

# **FORÇA APLICADA EM TECLA DE COMPUTADOR DURANTE A DIGITAÇÃO**

MELISSA GRAHL FIGUEREDO<sup>1</sup>, LUIZ CARLOS GERTZ<sup>2</sup>,  
MILTON ANTONIO ZARO<sup>3</sup>, JOSE CEZAR LESINA<sup>4</sup>

## RESUMO

*Com o advento dos computadores surgiram problemas de saúde associados à tarefa da digitação, causados por uma série de fatores, dentre os quais pode-se salientar: posição estática do corpo, repetitividade de movimentos dos membros superiores e forças envolvidas. Na tentativa de relacionar esses fatores com os distúrbios, iniciou-se, na década de 90, o estudo da força aplicada nos teclados de computador. Neste trabalho apresenta-se um novo modelo de plataforma de forças (mini-plataforma) que mede duas componentes da força e um dos momentos de força aplicado nas teclas do teclado de um computador durante a digitação.*

**Palavras-chave:** *dinamometria, plataforma de força, digitador.*

## ABSTRACT

*By the usage of computers, both at work and home, health problems due to typing started to appear, cause by several factors: the individual's posture, upper limbs repetitive movements and forces, for example.*

---

<sup>1</sup>Acadêmica do Curso de Engenharia Elétrica – Bolsista PROICT/ULBRA

<sup>2</sup>Professor - orientador do Curso de Engenharia Mecânica/ULBRA

<sup>3</sup>Professor do Curso de Engenharia Mecânica/ULBRA

<sup>4</sup>Professor - coordenador do Curso de Engenharia Mecânica/ULBRA

Several studies for understanding the causes of these health problems have been conducted since the early 90's. In this work is presented a new force platform model for the measurement of the finger's force (two components and one force moment component) applied at the keyboard during computer typing.

**Key words:** dynamometry, force plate, typewriter.

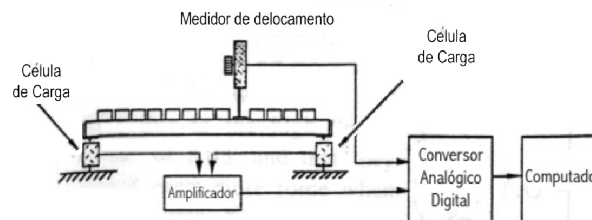
## INTRODUÇÃO

A partir dos anos 70, devido ao surgimento da LER (lesões por esforços repetitivos), atualmente chamada de DORT (distúrbio osteomusculoesquelético relacionado com o trabalho) em usuários de computadores, vários pesquisadores da área da saúde iniciaram estudos com o objetivo de verificar a relação do fator força aplicada com o fenômeno da LER. Neste trabalho é apresentado um breve levantamento sobre as principais técnicas utilizadas pelos pesquisadores para medir a força aplicada nas teclas, e baseado neste estudo é proposto um novo

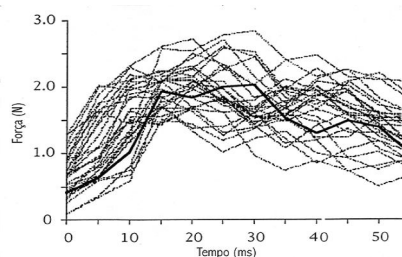
modelo de plataforma de força extensométrica.

Técnicas utilizadas para medição de força aplicada sobre a tecla.

Armstrong, em 1994, realizou as primeiras medições de força aplicada sobre o dedo, utilizando duas células de carga fixadas nas extremidades e na parte inferior do teclado, como pode ser visto na Figura 1. A Figura 2 mostra os resultados gerados por este sistema.



