and when the welding process uses powder as supporting material, the process is usually called PTA (Plasma Transferred Arc). In this Project, besides of producing an equipment of plasma welding with injection of powder (PTA), studies were done with the purpose of contributing to the welding in flat, horizontal and overhead. The component of the system which was totally projected for this specific development was the mechanism of powder feeding, which works with the combination of an endless screw and a gas flow as mechanisms for carrying the powder up to the arc. The welding torch was developed starting from a Plasma torch for the keyhole. Furthermore, the adaptation project allows the use of two constrictor plasma nozzles with different convergency angles for powder feeding. For this project, two models were built, a nozzle with a 30° angle and another one with a 60 ° convergency angle. With this, a new perspective is opened for metallic coverings out of a flat position and within this context it is inserted the recovery of the welding of eroded parts due to the cavitation of hydraulic turbines. A literature analysis showed that most of the works done by means of the plasma welding process with powder addition, relates only the flat position without showing the procedures for the deposition in other positions. With the purpose of knowing the behavior of the process out of position, some experiments were done with pulsed continue current by using the*

alloy of Stellite 6 and they were compared with the results obtained in the flat and horizontal position. The geometric characteristics of the wires are evaluated, dilution degree, hardness and microstructure. In the horizontal position and overhead, the results found were unknown, making LABSOLDA the pioneer in recovering outside the flat position in this welding process.

**Key-words:** Plasma welding, Transferred arc, hardfacing, Stellite 6

## 1. Introdução

Uma análise da literatura mostrou que os trabalhos que utilizam o processo PTA abordam, somente, a soldagem na posição plana, não apresentando procedimentos para a deposição em outras posições. Ocorre que, para viabilizar a aplicação do processo PTA nas mais variadas aplicações na prática, como por exemplo, na recuperação de pás de turbinas hidráulicas que sofreram erosão por cavitação, a identificação de resultados em outras posições é uma condição fundamental.

Do ponto de vista de sua aplicação para revestimento, o processo se apresenta adequado porque produz valores de diluição da ordem de 5 a 10 % [1], muito inferior ao que se obtém com outros processos de soldagem a arco da ordem de 20 a 25 %. A baixa distorção, pequena zona afetada pelo calor e microestrutura refinada também são destaques desta técnica [2, 3].

Neste processo são utilizados três fluxos de gases [4]: Como *gás de plasma* é utilizado um gás inerte, que é forçado a passar através do orifício do bico constritor, onde o eletrodo é fixado concentricamente. O *gás de proteção*, passa por um bocal externo, concêntrico ao bico constritor, atuando, efetivamente na proteção da solda contra a contaminação pelo ar atmosférico (pode ser ativo ou inerte). O *gás de arraste ou de transporte* é utilizado para carrear o material consumível até o bico constritor permitindo a entrada em forma convergente no arco plasma. O *gás* geralmente utilizado é argônio.

Devido ao fato do eletrodo de tungstênio ficar no interior do bico constritor da tocha de soldagem, torna-se difícil a abertura do arco por contato, sendo então indispensável a utilização de um equipamento, denominado de módulo plasma, para estabelecer a abertura do arco. Usa-se um circuito que gera uma alta tensão em alta frequência, para produzir a ionização da região situada entre a ponta do eletrodo e o bico constritor. Quando isto ocorre, abre-se um pequeno arco entre o eletrodo de tungstênio e o bico constritor, denominado de arco não transferido [4]. Figura 1.

A referência [5] relata que o jato de plasma gerado pelo arco piloto, em contato com o substrato, se torna uma espécie de condutor elétrico conectando-o ao eletrodo de tungstênio. Desta forma, quando a fonte de energia é acionada, já existe um caminho preferencial de gás ionizado e condutor de eletricidade, facilitando a abertura do arco transferido entre o eletrodo e o substrato. Na Figura 1, o arco piloto e o arco transferido são mostrados esquematicamente.

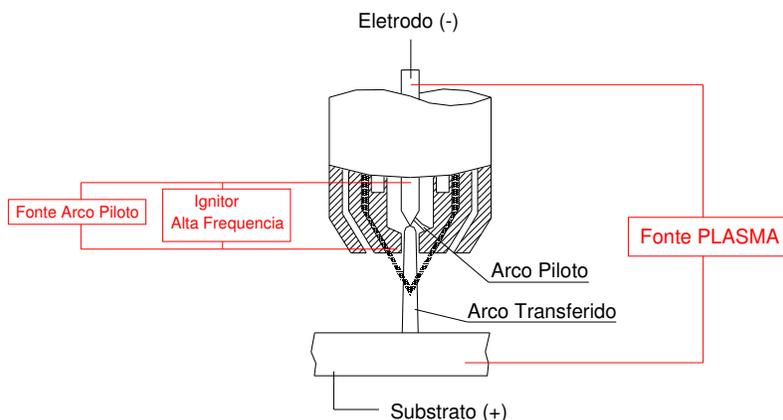


Figura 1. Representação esquemática do arco piloto e do arco transferido [6]

Na prática, os parâmetros que controlam a qualidade da solda são taxa de alimentação de pó, taxa de vazão de gás (gás de proteção, gás de plasma, gás de transporte), corrente de soldagem, distância bico-peça e velocidade de soldagem.

A configuração básica do bico constritor é mostrada na Figura 2, onde estão indicados os parâmetros empregados no processo. A distância da face externa do bico constritor até o substrato é a chamada de *distância bico-peça* (DBP).

