

EFEITO DA CARGA AXIAL NAS SOLDAS POR FRICÇÃO COM PINO CONSUMÍVEL EM AÇO¹

Guilherme Vedana Kowalski²

Mariane Chludzinski³

Fabiano Mattei⁴

Telmo Roberto Strohaecker⁵

Resumo

Os processos de união entre materiais metálicos por soldagem são indispensáveis para nossa realidade tecnológica. Como alguns processos apresentam defeitos inerentes, a pesquisa de novas técnicas é amplamente incentivada. Este é o caso da soldagem por fricção com pino consumível. Com objetivo de relacionar as propriedades metalúrgicas com níveis de carregamento, foram utilizadas diferentes cargas axiais na soldagem de um pino consumível de 8620 em material base de 1020. Para as análises foram realizados ensaios de dobramento, perfis de microdureza e análises macro visuais com ataque químico. Os principais resultados obtidos foram variações nas zonas termicamente afetadas, assim como modificações na dureza da região soldada.

Palavras-chave: Soldagem por fricção com pino consumível; Aço.

EFFECT OF AXIAL LOAD ON FRICTION HYDRO-PILLAR PROCESSING IN LOW ALLOY STEEL

Abstract

The union processes of metallic materials by welding are essential for our technological reality. As some processes have inherent defects, the research for new techniques is widely encouraged. This is the case of Friction Hydro-Pillar Processing (FHPP). The aim is to relate the metallurgical properties with loading levels in welding of hidro-pillar of SAE 8620 in base material of SAE 1020. Bending tests, microhardness profiles and visual analysis with chemical attack were performed. The main results obtained were variations in the heat affected zone as well as modifications in the hardness of the welded region.

Key words: Friction hydro-pillar processing; Alloy steel.

¹ *Contribuição técnica ao 64º Congresso Anual da ABM, 13 a 17 de julho de 2009, Belo Horizonte, MG, Brasil.*

² *Graduando em Engenharia Metalúrgica – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS – Brasil.*

³ *Doutoranda, Programa de Pós-Graduação em Eng. de Minas, Metalúrgica e de Materiais (PPGEM) - UFRGS – Brasil.*

⁴ *Mestrando, Programa de Pós-Graduação em Eng. de Minas, Metalúrgica e de Materiais (PPGEM) - UFRGS – Brasil.*

⁵ *Professor, Programa de Pós-Graduação em Eng. de Minas, Metalúrgica e de Materiais (PPGEM) - UFRGS – Brasil*

1 INTRODUÇÃO

A união de peças metálicas tem sido motivo de estudos ao longo de décadas, a busca pelo melhoramento dessa união gerou o desenvolvimento de diversos processos, dentre eles, a soldagem por fricção com pino consumível. Diferente da maioria dos processos convencionais de soldagem, que promove a fusão dos materiais envolvidos, a soldagem por fricção une as partes sem que a fusão ocorra minimizando defeitos, tais como fragilização por hidrogênio, e problemas ligados à solidificação.⁽¹⁾

A soldagem por atrito com pino consumível (Friction Hydro-Pillar Processing) desenvolvido pelo instituto internacional de soldagem (TWI) na década de 1990 é executada de tal maneira que o processo ocorre no estado sólido.⁽²⁾ Como consequência disto, as juntas soldadas a partir deste processo tem a tendência de não apresentar os problemas relacionados à solidificação.

O principal interesse neste processo é a sua aplicação como reparo de estruturas de aço, especialmente na indústria petrolífera. A soldagem é constituída de duas etapas, a primeira é a usinagem de uma área cônica ou cilíndrica da peça onde desejamos depositar o material de preenchimento. A segunda etapa consiste na deposição do material de preenchimento, que ocorre pelo processo de atrito entre o pino, que será parcialmente consumido e a base, que representa o material a ser reparado. A Figura 1 ilustra de forma esquemática o processo de deposição do material na cavidade usinada.

