

# Microatuador de nitinol projetado para sistemas de reabilitação tátil

**Ana Carolina Oliveira Lima**, Fundação Análise Centro e inovação Tecnológica, FUCAPI  
e-mail: [ana.lima.leal@gmail.com](mailto:ana.lima.leal@gmail.com)

**Carlos José de Araújo**, Unidade Acadêmica de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG e-mail: [carlos@dem.ufcg.edu.br](mailto:carlos@dem.ufcg.edu.br)

**Maria de Fatima Queiroz Vieira**, Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG e-mail: [fatima@dee.ufcg.edu.br](mailto:fatima@dee.ufcg.edu.br)

**Cristóvão Márcio de Oliveira Lima Filho**, Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG e-mail: [crisovao.molf@gmail.com](mailto:crisovao.molf@gmail.com)

**walter valenzuela**, Unidade Acadêmica de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG e-mail: [wal\\_v@yahoo.com.br](mailto:wal_v@yahoo.com.br)

## Introdução

Os terminais Braille são dispositivos que transmitem os caracteres Braille de forma a mimetizar a linguagem impressa em papel, a partir de uma ou mais fileiras de células com seis ou oito pinos de metal ou nylon. Na configuração padrão de um caractere Braille são usados apenas seis pinos, configurados em forma de uma matriz de três linhas e duas colunas [1].

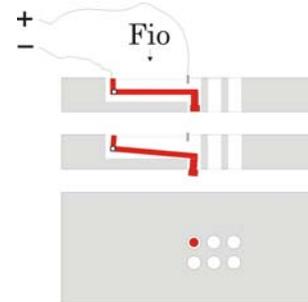
O modelo da superfície de leitura geralmente varia de um terminal Braille para outro em função do tamanho da matriz, mas geralmente sua configuração é definida por seqüências de linhas em uma superfície plana (matriz). As dimensões típicas dos terminais Braille comerciais são de 40 a 80 células Braille por uma linha, conforme exemplifica a bibliografia [2-4]. Quanto maior a matriz maior a complexidade de fabricação e controle do terminal Braille. Os atuadores mais usados em terminais Braille comerciais são os piezelétricos, eletromagnéticos, eletrostáticos, motores de passo, pneumáticos e servomotores.

Recentemente vem sendo observado um destaque do uso de ligas com memória de forma (Shape Memory Alloys – SMA), de NiTi (Níquel-Titânio, Nitinol), como microatuadores em terminais Braille, devido às características termomecânicas de força e deslocamento, simplicidade no projeto do atuador, redução de fatores como custo, potência e peso, além de serem resistentes mecanicamente e à corrosão, se comparados com outros atuadores usados em terminais Braille. Em terminais táteis, a configuração mais comum das ligas de nitinol corresponde à forma de fio fino estendido ou de mola espiral. Tanto na forma de fios estendidos quanto na forma de molas em espirais, a dinâmica do movimento do fio de SMA é usada para erguer e abaixar um pino de aço ou de teflon, formando assim um relevo sobre uma superfície de exibição. Em todos os casos reportados na bibliografia [5-7], o fio ou mola de SMA encontra-se alinhado com o pino Braille, aumentando a espessura do terminal.

Neste sentido existe a necessidade de se investigar novas alternativas de projeto de microatuadores usados em terminais Braille, de forma a reduzir o tamanho do microatuador e conseqüentemente o terminal Braille. Nesse trabalho, desenvolveu-se um microatuador SMA com sistema de alavanca que pode ser usado em terminais Braille.

## Procedimento Experimental

O microatuador proposto pretende reduzir a espessura final do terminal Braille por meio da perpendicularidade entre as direções do fio atuador de SMA e do deslocamento do pino de saída. Para isso foi usado um sistema de alavanca, em que uma haste é articulada em um ponto fixo (fulcro) para multiplicar a força mecânica que pode ser aplicada a outro objeto por meio de um pino de saída (superfície do dedo). A força que deve ser aplicada numa das extremidades do sistema de alavanca é gerada por um fio SMA de nitinol, fornecido pela empresa alemã Memory-Metalle. A interface desse sistema é apresentada na figura 1. As dimensões e características desse microatuador são: diâmetro do fio: 0.125 mm; comprimento do fio: 10 mm; comprimento da haste: 10 mm; largura da haste: 1mm.



**Figura 1- Modelo esquemático do microatuador com sistema de alavanca.**

Para ativar as propriedades de memória de forma, o fio de nitinol usado para gerar força e deslocamento no sistema de alavanca foi tratado termicamente a uma temperatura de 500°C por 20 minutos com subsequente resfriamento rápido ao ar ambiente. Após o tratamento térmico, o fio foi montado como mostrado na figura 1 e suas extremidades foram ligadas a terminais elétricos. Quando o fio é aquecido por meio de corrente elétrica (efeito Joule), em função de uma diferença de potencial elétrico que é gerada entre esses terminais, tende a se contrair movimentando a haste de modo a projetar o pino para fora da superfície de exibição. O retorno da haste ocorre quando não há diferença de potencial elétrico nos terminais. Esse retorno é naturalmente mais lento, visto que o fio perde calor apenas em função da temperatura ambiente. Por esta razão, em baixo da haste foi usada uma micro mola para exercer uma força contrária ao fio de nitinol, facilitando o retorno do fio quando do seu resfriamento.

## Resultados e Discussões

Durante os testes de ativação do microatuador da figura 1, a deflexão do pino Braille foi medida usando um sensor de deslocamento do tipo LVDT.