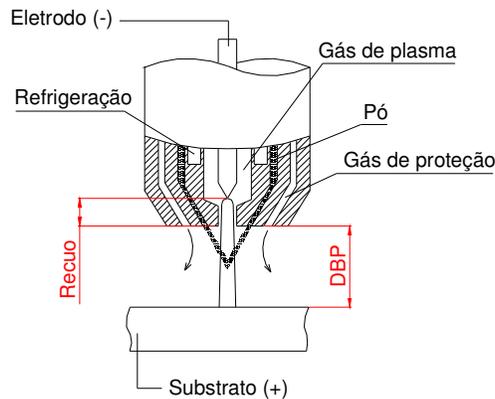


Figura 2. Distância Bico-Peça (DBP) e Recuo do Eletrodo (Rc) [6]

O *recoo* (Rc) do eletrodo é medido desde a ponta do eletrodo até a face externa do bico constritor. As alterações das características do arco são influenciadas por este fator, o qual define o grau de constrição e a rigidez do jato plasma.

A referencia [5] estudou a influência do recuo do eletrodo no processo plasma de arco transferido alimentado com arame, objetivando identificar uma possível influência do grau de constrição do arco sobre a tensão do arco. Os resultados mostraram em média uma variação da tensão em função do recuo do eletrodo de 2,4 V/mm.

#### Influência das condições de processo

**Recuo do eletrodo.** A distância do eletrodo em relação à face externa do bico constritor é chamada de recuo do eletrodo. Este parâmetro atua sobre o grau de constrição do arco, influenciando, portanto, a rigidez do arco e a penetração do cordão de solda [5].

Normalmente, os valores máximo e mínimo para ajuste de recuo do eletrodo variam conforme o modelo da tocha de soldagem. A título de exemplo, a tocha de soldagem PWM-300, fabricada pela Thernal Dynamics Corporation, possui uma faixa de ajuste para o recuo do eletrodo que varia de 0,8 a 2,4 mm.

À medida que se reduz o recuo do eletrodo, a largura do cordão aumenta e são obtidos cordões com menor profundidade de penetração. Esta variação nas características geométricas do cordão de solda se deve à redução do efeito de constrição, produzindo uma maior área de incidência do arco sobre o substrato.

**Diâmetro do orifício constritor.** O bico constritor, de cobre, onde o eletrodo fica confinado, apresenta um orifício central pelo qual o arco e todo o volume de gás de plasma passam. O diâmetro do orifício do bico constritor tem uma grande influência sobre a qualidade do revestimento devido a que está relacionado diretamente com a largura e penetração do cordão produzido. Uma vazão de gás de plasma deficiente afeta a vida do bico constritor produzindo seu desgaste. A corrente de soldagem fica mais reduzida a medida em que são utilizados menores diâmetros de orifícios constritores, devido ao aumento de temperatura do arco de soldagem.

**Distância bico-peça, DBP.** O grau de influência da distância bico-peça sobre o revestimento depende muito do recuo de eletrodo em relação ao bico constritor e do diâmetro do orifício constritor. Quanto maior é o recuo adotado para o eletrodo e menor o diâmetro do orifício constritor, maior é o efeito de constrição do arco, tornando-se mais concentrado.

Na técnica “melt-in” se utilizam pequenos valores de recuo do eletrodo, sendo o arco submetido a um pequeno grau de colimação, assumindo uma forma cônica. Nesta situação, a variação da distância bico-peça, mesmo dentro dos limites normais, resulta na alteração das características do cordão de solda, do mesmo modo que ocorre no processo TIG. Desta maneira, quanto maior é a distância bico-peça, menor a penetração e maior largura do cordão devido ao aumento da área de incidência do arco sobre o substrato.

Os autores da referencia [7] relatam que para poder obter um bom rendimento de deposição, a distância bico-peça não deve ser maior do que 10 a 15 mm. Para valores acima desta faixa, a eficácia da proteção gasosa é reduzida significativamente.

No trabalho da referencia [8] são mostrados os resultados em relação à distância bico-peça para dois níveis: 15 e 20 mm. O estudo mostra que a medida que aumenta a distância bico-peça o grau de diluição diminui.

Como pode ser observado, são muitas as variáveis que devem ser controladas no processo de Soldagem Plasma de Arco Transferido (PTA), para realizar soldas livres de descontinuidades. Outra consideração que deve ser feita é com relação à modulação da corrente de soldagem. O processo pode utilizar a corrente continua

constante ou a corrente contínua pulsada. A utilização da corrente contínua pulsada, apresenta como vantagem sobre a corrente contínua constante a possibilidade de um melhor controle da poça de fusão e, conseqüentemente, sua aplicação em todas as posições de soldagem. Pesquisas têm sido desenvolvidas com o intuito de avaliar as vantagens da aplicação de corrente contínua pulsada em relação à soldagem em corrente contínua convencional [4, 10].

Com o objetivo de conhecer o comportamento do processo fora da posição foram conduzidos alguns experimentos com corrente contínua pulsada, utilizando-se a liga comercialmente conhecida como Stellite 6, e comparados com os resultados obtidos na posição plana. São avaliadas as características geométricas dos cordões, grau de diluição, dureza e microestrutura.

## 2. Materiais e métodos

### 2.1 Bancada de ensaios

A máquina de solda utilizada foi uma fonte de soldagem multiprocesso transistorizada, dotada de interface para conexão com microcomputador. Por intermédio de um software bastante versátil, é realizada abertura do arco e controle das variáveis de soldagem. Dos três circuitos de gás, o que foi dado maior atenção foi o gás de plasma pela sua grande relevância na qualidade dos depósitos. Por isso, foi usado não simplesmente um medidor de vazão, mas sim um controlador de vazão mássica. O controle é realizado eletronicamente e o sinal de regulagem é uma tensão de referência. O gás de proteção foi simplesmente monitorados por fluxômetros eletrônicos, porém volumétricos. Para o deslocamento da tocha de soldagem foi utilizado um dispositivo eletrônico denominado de TARTÍLOPE. O componente do sistema, que foi integralmente projetado para este desenvolvimento específico, foi o dispositivo de alimentação de pó, que funciona com a combinação de um parafuso sem fim e de um fluxo de gás como mecanismos para carrear o pó. A tocha de soldagem foi um desenvolvimento a partir de uma tocha plasma para keyhole. A grande vantagem está no aspecto multiprocesso da mesma, que permite, ora trabalhar com o plasma com pó e ora que com plasma convencional. Além disso, o projeto de adaptação permite a utilização de bicos constritores de plasma com diferentes ângulos de convergência para a alimentação do pó. Para este projeto foram fabricados dois modelos, um com 30 e outro com 60 graus de ângulo de convergência. O diâmetro do orifício de constrição da tocha é de 4,8 mm. A Figura 3 apresenta uma visão geral do equipamento desenvolvido.

