



## DESENVOLVIMENTO DE UM INDENADOR INSTRUMENTADO

*Lucas dos Reis Heni Maderia<sup>1</sup>, Vinícius Carvalho Teles<sup>1</sup>, Washington Martins da Silva Junior<sup>1</sup>*

**RESUMO:** No âmbito científico é de vital importância ter confiabilidade nos dados obtidos, para retirar conclusões verdadeiras. Neste intuito realizou-se modificações físicas e a adição de sensores ao microtribometro visando melhorar sua precisão e sensibilidade na coleta de dados. Posterior a implementação destas alterações realizou-se testes de endentação instrumentada em amostras de aço, alumínio e cobre almejando identificar o comportamento da captação de dados durante o teste de dureza. Após, os testes houve o tratamento dos dados e a confecção dos gráficos de força pelo deslocamento do penetrador. As análises mostraram que houve coleta da força e do deslocamento em todos os pontos e, que a curva de carregamento apresenta o comportamento esperado, todavia as curvas de descarregamento, expressam um comportamento não esperado. As possíveis explicações para isto são a escolha errada da curva de calibração do sensor na etapa de descarregamento e a presença do erro de histerese.

**PALAVRAS-CHAVE:** Indentação instrumentada, propriedades plásticas, instrumentação.

### DEVELOPMENT OF AN INSTRUMENTED INDENTATION

**ABSTRACT:** In the scientific scope it is vitally important to have reliability in the data obtained, to draw true conclusions. In this purpose, physical modifications were made and the addition of sensors to the microtribometro aiming to improve its accuracy and sensitivity in data collection.. After the implementation of these changes instrumented indentation tests were performed in samples of steel, aluminum and copper, aiming to identify the behavior of the data capture during the hardness test. After, the tests were the data treatment and the construction of the force graphs by the displacement of the penetrator. The analyzes showed that force and displacement were collected at all points and that the loading curve shows the expected behavior, however the unloading curves, expression an unexpected behavior. The possible explanations for this are the wrong choice of the sensor calibration curve in unloading stage and the presence of hysteresis error.

**KEYWORD:** Instrumented indentation, plastic properties, instrumentation.

### INTRODUÇÃO

Caracterizar as propriedades dos materiais é de fundamental importância na engenharia. Desta forma foi desenvolvido um microtribometro habilitado a realizar testes instrumentados de deslizamento alternado e testes de indentação (Dutra, 2017). Notou-se durante sua utilização que, o suporte do atuador apresentava falta de rigidez em meio aos testes. Além disto, não era possível medir o deslocamento longitudinal do penetrador.

No intuito de corrigir estas deficiências foram projetadas e implementadas guias laterais de precisão e foi instalado um anteparo condutor para possibilitar a utilização do sensor de posição vertical.

Portanto, o objetivo do trabalho é avaliar a resposta do microtribometro após as

<sup>1</sup> Graduando, UFU, Uberlândia, MG

<sup>2</sup> Doutorando, UFU, Uberlândia, MG

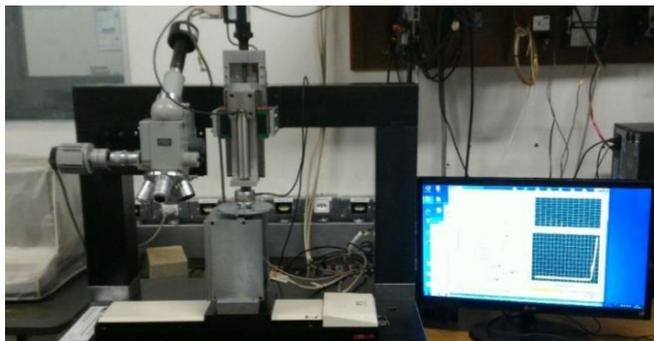
<sup>3</sup> Professor associado, UFU, Uberlândia, MG

modificações em testes de indentação avaliando a força e o deslocamento.

## MATERIAIS E METODOS

Os ensaios de dureza instrumentada foram realizados no microtribômetro mostrado na Figura 1. Esse equipamento promove a movimentação controlada tanto da amostra como do indentador (Silva, 2008).