**Figura 1** – Sistema de medição de Armstrong [1994], com duas células de carga sob o teclado.

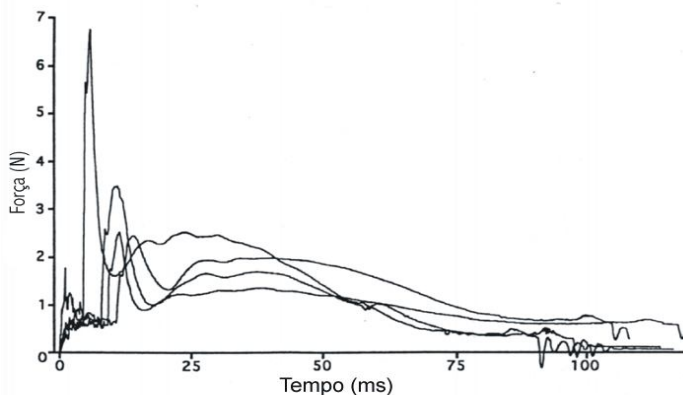


**Figura 2** - Força (N) x tempo (ms) de vários digitadores. Armstrong [1994].

Este trabalho foi a base de muitos outros publicados por vários autores que utilizaram o mesmo sistema, tais como Martin [1994], Rempel [1997], Feuerstein [1997].

Um grande avanço foi realizado por Rempel, que em 1994 utiliza um filme piezoelétrico para medir força, montado 1 mm

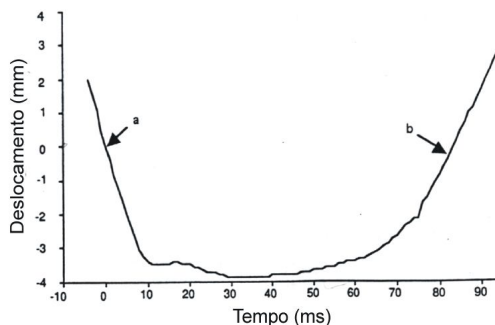
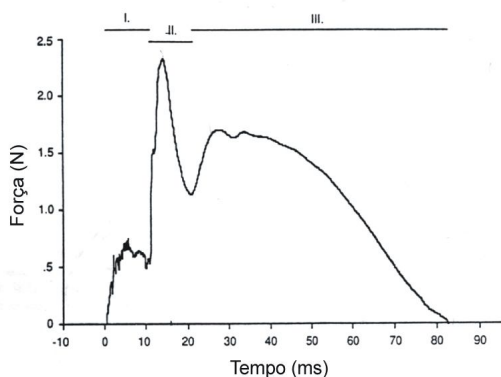
abaixo da superfície de contato de uma tecla alfanumérica. Observando a Figura 3 pode-se ver que o sinal adquirido, comparado com os de trabalhos anteriores, possui melhor qualidade, o que permite que se constate que a forma da curva para indivíduos diferentes é semelhante, diferindo na magnitude da força e do tempo.



**Figura 3** - Força x tempo aplicada sobre a tecla para digitadores diferentes. Rempel [1994].

Neste trabalho o autor faz uma interpretação detalhada do perfil da força aplicada na

superfície da tecla (Figura 4).



**Figura 4** - Curva de força e deslocamento x tempo. (I) Compressão da tecla, (II) Impacto do dedo, (III) Compressão da polpa do dedo e relaxamento. Rempel [1994].

Também em 1984, Smutz constrói dez células de carga do tipo diafragma utilizando sensores extensométricos (strain gauges), como mostra a

Figura 5. A Figura 6 mostra o registro de força na tecla "J" durante digitação de texto com teclado normal.

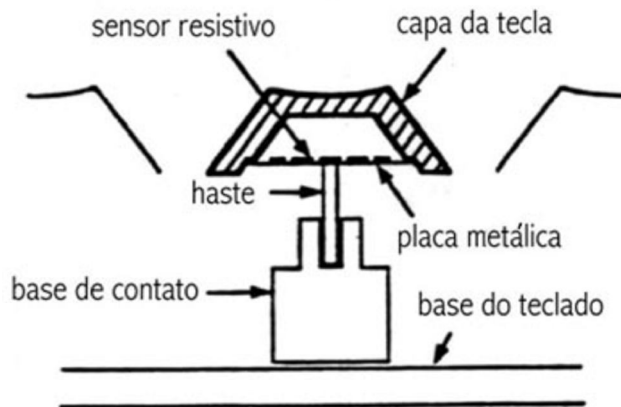


Figura 5 – Transdutor extensométrico para medir força. Smutz [1994].