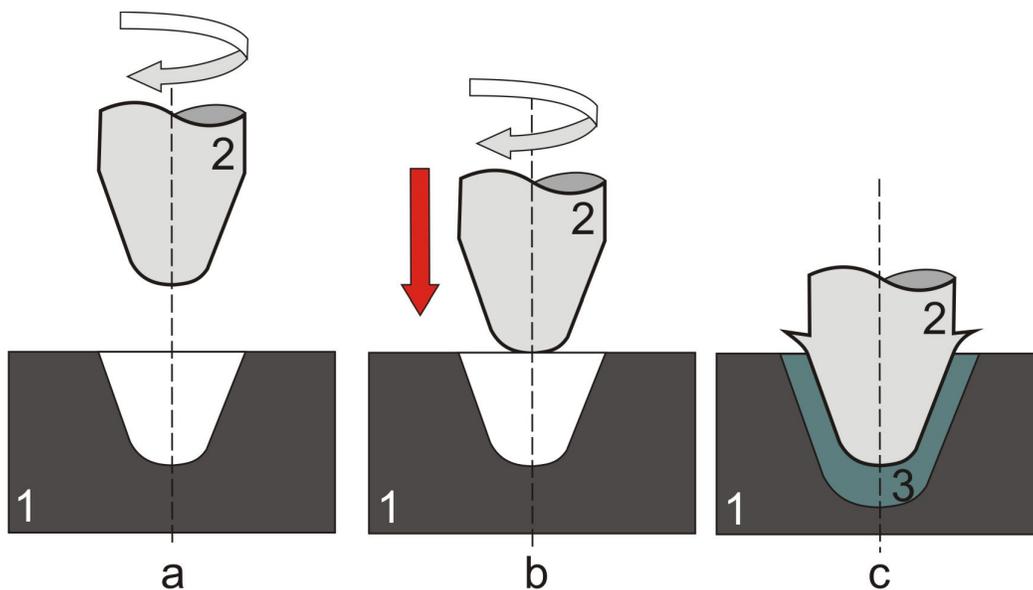


Figura 1. Soldagem por fricção de pinos consumíveis identificando (1) chapa base e (2) pino consumível e (3) junção. A seqüência de processamento: (a) Início com a aplicação de velocidade rotacional no pino. (b) Força axial no pino girando e aproximação dele à chapa base e (c) formação da união permanente e geração da zona afetada termicamente e a deformação.⁽³⁾

Publicações recentes⁽⁴⁻⁶⁾ vêm demonstrando que esse tipo de solda sofre forte influência em sua qualidade quando parâmetros de carga axial são alterados, modificando a microestrutura, a zona afetada pelo calor e conseqüentemente a qualidade da união entre as peças. O objetivo desse trabalho é encontrar dados científicos que promovam uma maior elucidação sobre a correlação entre a carga axial aplicada e melhorias na solda, obtendo dados sobre tenacidade, dureza e

evolução da zona afetada termicamente. Para isso foram realizadas análises visuais, perfis de microdureza e ensaios de dobramento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os materiais utilizados no processo de soldagem foram aço ABNT 1020 para a base e ABNT 8620 para o pino consumível. Suas composições químicas são descritas na tabela I. Os pinos foram confeccionados a partir de barras cilíndricas de aço com diâmetro de 38,1 mm (1,5 in). Para a base foram utilizadas chapas de aço com espessura também de 38,1 mm. Os parâmetros geométricos do pino e da base foram iguais em todos os ensaios (Figura 2).

Tabela 1 – Composição química dos materiais utilizados

Elemento (% em peso)	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu
ABNT1020	0,15	0,22	1,425	0,019	0,01	0,01	<0,005	0,01	<0,01
ABNT 8620	0,22	0,27	0,86	0,013	0,01	0,51	0,19	0,42	0,109

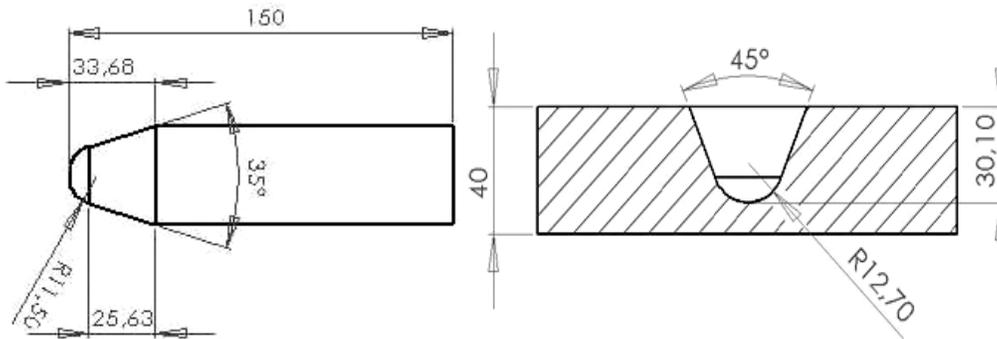


Figura 2 – Geometria do pino e da chapa de base.