Neste trabalho foi utilizado argônio com pureza de 99,99 % para os gases de plasma, proteção e de transporte. Utilizou-se um eletrodo de tungstênio com 2% de óxido de tório (EWTh-2) com diâmetro de 4,8 mm. O ângulo da ponta do eletrodo foi mantido em 30° para todos os experimentos.



1-Fonte de soldagem; 2-Tocha; 3-Modulo plasma; 4-Alimentador de pó; 5-Sistema de deslocamento da tocha; 6-Medidores digitais de gases; 7-Válvula eletrônica de gás; 8-gases

Figura 3. Montagem da bancada no Laboratório de Soldagem LABSOLDA

**2.2 Bicos constritores de plasma com diferentes ângulos de convergência para a alimentação do pó.** A configuração do bico constritor desenvolvida neste trabalho inclui dois conduítes de passagem de gás de arraste, cujo objetivo é de alimentar com pó o arco plasma, em forma convergente. Os ângulos de convergência dos canais de passagem do gás de arraste e pó (Figura 4) foram escolhidos em função do critério adotado pela referencia [5], usando arame como material de adição. O autor testou dois pontos de intersecção arame/arco. O primeiro ponto, o arame é direcionado de modo a interceptar o arco a meia altura da distância bico-peça e o segundo ponto de intersecção, corresponde a um ponto da superfície da poça fundida.

A Figura 4 mostra o corte transversal dos bicos constritores. O bico constritor de 30°, permite a entrada de pó no arco plasma bem próximo da face externa do bico constritor, ou seja, a uma distância de 3,2 mm. Por outro lado, o bico constritor de 60° permite a entrada de pó diretamente na poça fundida, quando é utilizada uma distância bico-peça de 10 mm. O critério principal na avaliação do ângulo de convergência do bico constritor é a qualidade do depósito.

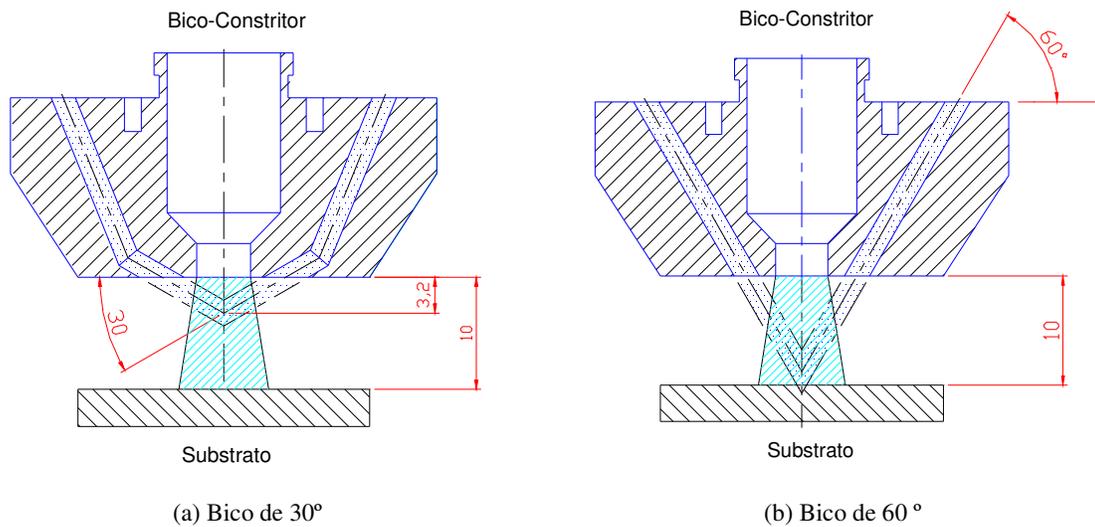


Figura 4. Corte transversal dos bicos constritores mostrando a entrada do fluxo de pó no arco plasma. a) Meia altura, b) Diretamente na poça de fusão

**2.3 Posição e sentido de deslocamento da tocha.** A Figura 5 mostra a posição e sentido de deslocamento da tocha que correspondem á posição plana, horizontal e sobre-cabeça, respectivamente. O fluxo do gás de arraste e pó estão no mesmo plano da direção de soldagem, ou seja, os dois furos que permitem a passagem do gás de arraste, estão alinhados em relação à direção de soldagem.



Figura 5. Fotos ilustrativas da posição da tocha para soldagem plana, horizontal e sobre-cabeça

## 2.4 Caracterização

Depósitos da liga Stellite 6 atomizada, Figura 6, foram processados sobre chapas de aço carbono da classe ABNT 1020, cortadas nas dimensões de 12,5x60x235 mm e esmerilhadas para remoção da camada de óxido. Utilizou-se a corrente contínua pulsada, conforme apresentado na Tabela 1. A análise química dos diferentes materiais foi realizada através da técnica de espectrometria de emissão ótica e está apresentada nas Tabelas 2 e 3.

