

## DESENVOLVIMENTO DE UMA INFRA-ESTRUTURA PARA A APLICAÇÃO DE REVESTIMENTOS POR ATRITO

**Bruno Marega Borges**

Universidade Federal de Uberlândia – Av. João Naves de Ávila, 2160 - Campus Santa Mônica - Bloco 1M  
[bmarega@mecanica.ufu.br](mailto:bmarega@mecanica.ufu.br)

**Vera Lúcia D. S. Franco**

[vlfranco@ufu.br](mailto:vlfranco@ufu.br)

**Sinésio Domingues Franco**

[ltm-sdfranco@ufu.br](mailto:ltm-sdfranco@ufu.br)

***Resumo:** As indústrias de exploração de petróleo têm enfrentado algumas dificuldades na realização de reparos em diversas estruturas. Isso se dá devido à inacessibilidade do local, o perigo causado pelo manuseio de petróleo e a dificuldade em se realizar esses reparos com qualidade em águas profundas. Tais fatos fazem com que a técnica de reparo por atrito ganhe um destaque cada vez maior. Entre as vantagens desse processo listam-se a excelente união metalúrgica e a inexistência de faíscas, o que é de extrema importância por reduzir o perigo de uma explosão causada pelo contato das centelhas com o petróleo. Diversos processos de reparo por atrito estão em estudo hoje em dia, dentre eles destaca-se o revestimento por atrito e o processo chamado de costura por atrito. Tais processos apresentam em comum a necessidade de um movimento relativo implementado por uma plataforma de deslocamento horizontal. Com a inserção desse equipamento nos processos de reparo por atrito surge a necessidade do controle através de um software que viabilize o monitoramento, e configuração de um conjunto servoconversor/mesa-x via computador.*

***Palavras-chave:** Plataforma de deslocamento horizontal, reparos por atrito, automação, LabVIEW®.*

### 1. INTRODUÇÃO

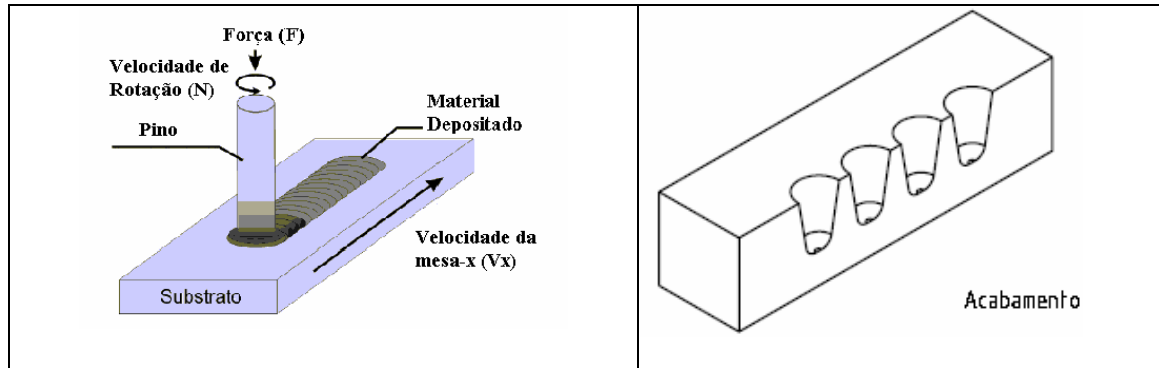
Um dos processos de soldagem conhecido como “Friction Hydro Pillar Processing” (FHPP) foi desenvolvido por Andrews (1990) o qual consiste em fazer um furo cilíndrico ou cônico em uma região contendo trincas e, posteriormente, preenchê-lo com um pino também cilíndrico ou cônico, o qual é submetido a rotações de até 8000 rpm e forças axiais de até 50 kN. Devido ao atrito entre o pino e a superfície do furo, há um aumento da temperatura das superfícies de contato, o que leva a uma redução do limite de escoamento do material, favorecendo desta forma, o seu fluxo plástico de acordo com Meyer (2002). Deste processo derivam-se o revestimento por atrito (“Friction Surfacing”) e o reparo por costura (“Stitch Welding”), os quais apresentam os mesmos benefícios que o “FHPP” – processamento no estado sólido, microestrutura homogênea e refinada e excelente união metalúrgica (Vitanov et al., 2000 e 2001).