Para este trabalho foi utilizada uma máquina de soldagem por atrito com potência máxima 175 kW de rotação e capacidade máxima de força axial de 1.000 kN. As soldas foram realizadas aplicando uma velocidade rotacional de 1.500 rpm, comprimento de queima (burn-off) de 3 mm e diferentes cargas axiais.

Foi aplicado recalque em todos os níveis de cargas ensaiadas, ou seja, após o término da rotação do pino, aplicou-se uma carga de forjamento e foi mantida durante 5 s. Para as soldas em que não se utilizou o recalque, a carga de soldagem foi mantida também por 5 s. A Tabela 2 mostra os dados sobre as condições de carga axial aplicada e o recalque.

Tabela 2 – Parâmetros utilizados nos ensaios

Força Axial (kN)	Força de Recalque (kN)
50	100
100	200
250	450
450	900
50	---
100	---
250	---
450	---

As amostras para realização de imagens macroscópicas e realização de perfil de microdureza foram obtidas através de cortes paralelos ao eixo de aplicação da carga axial. Após a realização destes cortes, as amostras foram submetidas à lixamento com granulometria de 150 mesh, 320 mesh, 400 mesh, 600 mesh. Depois desta etapa as amostras foram submetidas a ataque químico com Nital 3%, obtendo seção completa que representa a visualização do material do pino, da base e zona afetada pelo calor e atrito durante a soldagem.

Os perfis de microdureza foram realizados com indentador Vickers, com carga de 200 gf e distância de 0,3 mm entre as indentações. Foi efetuado um perfil horizontal, a 5 mm da face superior e outro no sentido vertical, a partir da face inferior (Figura 3).

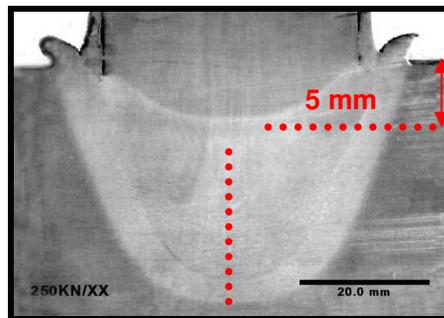


Figura 3 – Perfil de microdureza.

Para os testes de dobramento foi utilizado dispositivo acoplado a um atuador hidráulico, utilizando uma taxa de deslocamento de 10 mm/min resultando em um tempo médio de teste de 1,5 min. Os corpos de prova foram cortados na parte central da solda, no sentido paralelo ao de aplicação da carga. Esses corpos de prova foram devidamente preparados para se adequarem à geometria de acordo com a norma ASTM 190-92.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O objetivo inicial era promover uma carga de recalque sobre as diferentes cargas aplicadas para posterior comparação, porém com o decorrer dos ensaios verificou-se que na carga de 450 kN, a aplicação do recalque de 900 kN não se mostrou viável. Após o término da rotação, o consumível passava da sua normalidade de consumo, ultrapassando os limites de comprimento de queima pré-determinados, acionando o stop de segurança do equipamento. Dessa forma optou-se por tornar inconclusivos os dados resultantes da solda com essa modalidade de carga de recalque. Assim os mesmos não serão anexados ao trabalho.

As análises macroscópicas realizadas na posição central da solda (Figuras 4 e 5) não evidenciaram defeitos ou falhas no preenchimento. Observou-se que as diferentes cargas axiais aplicadas resultam em diferentes regiões afetadas termicamente.