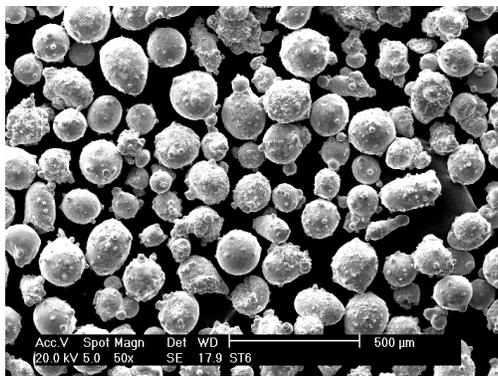


Figura 6. Morfologia do pó depositado pelo processo PTA (Stellite 6)

Tabela 1. Variáveis e parâmetros de soldagem

Variáveis		
Corrente média de soldagem	Im(A)	160
Frequência de pulsação	f(Hz)	5
Velocidade de soldagem	Vs(cm/min)	16
Gás de plasma	VGP(l/min)	2,4
Gás de proteção	GPr(l/min)	10
Gás de transporte	GTr(l/min)	2
Taxa de deposição	Tx(kg/h)	1,4
Diâmetro do bico constritor/ângulo de convergência	d(mm)/(°)	4,8/30-4,8/60
Distância bico-peça	DBP(mm)	10
Recuo	Rc(mm)	2,4

Tabela 2. Composição química substrato aço baixo carbono

<b>C</b>	<b>Si</b>	<b>Mn</b>	<b>P</b>	<b>S</b>	<b>Cr</b>	<b>Mo</b>	<b>Ni</b>	<b>Al</b>
0,11	0,22	0,74	0,021	0,008	0,027	0,024	0,011	0,06
<b>Co</b>	<b>Cu</b>	<b>Nb</b>	<b>Ti</b>	<b>V</b>	<b>W</b>	<b>Sn</b>	<b>Fe</b>	
-	0,016	-	-	0,015	0,026	0,065	98,6	

Espessura : 12,7 mm

Tabela 3. Composição química material de aporte Stellite 6 na forma de pó (BT-906)

<b>C</b>	<b>Si</b>	<b>Mn</b>	<b>Cr</b>	<b>Mo</b>	<b>Ni</b>	<b>Co</b>	<b>W</b>	<b>Fe</b>
1,32	1,30	0,028	30,01	0,24	2,45	Bal	5,21	2,05

Dureza: 38-47 Rc; Granulometria: 45 a 150µm; Densidade: 8,3 g/cm<sup>3</sup>

Inicialmente os depósitos foram submetidos a inspeção visual quanto a presença de defeitos de soldagem, o grau de diluição foi determinado pelo das áreas [4] em uma macrografia da seção transversal dos depósitos, ataque com nital 6%. Perfis de microdureza Vickers, com carga de 500 g, permitiram avaliar a uniformidade dos cordões na seção transversal, seguindo neste procedimento a norma ABNT6672/81. O levantamento dos perfis de microdureza, média de três medidas, foi feito no centro dos cordões e na região de sobreposição dos mesmos. Para avaliação da microestrutura por microscopia ótica, a preparação da seção transversal seguiu procedimentos padrão sendo a microestrutura revelada após ataque eletrolítico com ácido oxálico.

### 3.0 Resultados e discussão

#### 3.1 Desempenho do tipo de bico constritor

Antes de iniciar o estudo, foi verificado o desempenho do tipo de bico constritor. A Figura 7a e 7b mostram as diferenças do aspecto superficial dos depósitos sobre-cabeça para os dois tipos de bicos constritores projetados. Observe-se que quando é empregado o bico constritor de 30°, fica pó aderido nas laterais dos depósitos, Figura 7a, fato que não é observado no bico constritor de 60°, Figura 7b. Resultados semelhantes foram encontrados na posição plana e horizontal.

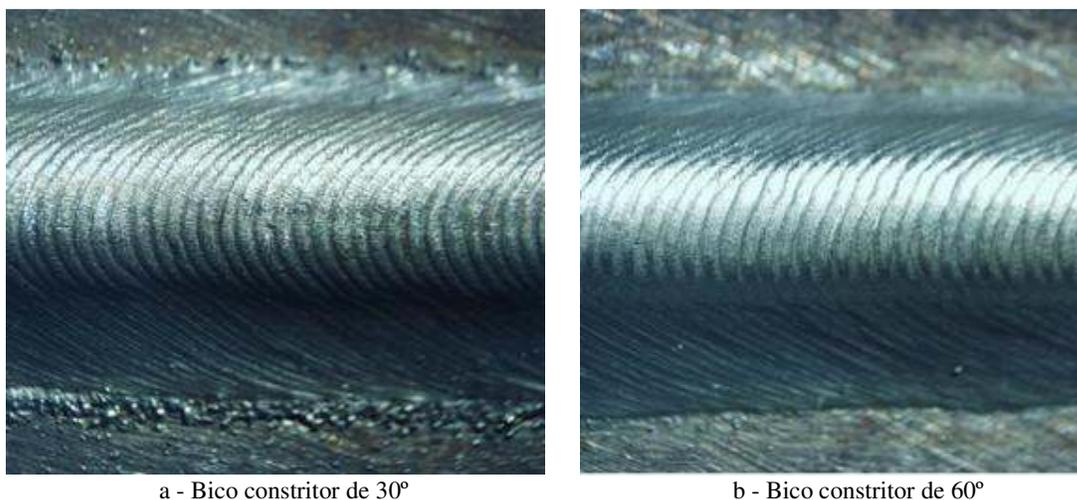


Figura 7. Aspecto superficial para (a) o bico constritor de 30° y (b) Para o bico constritor de 60°

#### 3.2 Influencia da variação na vazão de gás de arraste.

A influência da variação na vazão do gás de arraste é verificada neste trabalho, onde foi utilizada uma vazão de gás de arraste de 2, 4 e 6 l/min. A Figura 8 mostram o aspecto superficial. A Figura 9 mostra a secção transversal dos depósitos para três níveis de vazão de gás de arraste. Foi observado que para uma vazão de gás de arraste de 6 l/min, ocorreu falta de fusão em praticamente 71% do cordão, Figura 9c.

Os resultados divergem dos obtidos em estudos anteriores [9], que encontraram que, para uma mesma corrente media, o grau de diluição aumenta quando se incrementa a vazão de gás de arraste.