No revestimento por atrito, mostrado na Figura 1a novamente tem-se a rotação do pino e a força axial. Todavia, quando o material entra em fluxo plástico ele não preencherá um furo. Nesta fase, implementa-se um movimento relativo do substrato (deslocamento horizontal), obtendo-se, assim, a deposição do material do pino sobre uma chapa ou substrato. Através dessa técnica, “Friction Surfacing”, pode-se então aplicar diferentes tipos de materiais sobre substratos, resultando em incrementos na resistência à corrosão e/ou desgaste.

O reparo por costura, disposto na Figura 1b, trata-se da realização consecutiva de preenchimentos por atrito mantendo as mesmas características do mesmo.

Como os processos citados são realizados de forma direta ou indireta, por meio de deslocamentos horizontais, justificou-se a introdução de uma plataforma de deslocamento axial (mesa-x), visando à otimização dos reparos.

Dada a importância do revestimento por atrito para o reparo de componentes na indústria de exploração de petróleo, cortantes diversos, reparo e construção de peças de turbinas a gás, dentre outros, e considerando a infra-estrutura disponível, pretende-se neste trabalho desenvolver um programa que permita o controle de uma plataforma, tornando possível a realização de diversos reparos por atrito. Esse programa deverá permitir a entrada e controle de variáveis, tais como comprimento do revestimento e velocidade relativa de deslocamento.



a) Processo de revestimento por atrito      b) Amostra de reparo por costura.

Figura 1. Processos de reparo por atrito.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Atualmente, o conjunto denominado servoconversor/mesa-x é constituído pelos seguintes itens: um servoconversor, mostrado na Figura 2, que é conectado diretamente ao PC através da porta serial; um servomotor também está conectado ao servoconversor por cabos próprios; e uma mesa-x disposta na Figura 3.



Figura 2. Servoconversor SCA – 04

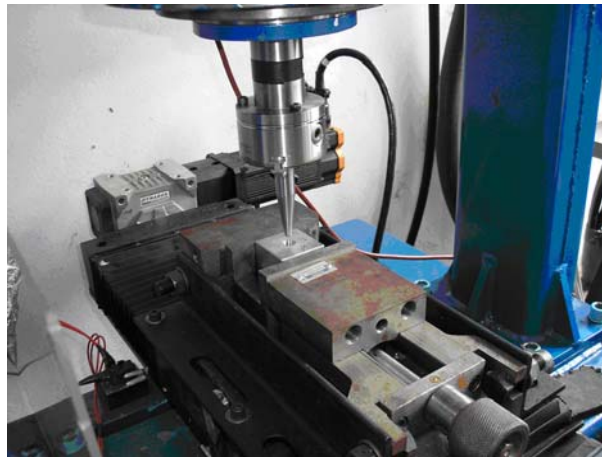


Figura 3. Mesa de deslocamento axial.

Para segurança do equipamento foram instaladas duas micro-switch para interromper a alimentação do servoconversor caso a plataforma ultrapasse seu fim de curso estabelecido.

Na realização da fixação dos corpos de prova na plataforma para ensaios de revestimento por atrito, utilizou-se uma morsa, montada sobre a mesa-x como na Figura 3, com a função de dar mais segurança na fixação dois lados do substrato a ser recoberto com material do pino.

Para posicionamento da plataforma é utilizado um sensor magnético de fim de curso indicado na Figura 4, o qual é acoplado na extremidade da plataforma, alimentado por uma fonte interna do servoconversor, e conectado na entrada digital do mesmo.

Este sensor funciona como uma chave, que em seu estado normal está aberta. Esta chave se fecha quando é detectada a presença de campo magnético agindo nas proximidades do sensor (cerca de 20 mm), retornando como saída o valor da tensão nominal de alimentação ( $U = 24V$ ).

Foi implementado no sistema um joystick para ajustar o posicionamento de forma manual, permitindo um controle direto pelo operador da plataforma e facilitando a centralização do corpo de prova. Na concepção da fonte do joystick utilizou-se o programa EAGLE Layout Editor 4.11® para a construção do circuito impresso.