Quando a solda foi executada com carga de 50 kN, a zona termicamente afetada (ZTA) apresentou-se com maior extensão. Mas ao aumentarmos a carga verificou-se que a ela diminui sua abrangência. Nas soldas com cargas menores, o tempo de soldagem é superior que as soldas realizadas com altas cargas, isto resulta em um maior aporte térmico aplicado aos materiais, promovendo uma maior extensão da ZTA.⁽⁶⁾

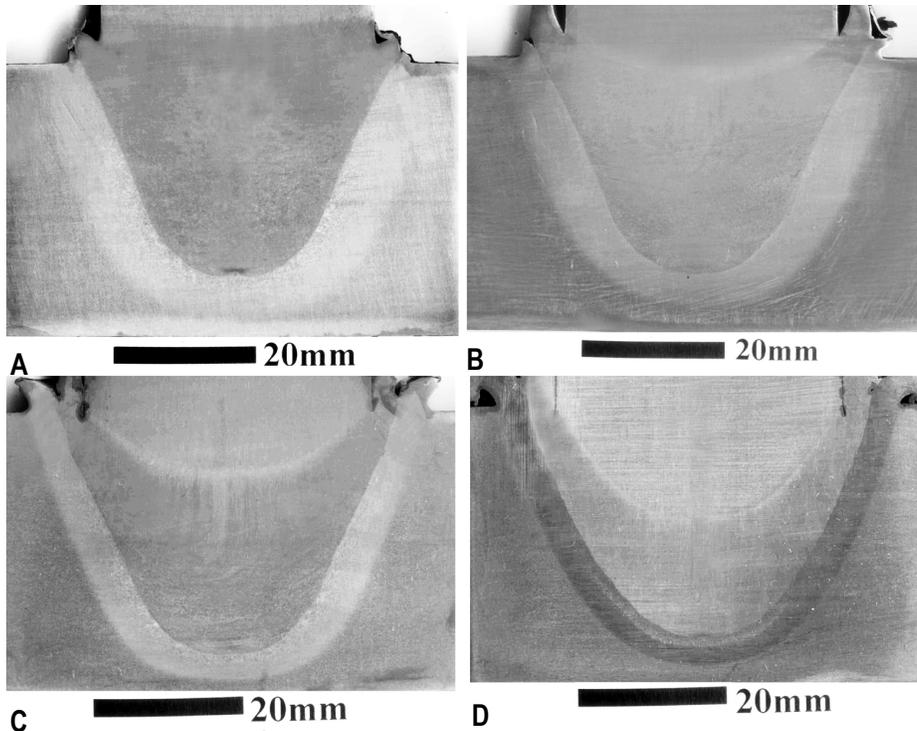


Figura 4 - Imagens macroscópicas das amostras obtidas com o processo de soldagem sem utilização da carga de recalque. Em (A) 50 kN, (B) 100 kN, (C) 250 kN e (D) 450 kN.

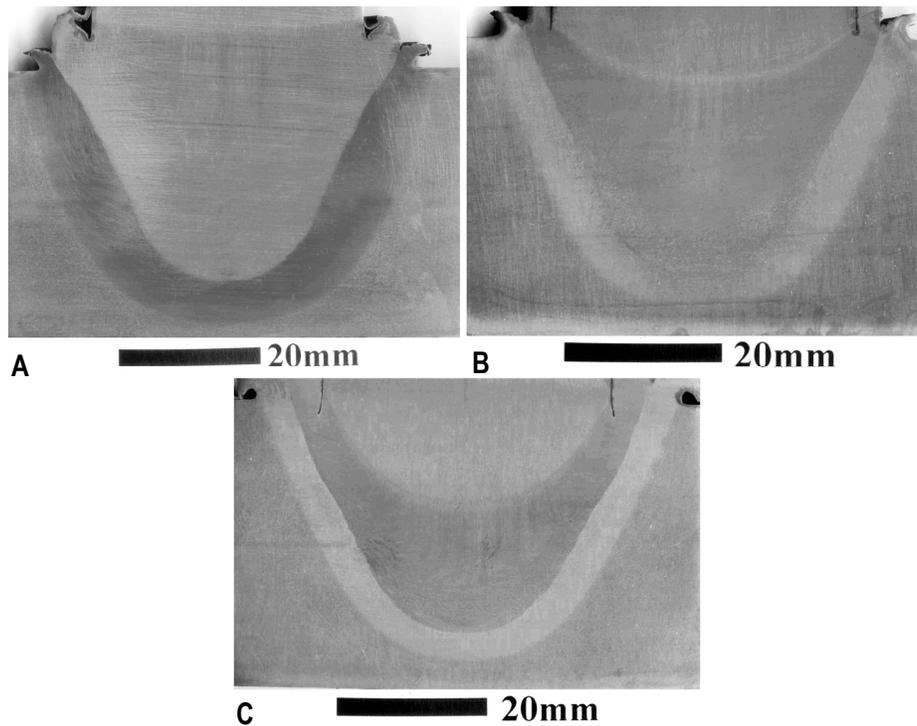


Figura 5 - Imagens macroscópicas das amostras obtidas com o processo de soldagem com utilização da carga de recalque. Em (A) 50 kN, (B) 100 kN e (C) 250 kN.