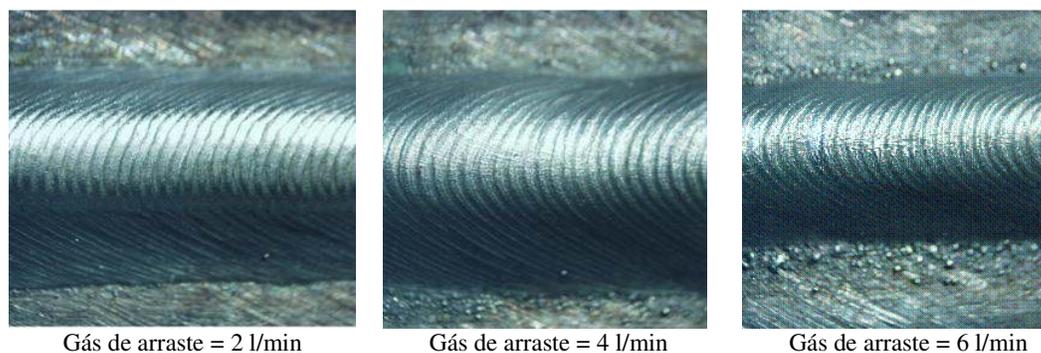


Figura 8. Aspecto superficial para três níveis de vazão de gás de arraste

Devido a estes fatos, optou-se por trabalhar com um bico de 60° e com uma vazão de gás de arraste de 2 l/min. A Figura 10 mostra o aspecto superficial dos cordões obtidos na posição plana, horizontal e sobre cabeça, respectivamente. A Figura 11 mostra a secção transversal dos cordões, aonde é possível observar, que o cordão realizado na posição plana, Figura 11a, apresenta uma diferença significativa na geometria da interface entre o revestimento e o material de base, em relação às outras posições de soldagem, Figuras 11b e 11c. Observe-se na Figura 11a, que a penetração está localizada nas laterais do cordão de solda e não na região central do perfil do cordão. É uma observação que deve ser considerada no análise dos resultados de dureza, devido a que o perfil de microdureza é realizado no centro do perfil do cordão.

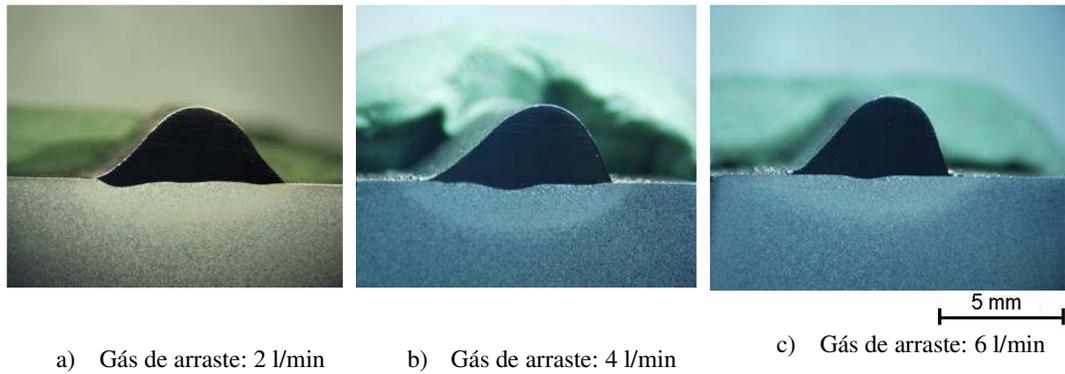


Figura 9. Secção transversal dos depósitos para três níveis de vazão de gás de arraste

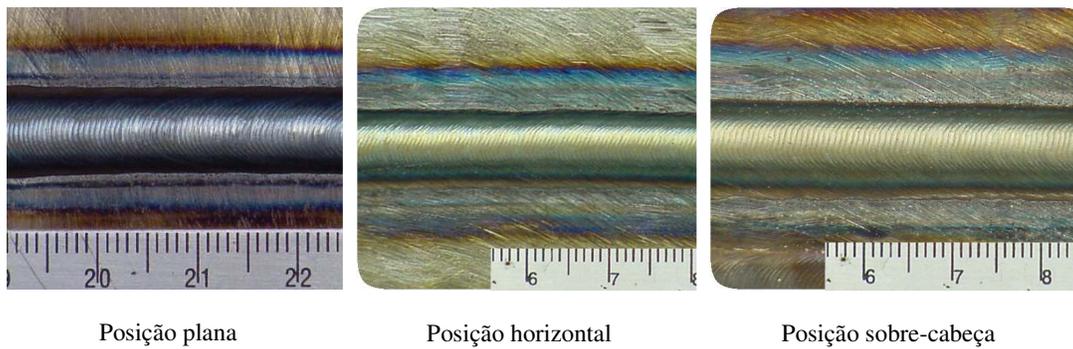


Figura 10. Aspecto superficial do cordão na posição plana, horizontal e sobre-cabeça

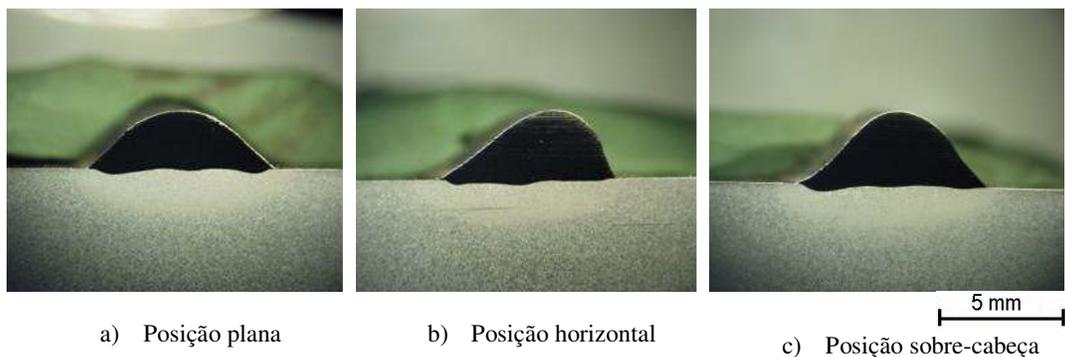
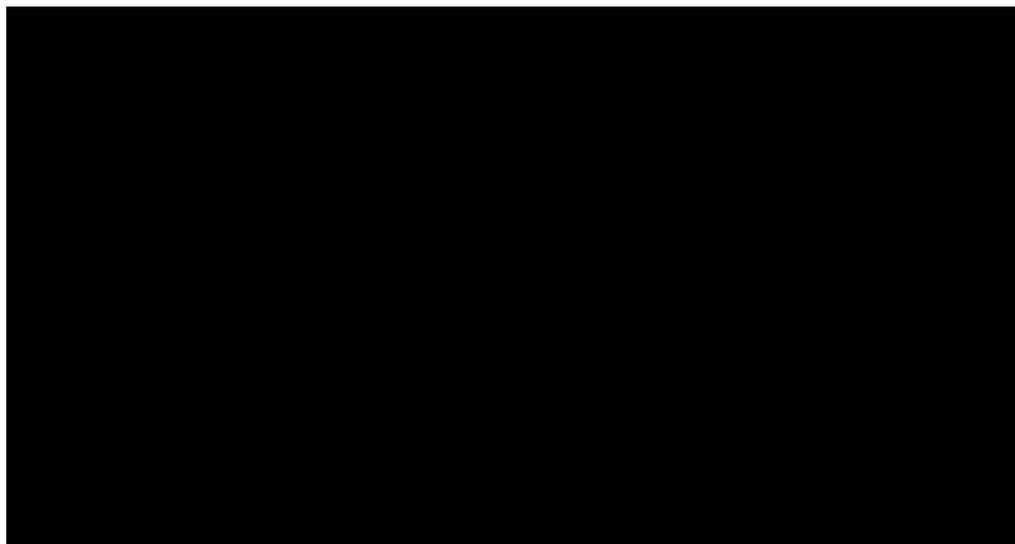


Figura 11. Perfil de penetração do cordão na posição plana, horizontal e sobre-cabeça

A Figura 12 indica o efeito da posição de soldagem sobre as condições geométricas e a Figura 13 indica o efeito da posição de soldagem sobre o grau de diluição.

O análise da Figura 12, indica que, de uma forma geral, a posição de soldagem não afeta significativamente na largura, penetração e profundidade da ZAC. Pela análise da Figura 12, percebe-se um efeito significativo no tamanho do reforço, apresentando-se os maiores valores na posição sobre cabeça e horizontal, devido a que nesta posição a poça fundida é afetada fortemente pelo efeito da gravidade. O análise da Figura 13, mostra que a posição de soldagem não afeta significativamente sobre o grau de diluição dos depósitos, concluindo que o processo se apresenta adequado porque produz valores de diluição da ordem de 5,5 a 6,4 %.



L: Largura; R: Reforço; P: Penetração; Pzac: Profundidade da ZAC

Figura 12. Parâmetros geométricos dos cordões

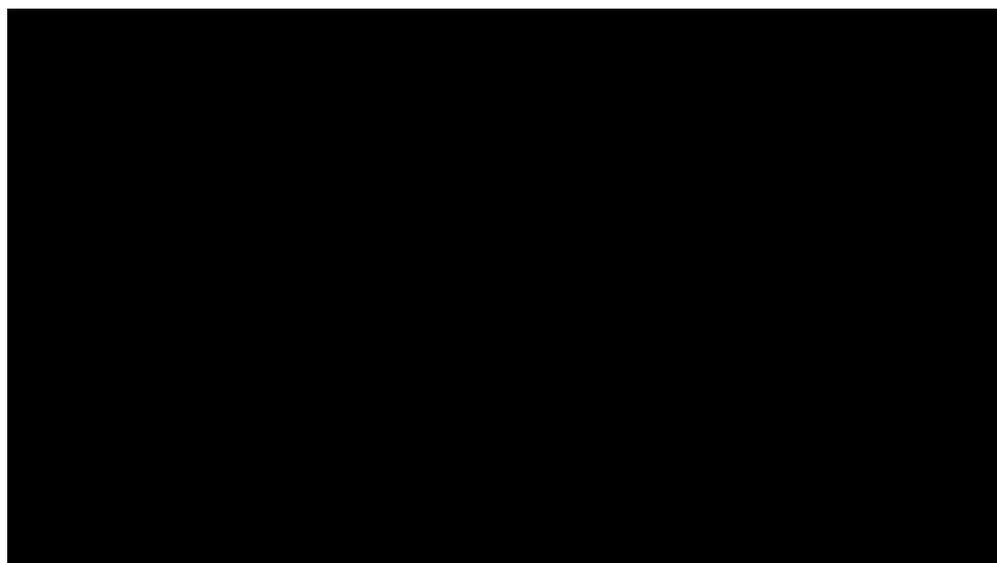


Figura 13. Efeito da posição de soldagem sobre o grau de diluição

A Figura 14 mostra o perfil de microdureza para as três posições testadas. O deslocamento entre as curvas de dureza representa o tamanho do reforço e a penetração no centro do cordão. A análise da Figura, indica que, de uma forma geral, a posição de soldagem não afeta significativamente na dureza da região fundida.

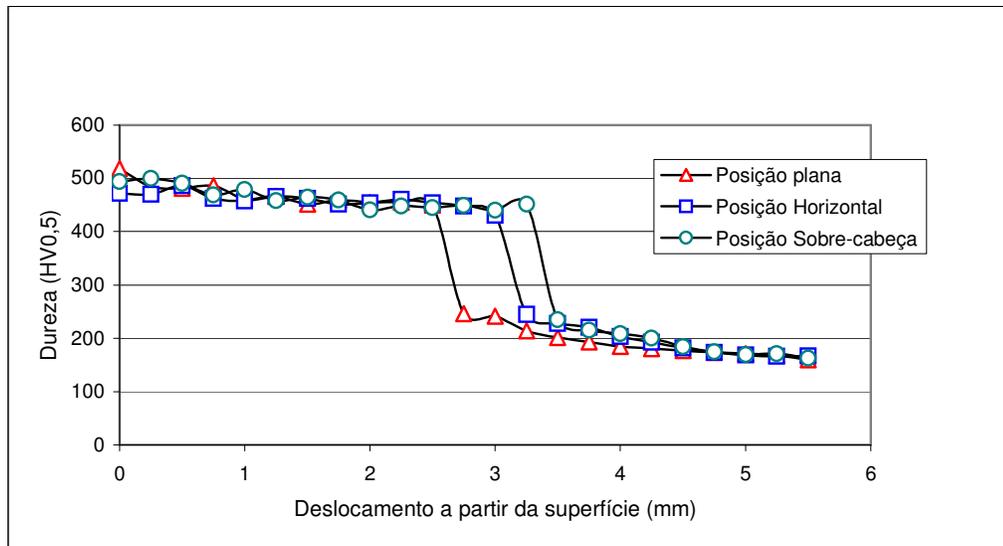


Figura 14. Dureza Vickers ao longo da secção transversal dos cordões para diferentes posições de soldagem

As Figuras 15 e 16 mostram as microestruturas típicas devido aos modos de solidificação com dendritas ricas em cobalto e uma região interdendrítica. A microestrutura consiste de uma região planar, celular e dendrítica a partir da interface em direção a superfície.

Devido a este resultado, foi realizado um revestimento sobre-cabeça. A Figura 17a mostra a secção transversal.

Finalmente o teste de líquido penetrante, realizados sobre o revestimento, mostrou que não ocorreram defeitos como porosidades e falta de penetração. A Figura 17b, mostra a superfície ensaiada.

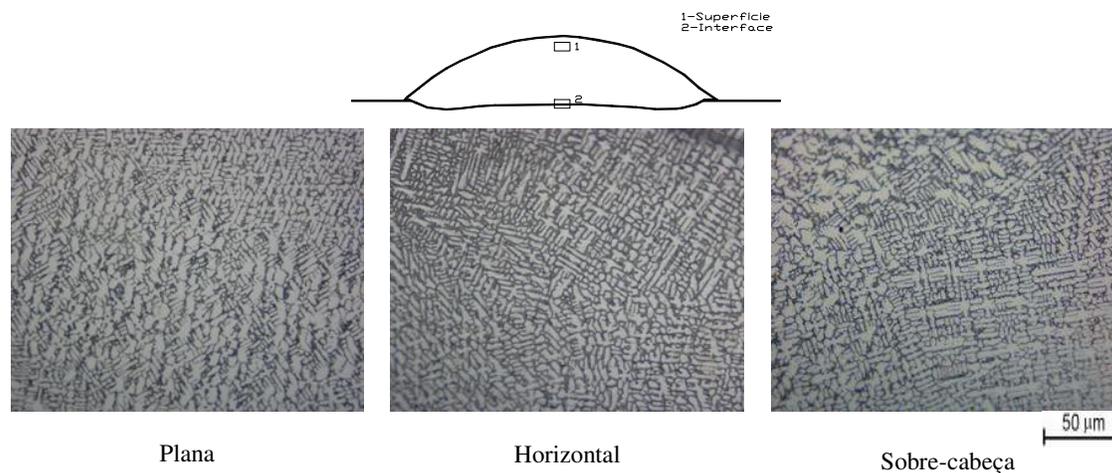


Figura 15. Micrografias das amostras de Stellite 6 junto à superfície. Posição plana/posição horizontal/posição sobre-cabeça

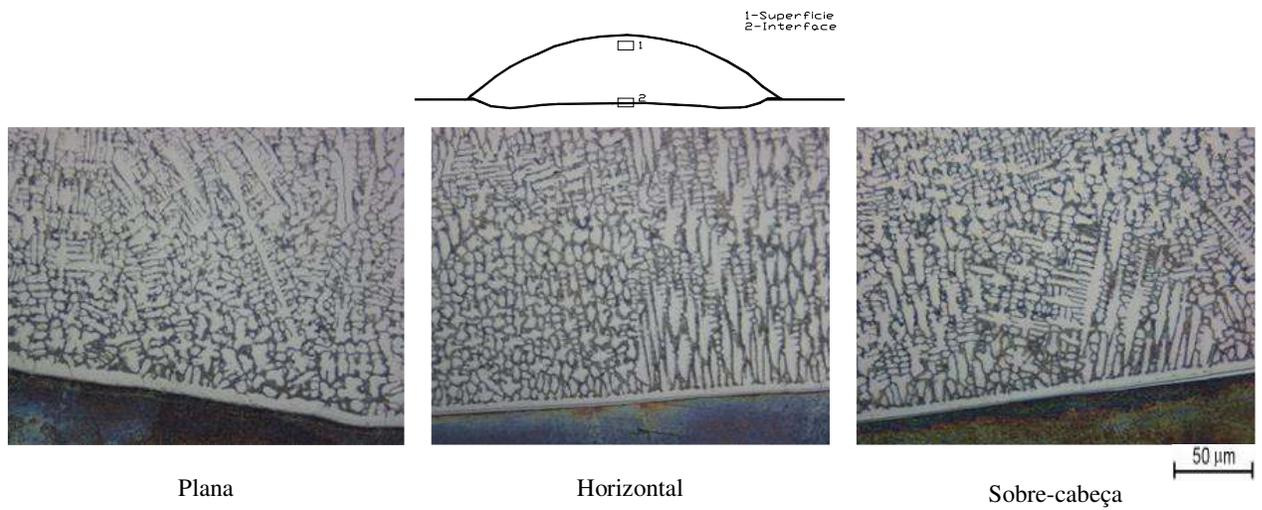


Figura 16. Micrografias da região de ligação substrato-depósito. Posição plana/posição horizontal/posição sobre-cabeça