Figura 4. Sensor magnético de fim de curso.

### 3. DESENVOLVIMENTO

Visando a automação do processo, desenvolveu-se um programa de controle através do software LabVIEW®, versão 8.0. A comunicação entre computador e servoconversor se dá através da porta serial, por meio do protocolo de comunicação RS-232, a uma taxa de transmissão de 9600 bps de acordo com Zelenovsky, R e Mendonça, A. (1999). Para ativar a comunicação de dados é necessária a configuração do parâmetro P048 (seleciona o protocolo de comunicação serial) do servoconversor em 0002 (8 bits sem paridade).

Toda a troca de dados entre servoconversor e computador é estabelecida por um padrão de telegramas de escrita e leitura definidos em um manual de comunicação serial fornecido juntamente com equipamento.

Para o início da fase de programação foi necessário conhecer o modo de funcionamento do servoconversor. Depois disso, verificou-se que ele trabalha de acordo com parâmetros pré-determinados, o que restringe uma lógica de programação, mas que também permite o controle de inúmeras variáveis, tais como torque, rampa de aceleração, deslocamento angular, entre outras.

Basicamente, o processo se restringe a duas etapas: posicionamento e realização de ensaio. Visando isso, o programa foi desenvolvido de acordo com a linha lógica definida para a automação do sistema.

### **3.1. Parametrização do Retorno da plataforma**

Para iniciar a configuração da mesa bem como alterar qualquer valor anteriormente estabelecido é necessário entrar com uma senha, definida no parâmetro P006, e também fazer a habilitação em P007 para o manuseio das variáveis de controle.

Para terminar o deslocamento da plataforma, é necessário habilitar a entrada digital para que o sensor de fim de curso possa atuar prontamente quando o campo magnético provocado por um ímã fixado à plataforma for detectado. Essa habilitação se dá pelo parâmetro P032.

Quando esse parâmetro está ativado, o servoconversor começa uma rotina de verificação independente, ou seja, a mesa-x percorre seu trajeto de posicionamento até que seja detectado algum sinal de tensão por parte do sensor. Caso isso aconteça, automaticamente é ativada a função “STOP”, pelo parâmetro P008, impedindo que a mesa desloque em qualquer circunstância. A utilização desse sensor é necessária para a obtenção de uma referência para os deslocamentos a serem realizados e garantir que a mesa não ultrapasse os limites da base.

Feitas as configurações iniciais para o funcionamento correto do sistema é possível alterar os próximos parâmetros necessários, começando pelo parâmetro P027, que estabelece o sentido de giro do motor, e conseqüentemente o sentido de deslocamento linear da mesa. Logo após, altera-se a velocidade de deslocamento para o posicionamento, determinada pelo parâmetro P015 e que está diretamente relacionada com o valor de entrada padrão definido pelo programador para o deslocamento inicial da plataforma.

Terminada a parametrização inicial da mesa-x, sendo que é importante ressaltar que as etapas descritas acima são feitas com o sistema parado, é necessário determinar o modo de operação do conjunto, sendo que o servoconversor oferece três modos diferentes: modo torque, modo velocidade e modo posicionamento.

Cada modo de operação nos oferece suas vantagens, sendo que neste caso, como se deseja apenas retornar a mesa à posição inicial, sem nenhuma carga axial aplicada, utiliza-se o modo velocidade. Nesta etapa, a mesa se desloca com velocidade constante rumo à porção inicial do seu curso. Isto acontece até que um ímã instalado na mesa aproxima-se do sensor instalado na base.

Quando a mesa começa o retorno à sua porção inicial, o programa entra em uma rotina de monitoramento para o reconhecimento que o ímã fixo na mesa foi detectado. Quando adquirido o sinal pelo sensor, a função “STOP” é acionada e o servoconversor automaticamente é travado, pois a mesa encontra-se na posição desejada.