Os perfis de microdureza mostraram uma elevação nos valores de dureza entre a região do pino e o material da base, como pode ser observado nas Figuras 6 e 7. O acréscimo da carga axial aplicada resultou em uma elevação dos

níveis de dureza observados, o perfil da carga de 450 kN foi o que demonstrou os maiores valores.

O recalque de 200 kN aplicado nos testes de carga de 100 kN também promoveu uma elevação na dureza, mas o recalque de 100 kN aplicado na carga de 50 kN não ocorreu de maneira tão pronunciada. Já quando o recalque de 450 kN foi aplicado na carga de 250 kN não foi observado mudanças significativas nos valores de dureza.

As elevações nos valores de dureza estão relacionadas às alterações microestruturais resultantes do trabalho termomecânico ao quais os materiais do pino e da base foram submetidos durante o processo de soldagem.⁽⁷⁾

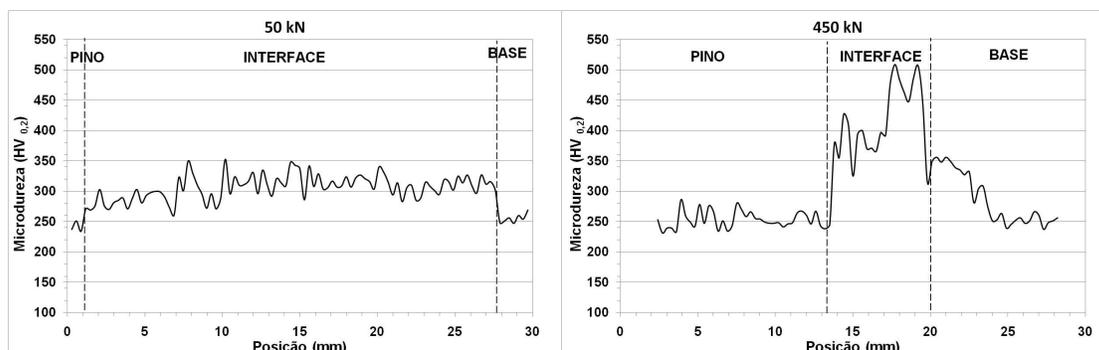


Figura 6 - Perfil horizontal das soldas com carga de 50 e 450 kN, sem recalque.

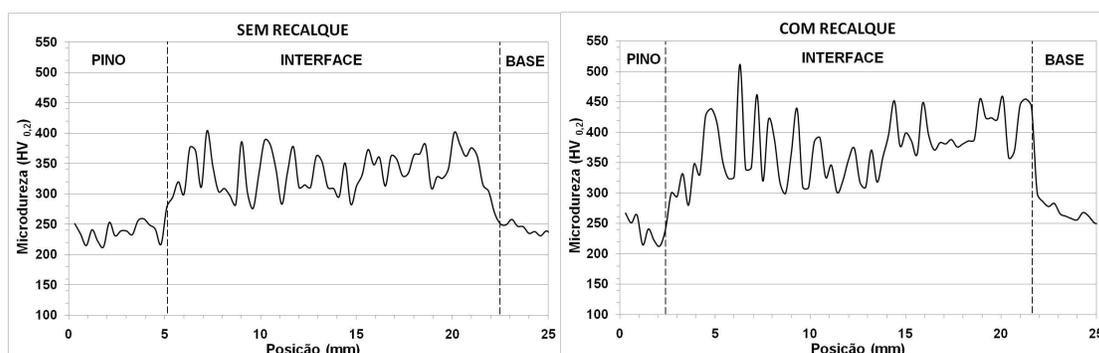


Figura 7 - Perfil horizontal das soldas com carga de 100 kN, com e sem recalque.