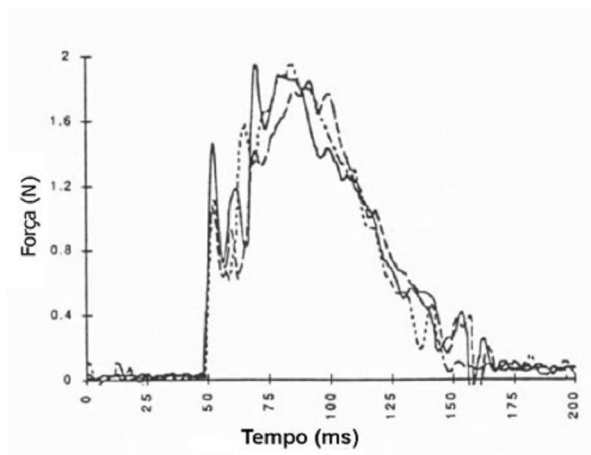
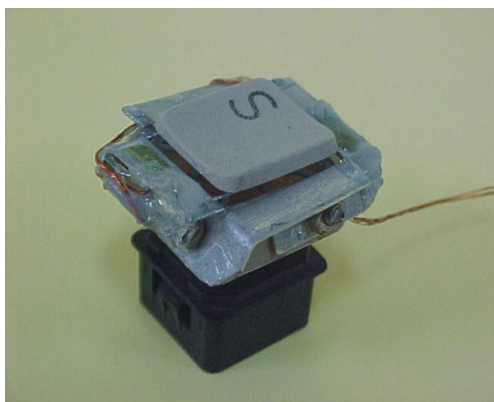


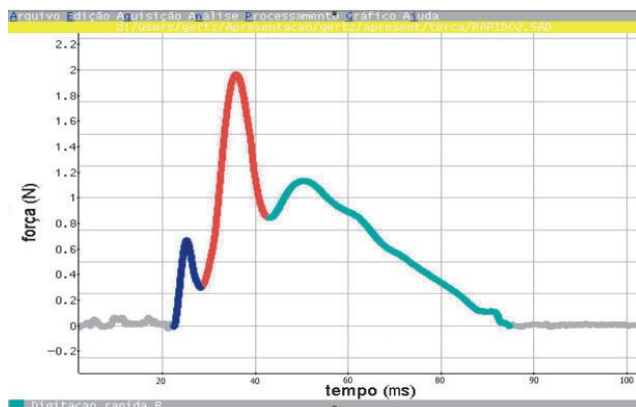
Figura 6 - Curva característica para a força aplicada na tecla. Smutz [1994].

Em 1997, Gertz também constrói uma tecla instrumentada com sensores extensométricos (strain gauges), porém composta por quatro vigas engastadas, o que oferece menor imprecisão

na medição da força aplicada no eixo vertical à superfície da tecla, mesmo que esta seja aplicada distante de seu centro (Figura 7 e 8).



**Figura 7** - Transdutor extensométrico. Gertz [1997].



**Figura 8** - Força aplicada na tecla durante digitação. Gertz [1997].

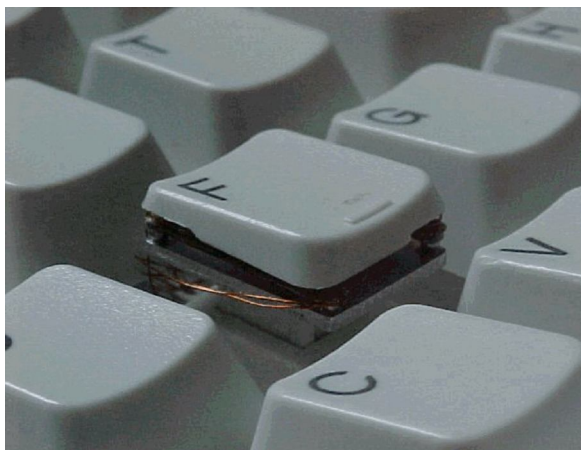
Utilizando variações dos sistemas desenvolvidos por Armstrong, ou por Rempel vários outros trabalhos foram desenvolvidos por Dennerlein [1998, 1999], Radwin [1999].