### **3.2. Parametrização para realização de ensaios**

Após o reconhecimento do sensor, o equipamento cessa o movimento. A partir daí muda-se o modo de operação para o modo posicionamento. Deseja-se trabalhar nesse modo porque ele permite determinar a quantidade de voltas que o servomotor executará. Com isso tem-se a relação entre deslocamento angular (servomotor) e deslocamento linear (mesa) mostrando a sua real posição. Assim, pode-se atribuir de forma precisa o tamanho do recobrimento desejado, de modo que não haja desperdícios nem prejuízos.

Após a mudança do modo de operação, o servomotor continuará parado, e então se desabilita o parâmetro P032, pois como o ímã está próximo do sensor, não importa o que se faça, o motor não entrará em funcionamento com a entrada digital habilitada. Em seguida, muda-se a leitura do

parâmetro P008 para 0, ou seja, retiramos a função “STOP”. Então, inverte-se o sentido de giro para a realização do ensaio.

Com o parâmetro P019 configura-se o número de voltas necessário, de acordo com o tamanho de revestimento desejado (valor informado pelo usuário). Porém, existe um redutor acoplado à mesa-x com um fator de redução de 6 (seis), que deve ser considerado. Por isso, é necessário que seja informada uma velocidade ao servoconversor seis vezes maior do que a velocidade real de operação. Assim, de acordo com a velocidade estipulada pelo usuário (1 a 1000 mm/min), configura-se a velocidade de rotação do servomotor, e conseqüentemente a da mesa.

A utilização do parâmetro P009 “(STOP PLUS)” faz com que o motor movimente-se de acordo com o comprimento de recobrimento desejado, utilizado como referência. Essa função é acionada na transição de “OFF” para “ON”. Assim, a rotina de desativá-la primeiramente deve acontecer para que o deslocamento ocorra. Após a ativação dessa função, o servomotor executará as voltas que permitirão a velocidade desejada, e logo após irá parar e travar o eixo.

O programa para revestimento por atrito apresenta atualmente as opções de “Realizar revestimento”, “Reparo por Costura e Preenchimento”, “Retornar mesa”, “Joystick” e “Apenas Deslocamento”. As variáveis de entrada são: Velocidade (mm/min); Comprimento do corpo de prova (mm) e Deslocamento (mm). Para o controle do joystick tem-se botões para habilitação, desligamento, confirmação e sentido de deslocamento. Além das variáveis de entrada e o controle, também estão inseridos na interface alguns indicadores, tais como a previsão do tempo de ensaio, o tempo parcial e o deslocamento parcial decorridos. A interface do programa é apresentada na Figura 5 a seguir.