O pino Braille deve suportar uma carga mínima de 120 mN, que corresponde a força média exercida de um dedo sobre uma célula Braille de um terminal clássico. Logo, o microatuador deve ser capaz de suportar uma carga igual ou superior a 120 mN. Por esta razão, foram realizados testes para verificar o desempenho em relação à deflexão do pino Braille e o aumento gradativo da carga mecânica a partir da ativação do microatuador por meio de um degrau de corrente de 350 mA. Assim, foram adicionados pesos sobre o pino Braille verificando-se o correspondente deslocamento do pino Braille. O incremento da carga para medição da deflexão do pino Braille foi feito de 30 em 30 mN. O experimento foi finalizado quando se observou que acima de 210 mN ocorre uma redução na deflexão do pino Braille, ou seja, no momento em que o aumento da carga não mais aumenta a deflexão do pino Braille.

O resultado desse teste é apresentado na Figura 2, em que se pode observar que ao aumentar a carga mecânica sobre o pino Braille, ocorre um aumento da sua deflexão, a qual pode atingir um valor máximo de 1,8 mm. Este valor é mais do que o dobro necessário em um terminal Braille no padrão Brasileiro, que é de 0,7 mm. Constatou-se assim que esse tipo de atuador é apropriado para aplicações em terminais Braille, pois é capaz de suportar um dedo, cuja força exercida sobre o pino Braille seja igual ou maior do que 120 mN, desde que não ultrapasse a força de 210 mN.

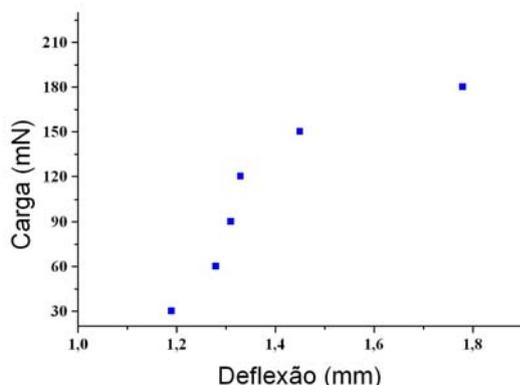


Figura 2– Relação entre deflexão do pino Braille e carga mecânica

Nos testes de tempo de atuação, o deslocamento do pino Braille foi medido pelo LVDT quando pulsos de corrente entre 200 e 350 mA são usados para ativar o microatuador, sem adição de cargas, como ilustra a figura 1. Na Figura 3 é apresentado o resultado desse experimento.

A partir dos resultados apresentados na Figura 3 é possível observar que para o degrau de corrente de 200 mA, além do tempo de atuação (ao aquecer o material) ser alto, da ordem 4,5 s, a sua deflexão máxima foi de apenas 0,6 mm. Assim, este nível de corrente não pode ser aplicado a um terminal Braille. A partir do degrau de corrente de 250 mA, o tempo de atuação para

levantar o pino Braille se torna inferior a 3 s. Para os degraus de corrente de 300 e 350 mA esse tempo é de aproximadamente 1 e 1,5 s, respectivamente.

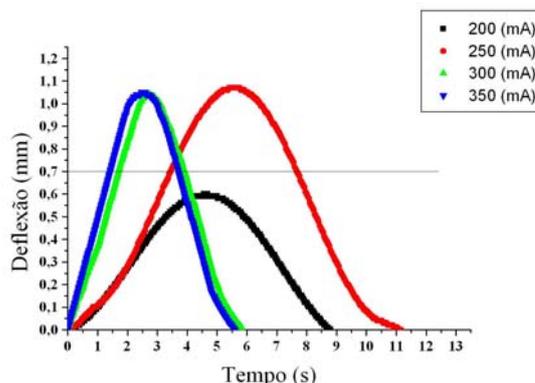


Figura 3 – Relação entre tempo de atuação e deflexão do pino Braille.

## Conclusão

Neste trabalho uma nova configuração de microatuador SMA de nitinol para interfaces táteis foi apresentada. A originalidade do projeto reside na perpendicularidade entre a contração do fio atuador de SMA e o deslocamento resultante para o pino Braille, podendo levar a uma considerável redução de espessura da interface tátil. Os testes de ativação demonstraram que deslocamentos do pino Braille da ordem de 0,7 mm podem ser obtidos com degraus de corrente situados em torno de 350 mA, contra forças de contato de aproximadamente 120 mN (produzidas pelo dedo). O desafio para o futuro será estender o projeto para uma matriz Braille completa, composta de um grande número de microatuadores SMA.

## Referências bibliográficas

1. Germperle, F., N. Ots, and D. Siewiorek, Design of a wearable tactile display. IEEE, 2001: p. 5-12.
2. BRAILLEX Product Line. [cited 2007 5 de março]; Available from: [http://www.papenmeier.de/reha/products/product\\_e.htm](http://www.papenmeier.de/reha/products/product_e.htm).
3. ATL Quickstart: ALVA Braille Display. [cited 2007 05 de março]; Available from: [http://www.washington.edu/computing/atl/DOCS/qs\\_alva544.html](http://www.washington.edu/computing/atl/DOCS/qs_alva544.html).
4. Universal low vision aids Inc. BrailleConnect [cited 2007 05 de março]; Available from: <http://www.ulva.com/Online-Store/Braille-Displays/brailleconnect.htm>.
5. Taylor, P.M., A. Moser, and A. Creed, A sixty-four element tactile display using shape memory alloy wires. Elsevier, 1998. 18: p. 163-168.
6. Nakatani, M., et al., 3D form display with shape memory alloy. Elsevier, 2003.
7. Nakatani, M., et al., Control method for a 3D form display with coil-type shape memory alloy, in IEEE International Conference on Robotics and Automation. 2005: Barcelona-Spain. p. 1332-1337.