Uma nova plataforma para caracterização da força aplicada na tecla

Em 2002, Gertz, baseado no trabalho de Roesler, 1997, desenvolveu uma plataforma de força utilizando sensores extensométricos, conforme pode ser visto na Figura 9, que mede a força em dois eixos: y (transversal ao teclado) e z (vertical), e momento em um eixo, x (longitudinal ao teclado). Com estes dados é possível,

numa análise bidimensional, determinar a magnitude do vetor força resultante aplicado sobre a tecla, seu ângulo em relação ao eixo transver-

sal ao teclado (eixo  $y$ ) e a posição do vetor força sobre a tecla com relação ao eixo  $x$ .



**Figura 9** – Plataforma de força para medir força em  $z$ .

Na Figura 10 pode-se ver a parte inferior, composta por dois sistemas independentes de medição, um formado por quatro vigas engastadas, que são responsáveis pela medição da força  $F_y$ , na direção  $y$  (horizontal e transver-

sal ao teclado), e outro, também formado por quatro vigas engastadas em forma de "H", responsáveis por medir a força  $F_z$ , na direção  $z$  (vertical), e o momento  $M_x$ , na direção  $x$  (horizontal e longitudinal ao teclado).



**Figura 10** – Vista inferior da estrutura da plataforma de força.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica com o objetivo de avaliar e comparar os sistemas utilizados para medir a força aplicada na tecla de computador durante a digitação, na última década.

Foi utilizada uma plataforma de força 2D, desenvolvida pelos autores, como parâmetro para comparar os sistemas propostos.

## RESULTADOS

A Figura 11 mostra o registro das três componentes,  $F_x$ ,  $F_y$  e  $M_x$ , durante a digitação de um mesmo digitador. Cada grupo de curvas representa um toque na tecla instrumentada.

Considerando-se que a superfície de uma tecla é dividida em duas partes, a metade superior e a inferior, sendo que a primeira é a mais distante do corpo do digitador, e a segunda a mais próxima, e observando-se o primeiro grupo de curvas, conclui-se que o digitador pressionou a tecla na parte superior. No segundo grupo de curvas, observa-se que o digitador aplicou a força num ponto mais próximo do centro da tecla e no terceiro grupo de curvas, o digitador iniciou pressionando-a na parte superior, deslocando-se, a seguir, para a parte inferior.

## DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Existem três tipos principais de sistemas de medição de força aplicada na tecla. O primeiro é aquele em que células de carga são fixadas sob a

estrutura do teclado. Na realidade, este sistema não mede a força aplicada na tecla, mas sim a força aplicada pela base do teclado nas células de carga. Entre a superfície da tecla e a célula de carga existe o teclado que possui um peso consideravelmente elevado, se comparado com os níveis de força aplicada. Este é o sistema mais utilizado, devido ao seu baixo custo e facilidade de construção. Como a massa do sistema de medição é grande, a frequência natural é baixa, o que limita a análise de sinais de frequência elevada.

O segundo tipo é o que utiliza um sensor piezoelétrico, montado dentro da tecla, abaixo da superfície de contato. Com este sistema é possível caracterizar de forma mais bem definida o perfil da curva de força aplicada, porém, segundo Garcia [2000], este tipo de sensor não é apropriado para aplicações onde se exige medições de força com elevada precisão.