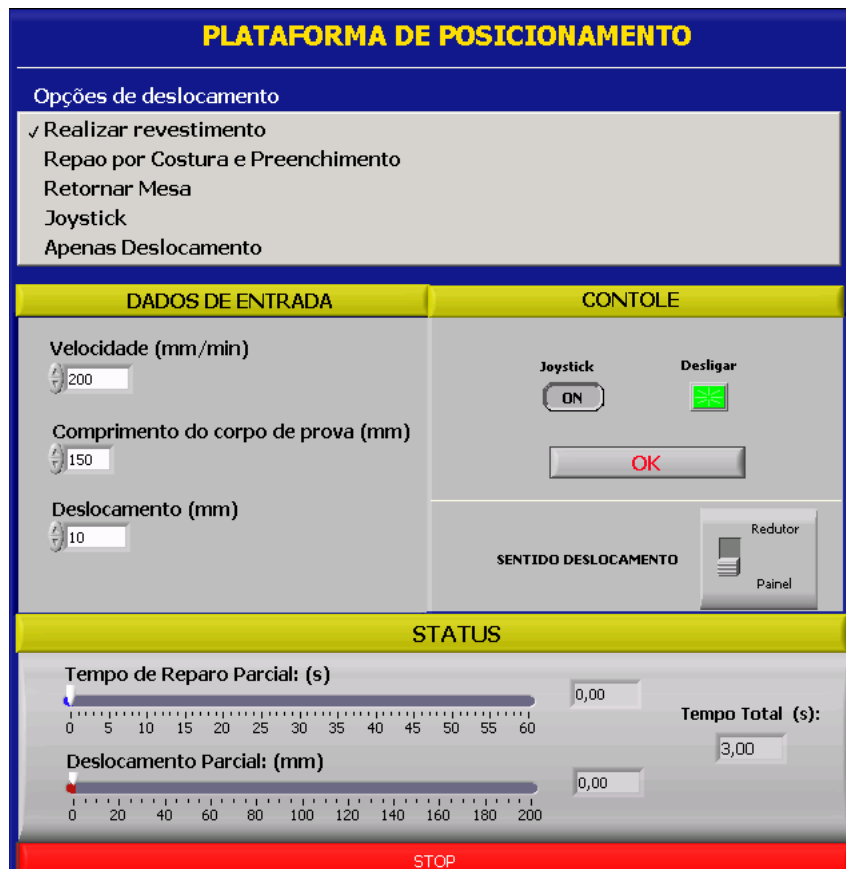


Figura 5. Interface do programa para controle da plataforma.

O fluxograma do programa desenvolvido com cada uma das opções de entrada está apresentado na figura 6.