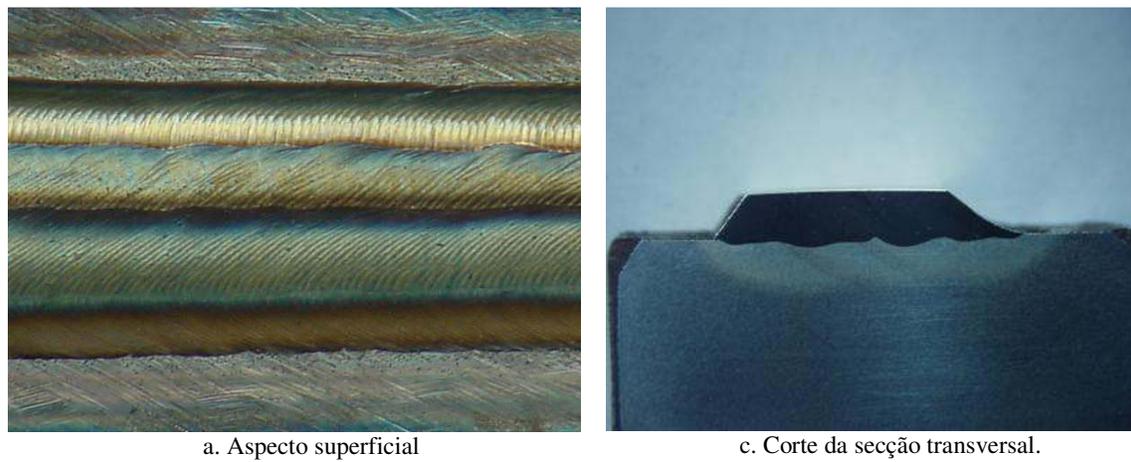


Figura 17. a) Aspecto superficial, b) Corte da secção transversal. Características do perfil de penetração e ZAC

#### 4.0 Conclusões

Os resultados experimentais apresentados, dentro das condições utilizadas, permitem concluir que:

- Para a posição horizontal e sobre-cabeça foram conseguidos resultados inéditos, se tornando o LABSOLDA pioneiro em revestimentos fora da posição plana neste processo de soldagem.
- Para níveis altos de vazão de gás de arraste (6 l/min) ocorreu falta de fusão em praticamente 71 % do cordão.
- Os revestimentos apresentaram bom aspecto superficial. O reforço dos depósitos é influenciado pela posição de soldagem.
- A posição de soldagem não afeta significativamente na largura, penetração e profundidade da ZAC.
- A posição de soldagem não apresenta um efeito significativo sobre o grau de diluição e dureza.
- O corte transversal do revestimento e ensaios com líquido penetrante permitiram observar ausência de defeitos tais como porosidade, falta de fusão e mordeduras.

## 5.0 Referências Bibliográficas

- [1] GATTO, A.; BASSOLI, E.; FORNARI, M. Plasma Transferred Arc deposition of powdered high performances alloys: process parameters optimisation as a function of alloy and geometrical configuration. Disponível em:<<http://www.sciencedirect.com>> Acesso em: Jun. 2009.
- [2] ZHANG, L. et al. Effect of niobium on the microstructure and wear resistance of iron-based alloy coating produced by plasma cladding. Disponível em:<<http://www.elsevier.com/locate/msea>> Acesso em: Nov. 2008.
- [3] LIU, Y. F. et al. Microstructure and dry-sliding wear properties of TiC-reinforced composite coating prepared by plasma-transferred arc weld-surfacing process. Disponível em:<<http://www.elsevier.com/locate/msea>> Acesso em: Nov. 2008.
- [4] D'Oliveira, A.S.C.M.; Paredes, R.S.C.; Santos, R.L.C. Pulsed current plasma transferred arc hardfacing. Disponível em:<<http://www.elsevier.com/locate/msea>> Acesso em: Nov. 2008.
- [5] M. A. Oliveira. Estudo do processo plasma com alimentação automática de arame: 2001. 78p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica)-Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, UFSC, Florianópolis.
- [6] VERGARA, V. M. Inovação do equipamento e avaliação do processo plasma de arco transferido alimentado com pó (PTAP) para soldagem fora de posição: 2005. 174p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, UFSC, Florianópolis.
- [7] DEUIS, R. L.; YELLUP, J. M.; SUBRAMANIAN, C. Metal-matrix composite coatings by PTA surfacing. Disponível em:<<http://www.sciencedirect.com>> Acesso em: Jan. 2009.
- [8] HALLEN, H.; LUGSCHEIDER, E.; AIT-MEKIDECHE, A. Plasma transferred arc surfacing with high deposition rates. In: Proceedings of conference on thermal spray coatings: properties. processes and applications, Pittsburgh, USA, 4–10 May 1991. ASM International; 1992. p. 537–9.
- [9] RAVI BHARATH, R.; RAMANATHAN, R.; SUNDARARAJAN, B.; BALA SRINIVASAN, P. Optimization of process parameters for deposition of Stellite on 45CrSi93 steel by plasma transferred arc technique. Disponível em:<<http://www.sciencedirect.com>> Acesso em: Jan. 2009.
- [10] VERGARA, V. M.; DUTRA, J. C.; D'OLIVEIRA, A.S.C.M.. Cavitation erosion resistance of deposits processed by plasma transferred arc welding. Disponível em:<[http://www.mecanica.ufu.br/revistasi/full/full\\_13\\_01\\_68.pdf](http://www.mecanica.ufu.br/revistasi/full/full_13_01_68.pdf)> Acesso em: Jan. 2009.