Os testes de dobramento resultaram em duas modalidades de ruptura, uma na região do centro da solda e outra na região de preenchimento da cavidade (Figura 8). Os corpos de prova que tiveram a nucleação e propagação da trinca na parte central da solda apresentaram uma maior tenacidade visualizada pelo ângulo interno de dobramento. A segunda localidade de trinca ocorreu na interface superior entre as regiões mecanicamente transformadas do material do pino e o material da base.

De todas as condições soldadas, as realizadas com carga de 250 kN foram as que apresentaram maiores ângulos de dobramento. Das amostras que romperam na interface, a maioria foi soldada sem o recalque, o que indica o possível efeito benéfico do mesmo nas propriedades das juntas soldadas.

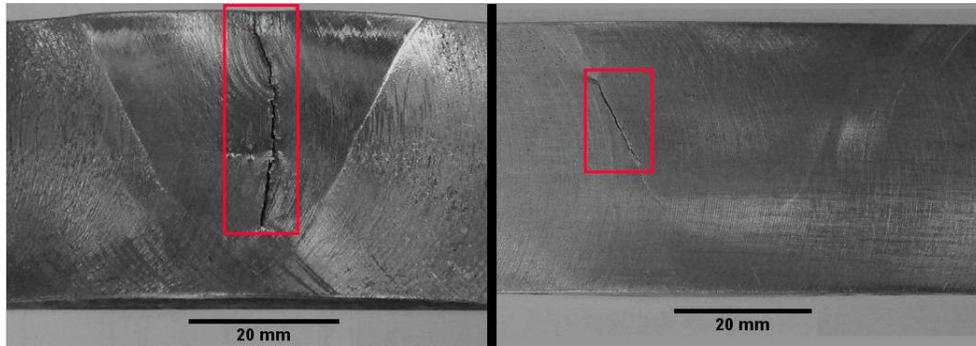


Figura 8 - Imagens macroscópicas dos modelos de trinca que apareceram nos testes de dobramento.

Serão necessários para uma melhor elucidação sobre o processo de soldagem por atrito com pino consumível outros estudos referentes a parâmetros utilizados como: comprimento de queima (burn-off), rotação e geometrias.

4 CONCLUSÃO

Com base nos resultados apresentados concluiu-se que:

- Com a variação de carregamento testada, e parâmetros utilizados não foi observado nenhum tipo de defeito relativo à falta de preenchimento de material com a geometria de pino e da base selecionada;
- o aumento da carga axial de soldagem aplicada determinou a diminuição do tamanho da ZTA e o aumento de dureza; e
- nos ensaios de dobramento a carga de 250 kN mostrou os melhores resultados, pois apresentaram uma menor variância e maiores ângulos referentes aos testes de dobramento.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao apoio financeiro proporcionado pelo CNPq e FINEP.

REFERENCIAS

- 1 ANDREWS, R. E. MITCHELL, J. S. Underwater Repair by Friction Stitch Welding. Metals and Materials. Vol. 6, No. 12, pp. 796-797. Dec. 1990.
- 2 THOMAS, W. M., TEMPLE-SMITH, P. The Welding Institute. UK Patent Application GB 2306365A. Friction Plug Extrusion. 07 may 1997.
- 3 UNFRIED, J., HERMENEGILDO, T. F., RAMIREZ, A. J. ,PAES, M.T.P, POPE,A.,Influência dos parâmetros de processo na zona termo-mecanicamente afetada (ZTMA) na soldagem por atrito com pino consumível em aços C-Mn. Relatório Interno LMLS – Petrobras No. 3. Campinas, SP, 2008.
- 4 PIRES, R.R. Efeito da geometria da força axial e da rotação no reparo por atrito. 2007. 131. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.
- 5 MEYER, A. Friction Hydro-Pillar Processing. 2002. 123 S. Dissertation – Technischen Universität Braunschweig.
- 6 MEYER, A. Friction hydro pillar processing. Bonding Mechanism and Properties - GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH - Geesthacht – 2003.
- 7 JARDIN, M.P.,GONÇALVES, R.A.,PAES, M.T.P.,PIRES, R.R., FRANCO, V.L.D.S, FRANCO, S.D., Efeito da geometria do pino e do furo no reparo por atrito - Resultados Preliminares. Tecnologia em Metalurgia e Materiais São Paulo, v4 , n2, p. 27-32, outubro 2007