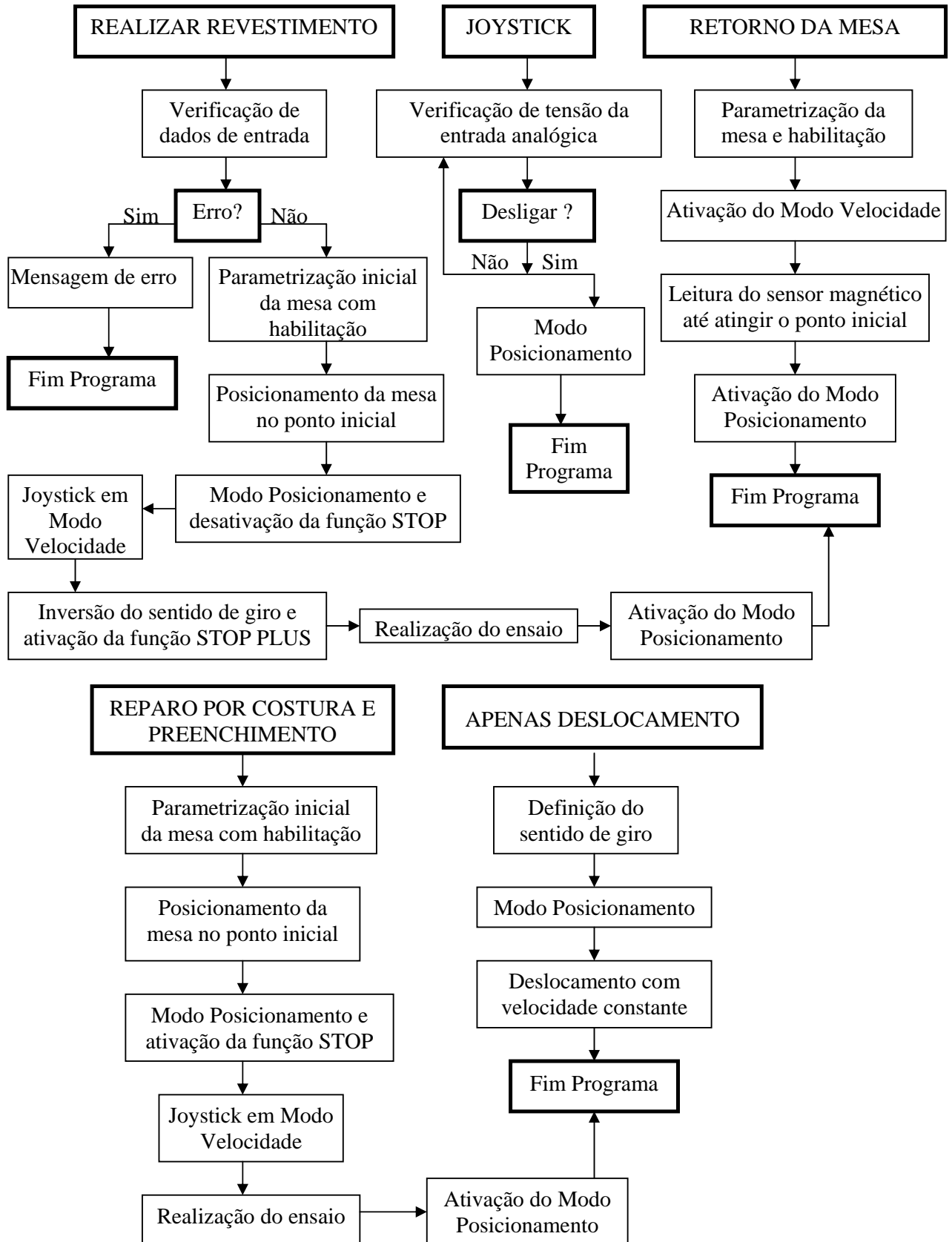


Figura 6. Fluxograma do programa desenvolvido para controle da mesa-x.

Para desenvolver o controle de uma plataforma móvel, projetada a fim de permitir o deslocamento horizontal e fixação dos corpos de prova, submetidos aos ensaios de reparo, como o revestimento por atrito, foram desenvolvidos programas que permitiram a parametrização e otimização dos processos. Suas interfaces gráficas permitem ao usuário fazer as modificações necessárias de forma simples e eficiente sem se preocupar com a programação interna do mesmo.

As leituras das principais variáveis podem ser visualizadas e monitoradas em tempo real durante todo o processo, além de ter um sistema de segurança que controla a entrada de valores incoerentes e que mantém a integridade física da plataforma.

Verificou-se que a manipulação de informações entre computador e servoconversor, através da porta serial, atendeu de forma satisfatória as necessidades do projeto.

Com o desenvolvimento da plataforma e implementação do programa de controle neste projeto, complementou-se a Unidade de Processamento de Pinos por Atrito, criando assim uma estrutura para realização de revestimento por atrito.

#### 4. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPEMIG pelo apoio financeiro.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrews, R.E., 1990, "Underwater repair by friction stitch welding, in Metals and Materials", p.796-797.
- Beldford, G.M., Vitanov, V.I. and Voutchkov, I., 2000, "Decision support system to optimise the Frictec (friction surfacing) process", Surface and Coating Technology.
- Beldford, G.M., Jaworski, B., Vitanov, V.I. and Voutchkov, I., 2001, "An integrated approach to friction surfacing process optimization", Journal of Materials Processing Technology.
- Mendonça, A. e Zelenovsky, R., 1999, "P.C: um guia prático de hardware e interfaceamento" 2ª edição.
- Meyer, A., "Friction Hydro Pillar Processing", Dissertation an der Technischen Universität Braunschweig, Hamburg (2002).

### DEVELOPMENT OF A STRUCTURE DISPLACEMENT PLATFORM FOR FRICTION SURFACING.

#### **Bruno Marega Borges**

Federal University of Uberlândia – João Naves de Ávila Avenue, 2160 - Campus Santa Mônica - Block 1M  
[bmarega@mecanica.ufu.br](mailto:bmarega@mecanica.ufu.br)

#### **Vera Lúcia D. S. Franco**

[vlfranco@ufu.br](mailto:vlfranco@ufu.br)

#### **Sinésio Domingues Franco**

[ltm-sdfranco@ufu.br](mailto:ltm-sdfranco@ufu.br)

**Abstract:** Nowadays, the petrol exploitations industries face difficulties on repairing different structures. Due to the danger caused by the petrol handling and the difficulties in carrying out quality repairs in deep water. These facts make the technique of friction repair more and more important. The friction repair equipment should include the following advantages: portability, excellent metallurgical bond and the inexistent sparkling. This last item is very important due to the risk of explosion caused by spark. Nowadays, many friction repair processes are in study, amongst them it is distinguished the Friction Surfacing and the process called Friction Stitch Welding. The

*process called friction surfacing consists in deposit a layer of metal over a crack. This deposited metal arises from relative movement of the repairing head and the substrate. To use this technique, a mono-axial displacement platform becomes necessary and in order to perform the repairs this platform should be controlled by a software which allows the monitoring of the set servocontroller/x-table by computer.*

**Keywords:** *Mono-axial displacement platform, friction surfacing, automation, LabVIEW®.*