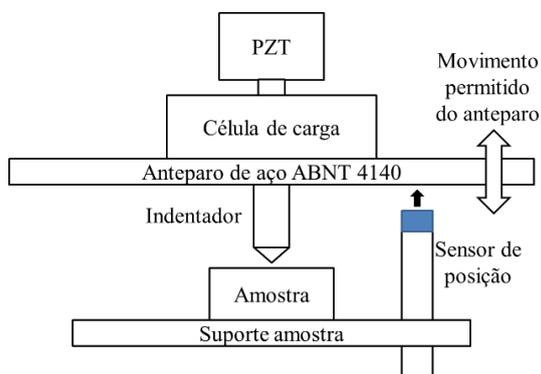
Figura 1 - Microtribômetro instrumentado.



Fonte: autor.

O equipamento é composto de três mesas de coordenadas, que permitem a movimentação da amostra no plano horizontal e a movimentação do indentador no plano vertical. Junto com a mesa que movimenta o indentador, mesa z, está associado um sistema de translação piezoeletrônico (PZT) modelo P-216.80, que se movimenta unidirecionalmente por um percurso de 120  $\mu\text{m}$  com resolução de 2,4 nm.

Figura 2 - (a) Esquema do sistema de medição de posição, (b) montagem do sistema de medição de posição.



(a)



(b)

Fonte: autor.

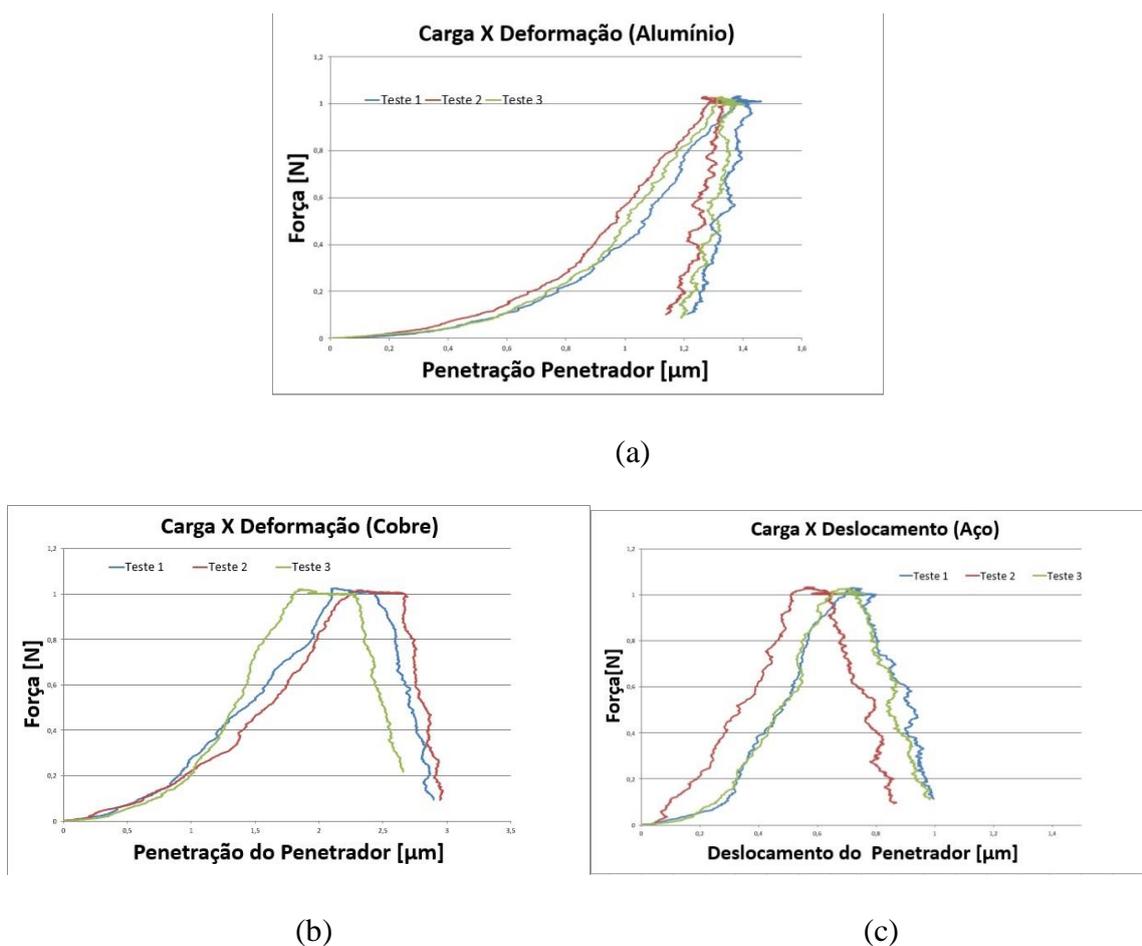
A célula de carga tridimensional é analógica com fundo de escala de 120 N e resolução de 0,02 N na direção Z e 40 N e resolução de 0,002 N nas direções X e Y. O