O terceiro tipo de sistema é aquele em que são utilizados sensores extensométricos para realizar as medições. Este sistema é o mais caro devido à dificuldade de construção. Outro inconveniente é que são necessários vários fios para conectar os sensores ao sistema de medição. Estes fios alteram a rigidez da tecla, porém, este é o sistema que mede a força com a menor imprecisão.

Todos os sistemas de medição apresentados na revisão bibliográfica registram a força aplicada verticalmente. A nova plataforma apresentada registra além desta componente, a força aplicada no eixo horizontal transversal ao teclado e o momento horizontal longitudinal ao teclado. Este equipamento permite determinar os níveis de força horizontal que são aplicados na tecla durante a digitação, assim como determinar o ponto de aplicação desta componente de força sobre uma linha transversal ao teclado que passa pelo centro da tecla (análise 2D).



**Figura 11** -Força (N) e tempo (ms) para compressão no centro da superfície de três formas diferentes.  
- Fz, -Fy, -Mx.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARMSTRONG, T.; FOULKE, J. F.; MARTIN, B. J.; GERSON, J.; REMPEL, D. M. Investigation of applied forces in alphanumeric keyboard work. **American Industrial Hygiene Association Journal**, v.55, [n.p.], jan. 1994.

DENNERLEIN, J. T.; DIAO, E.; MOTE JR., C. D.; REMPEL, D. M. In vivo finger flexor tendon force while tapping on a keyswitch. **Journal of Orthopaedic Research**, v.17, n.2, p.178-184, 1999.

DENNERLEIN, J. T.; MOTE JR., C. D.; REMPEL, D. Control strategies for finger

movement during touch-typing. The role of the extrinsic muscles during a keystroke. **Experimental Brain Research**, v.121, p.1-6, 1988.

FEUERSTEIN, M.; ARMSTRONG, T.; HICKEY, P.; LINCOLN, A. Computer keyboard and upper extremity symptoms. **Journal of Occupational and Environmental Medicine**, v. 39, n.12, 1997.

GARCIA, H. T.; CARVALHO, A. A.; FARIA, U. C.; SILVA, J. G. Avaliação do desempenho de sensores tácteis com elementos poliméricos resistivos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA, 17., 2000, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC/EEL/GPEB; São Paulo: SBEB, 2000. p.620-625.



GERTZ, L. C. **Desenvolvimento de sistema para análise biomecânica da tarefa de digitação.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul/PROMEC, 1997.

GERTZ, L. C. **Desenvolvimento de plataforma de força para teclado de computador.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul/PROMEC, 2002.

MARTIN, B.; THOMAS, J.; ARMSTRONG, T. J.; FOULKE, J. A.; NATARAJAN, S.; KLINEMBERG, E.; SERINA, E.; REMPEL, D. Finger force during computer keyboard work. Part I: Relation of keyswitch make force to applied force and surface EMG. **Occupational Health & Safety**, v. 2, 1994.

RADWIN, R. G.; BUFFALO, B. A. Computer key switch force-displacement characteristics and short-term effects on localized fatigue. **Ergonomics**, v. 42, n.1, p.160-170, 1999.

REMPEL, D.; DENNERLEIN, J.; MOTE JR., C.

D.; ARMSTRONG, T. A method of measuring fingertip loading during keyboard use. **Journal Biomechanics**, v.27, n.8., p. 1101-1104, 1994.

REMPEL, D.; SERINA, E.; KLINEMBERG, E.; MARTIN, B. J.; ARMSTRONG, T.J.; FOULKE, J. A.; NATARAJAN, S. The effect of keyboard keyswitch make force on applied force and finger flexor muscle activity. **Ergonomics**, v.40, n.8, p. 800-808. 1997.

ROESLER, H. **Desenvolvimento de plataforma de força subaquática para medições de forças e momentos nos três eixos coordenados para utilização em biomecânica.** 1997. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

SMUTZ, P.; SERINA, E.; REMPEL, D. A system for evaluating the effect of keyboards design on force, posture, comfort, and productivity. **Ergonomics**, v.37, n.10, p.1649-1660, 1994.