sistema de medição de posição é composto de um sensor SKF modelo CMSS 665 e um anteparo de aço ABNT 4140. O sensor possui range de 2 mm e sensibilidade, com anteparo de aço ABNT 4140, de 7,87 mV/ $\mu\text{m}$ . O sensor de posição é fixo ao suporte da amostra e mede, de forma contínua, a posição relativa do anteparo em relação à ponta do sensor, como mostra o esquema na Figura 2.

Com o intuito de avaliar o microtribômetro, foram realizadas indentações Brinell com a força de 1 N, com velocidade de indentação de 0,2  $\mu\text{m/s}$ . Esta velocidade foi escolhida mediante a realização de pré testes, que mostraram que esta é a máxima velocidade, na qual, os resultados não são afetados e, em que a condição de teste quase estático é atendida. As amostras utilizadas foram de cobre comercialmente puro, alumínio comercialmente puro e aço ABNT 1020. Todos os corpos de prova foram previamente preparados (recozimento e preparação da superfície).

## RESULTADOS

Figura 3 - Gráfico de força por deslocamento do indentador. (a) Material alumínio (b) cobre e (c) aço.



Fonte: autor.

Para todos os gráficos é possível verificar que houve coleta de dados de força e deslocamento do indentador. Também é possível observar fluência que ocorre durante a manutenção da força máxima. Isto se deve pela concentração de carga em um pequeno ponto que causa a relaxação do material. O fato de este fenômeno ter sido captado durante o ensaio mostra que, o novo sensor de posição e o de força apresenta sensibilidade elevada.

Contudo, é possível observar tanto no gráfico da amostra de cobre, quanto no gráfico da amostra de aço que, a curva de descarregamento esta deslocada para a direita. Isto sugere que, durante o processo de retirada de carga o indentador continua a penetrar na amostra, o que não atende a realidade. Portanto, os autores acreditam que esteja ocorrendo uma falha de medição durante o descarregamento do indentador. Uma explicação para isto, pode ser o fato de o comportamento do sensor durante o retorno ser diferente do comportamento de carregamento, também chamado de histerese. Durante a calibração do sensor assumiu-se que, este comportamento era linear em ambos os casos. Esta explicação é reforçada pelo fato de o comportamento da curva de carregamento se aproximar do esperado

## **CONCLUSÃO**

Pode-se concluir que o sensor e a célula de carga estão funcionando adequadamente em relação à aquisição de dados. Contudo, as curvas de deslocamento não estão condizentes com a realidade física do teste, havendo a necessidade de adequar a calibração e o sistema de aplicação da força

## **REFERÊNCIAS**

DUTRA, R. M. A.; SILVA, L. R. R.; TELES, V. C.; SOUZA, G. F. ; SILVA JUNIOR, W. M.. Desgaste por deslizamento com movimento alternado: validação do equipamento microtribômetro. In: Simpósio do Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica da UFU- POSMEC 2015, 2015, Uberlândia. Simpósio do Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica da UFU - POSMEC 2015, 2015.

Silva, W. M. Simulação do Desgaste Abrasivo via Interações Múltiplas. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia