

## PERCEPÇÃO DE DESCONFORTO NAS MÃOS: AVALIAÇÃO ERGONÔMICA DE ARO DE PROPULSÃO DE CADEIRA DE RODAS MANUAL

### *PERCEPTION OF DISCOMFORT IN HANDS: ERGONOMICS AVALIATION OF MANUAL WHEELCHAIR PROPULSION HANDRIM*

Ana Laura Alves<sup>1</sup>  
Danilo Corrêa Silva<sup>2</sup>, Ms.  
Fausto Orsi Medola<sup>3</sup>, Dr.  
Luis Carlos Paschoarelli<sup>4</sup>, Dr.

- (1) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP  
e-mail: [naladesign@gmail.com](mailto:naladesign@gmail.com)
- (2) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP  
e-mail: [danilo@idemdesign.net](mailto:danilo@idemdesign.net)
- (3) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP  
e-mail: [fausto.medola@faac.unesp.br](mailto:fausto.medola@faac.unesp.br)
- (3) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP  
e-mail: [paschoarelli@faac.unesp.br](mailto:paschoarelli@faac.unesp.br)

Design, Ergonomia, Percepção de desconforto

Este estudo objetivou avaliar a percepção de desconforto das mãos em atividades com dois tipos de aro de propulsão de cadeira de rodas manual. Para tanto, adotou-se o protocolo de mapeamento das diferentes regiões das mãos. Os resultados indicam que o aro de propulsão B desencadeou menor intensidade de desconforto.

*Design, Ergonomics, Perception of discomfort*

*This study aimed to evaluate the perception of discomfort in hands in controlled activities with two types of manual wheelchair propulsion handrim. Therefore, it adopted the palmar aspect of the mapping protocol hand of different regions of the hands. The results indicate the propulsion handrim B triggered less intense discomfort.*

### 1. Introdução

Para alguns pesquisadores a sensação e a percepção fazem parte de um único, contínuo e complexo processo, onde estímulos são captados do ambiente e transformados em cognição (HOFSTETTER, GRIFFIN, BERMAN, 2000; IIDA, 2005).

A percepção do usuário durante o manuseio de um determinado produto é determinante para as observações e interferências no seu design ergonômico (PASCHOARELLI; MENEZES, 2009; SILVA; SILVA; PASCHOARELLI, 2015). Diferentes fatores podem influenciar na percepção do conforto e desconforto durante o uso de

instrumentos manuais (PASCHOARELLI et al., 2003; KUIJT-EVERS et. al, 2005; KUIJT-EVERS et. al, 2007; KONG et al., 2007; MIRKA et al., 2009). Vale ressaltar a importância da influência psico-fisiológica do desconforto sobre a produtividade e a motivação dos usuários, uma vez que pode alterar o padrão e a qualidade de uma determinada atividade manual (SILVA; SILVA; PASCHOARELLI, 2015). Além disso, pressões elevadas exercidas em pontos específicos de uma ou mais regiões das mãos, podem gerar compressão de artérias, veias e nervos e, conseqüentes inflamações, calos e outras lesões irradiadas para diversas regiões (BONINGER et al., 2004; AMBROSIO et al., 2005; ALM et al., 2008).

Quando considerados os usuários de cadeira de rodas manual, estudos indicam alta prevalência de dor nos membros superiores, principalmente nos ombros e punhos (MEDOLA et al., 2010; BONINGER et al., 2004; AMBROSIO et al., 2005; ALM et al., 2008). A maioria das atividades da rotina diária realizadas pelo homem depende dos braços e das mãos para que sejam desempenhadas, sobretudo no caso dos usuários de cadeira de rodas manual. Por isso, para esses usuários lesões de membros superiores podem ser incapacitantes, uma vez que a sua locomoção, transferência da cadeira e maioria das atividades são executadas com os braços e as mãos (SCHERER; CUSHMAN, 2001; WEI et al., 2003; PVACSCM, 2005; RICHTER; NOON; AXELSON, 2007; DIERUF; EWER; BONINGER, 2008; PASCHOARELLI et al., 2008; WILLEMS et al., 2009; MEDOLA; ELUI; FORTULAN, 2012).

Segundo Medola e Sprigle (2014), a redução na sobrecarga biomecânica na propulsão manual e o aumento na eficiência durante a locomoção são importantes aspectos a serem considerados no design de cadeira de rodas (MEDOLA; SPRIGLE, 2014). Neste contexto, as possibilidades de avaliação da força manual aplicada em uma interface e a distribuição de pressão de contato podem ser registradas, tanto pela força aplicada pelo sujeito, quanto pelas características da interface (SILVA; SILVA; PASCHOARELLI, 2015).

Considerando os elementos acima descritos, a ergonomia atua nesta interação entre o ser humano e produtos e/ou sistemas, sendo responsável pela aplicação da tecnologia aos projetos ou modificação de sistemas, com o objetivo de aumentar a segurança, o conforto e a eficiência do sistema e da qualidade de vida do indivíduo (INOKUTI; SILVA; PASCHOARELLI, 2012; SILVA; SILVA; PASCHOARELLI, 2015). Embora o conforto seja um dos principais critérios de ergonomia, particularmente no uso de instrumentos manuais, o conhecimento existente a seu respeito ainda é considerado limitado (KUJIT-EVERS et al., 2005).

Desse modo, o objetivo do presente estudo foi o avaliar a percepção de desconforto e a intensidade da mesma nas mãos, em atividades controladas com dois tipos de aro de propulsão de cadeira de rodas manual. Os resultados dessa pesquisa serão

futuramente correlacionados aos obtidos em outro estudo conduzido pelo mesmo grupo de pesquisadores, com registro gráfico das forças e distribuição de pressão nos diferentes segmentos das mãos em atividades com os mesmos objetos. Os resultados se encontram em fase final de análise.

## 2. Desenvolvimento

### 2.1. Metodologia

Esse estudo é de caráter experimental e transversal, caracterizado por simulação de atividade em condição laboratorial. Os sujeitos foram previamente informados sobre os objetivos e procedimentos do estudo e, ao concordarem em participar, assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Os procedimentos deste estudo foram submetidos e aprovados pelo Comitê de Ética da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da UNESP (Parecer N. 800.500, de 04 de setembro de 2014). A amostra foi composta de 30 sujeitos, estudantes universitários pertencentes ao gênero masculino e à faixa etária de 18 a 29 anos de idade. Adotou-se como critério de inclusão, a ausência de sintomas músculo-esquelético, nos membros superiores, no período de 12 meses que antecederam ao experimento.

Para a atividade de mobilidade em cadeira de rodas, foi estabelecido um percurso de 6 metros em formato de “8” (infinito), com a finalidade de anular a lateralidade (destro ou canhoto). Os sujeitos foram orientados a sentarem na cadeira de rodas de forma a manter a postura ereta com as costas em contato com o encosto da cadeira, conforme descrito em Medola et al., (2011). O percurso foi realizado duas vezes, com o aro convencional (tubo cilíndrico metálico de 20 mm de diâmetro) (A), e com o protótipo de aro ergonômico (B), cujo projeto inicial foi descrito no estudo de Medola et al. (2012) e uma versão atualizada (utilizada no presente estudo) foi avaliada no estudo de Medola et al. (2014).

Material usado na pesquisa: Protocolo de identificação: usado para a coleta dos dados de identificação do sujeito e eventuais questões relativas às atividades desempenhadas; Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE); Protocolo de Avaliação de Desconforto (INOKUTI; SILVA; PASCHOARELLI, 2012); Grip Versatek

(Tekscan Inc. - Boston – MA - USA); Aros de propulsão para cadeira de rodas (A e B) (Figura 01) (MEDOLA et al., 2011).

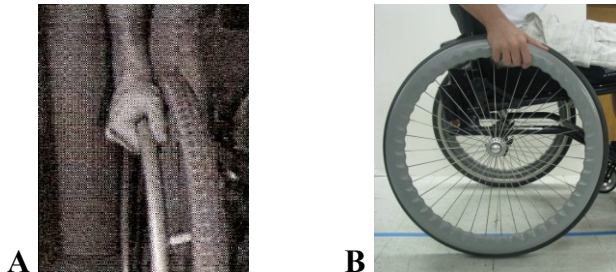


Figura 01 - Os dois aros de propulsão manual utilizados na pesquisa. Fonte: os autores.

O registro dos dados relativos à percepção de desconforto para cada indivíduo, assim como, da intensidade do desconforto, seguiu o protocolo descrito por Inokuti, Silva e Paschoarelli (2012). Os dados foram tabulados e posteriormente, aplicada a estatística descritiva para a demonstração dos resultados obtidos com o estudo, na forma de Figuras de 03 a 06 e Tabelas de 01 a 02.

Durante o registro das atividades os voluntários usaram uma luva instrumentada, com um sistema de sensores de pressão na face palmar (GripTM VersaTek - Tekscan Inc.). O sistema é capaz de mensurar e registrar as pressões dinâmicas e forças aplicadas em um objeto durante diversas atividades. O software que compõe o sistema permite a verificação gráfica das forças e distribuições de pressão para diferentes segmentos da mão. O uso da luva se fez necessário uma vez que os resultados dessa pesquisa serão futuramente correlacionados aos obtidos em outro estudo conduzido pelo mesmo grupo de pesquisadores.

## 2.2. Protocolo de Avaliação de Desconforto

Com a finalidade de detectar e analisar a percepção de desconforto, a mão foi dividida em 33 regiões identificadas com letras (A – Z). As regiões laterais, desde a falange distal do dedo indicador até o polegar, as letras receberam apóstrofo, distinguindo-as das respectivas correspondentes às áreas da face palmar (Figura 02). A divisão das mãos em diversas regiões foi elaborada com base no mapeamento da mão, do protocolo elaborado por Inokuti, Silva e Paschoarelli, em 2012.

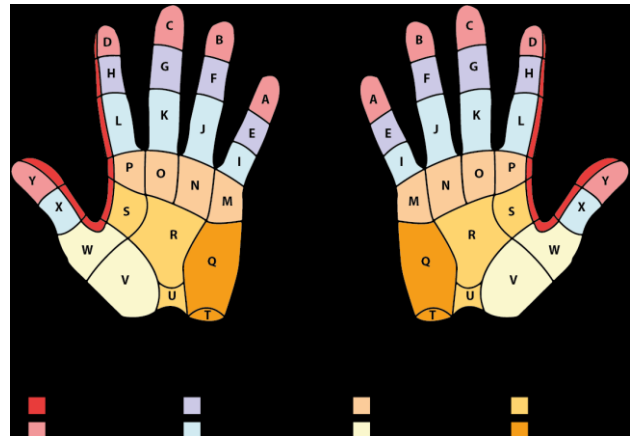


Figura 02 - Mapeamento da Mão Esquerda (ME) e Mão Direita (MD) com letras. Fonte: Elaborado pelo autor, com base na pesquisa realizada por INOKUTI; SILVA; PASCHOARELLI, 2012.

Os pontos de desconforto percebidos e relatados pelos sujeitos foram registrados no protocolo de avaliação de desconforto com um canetão, de ponta arredondada, sinalizando as áreas da face palmar e suas laterais, com pontos. O registro se deu independente da intensidade da percepção de desconforto.

A intensidade de desconforto foi anotada em seguida, usando uma transparência sobre o protocolo onde se fez o registro da percepção de desconforto. Visualizando as áreas de desconforto indicadas, sob a transparência, o sujeito fez o relato da intensidade de desconforto, orientado por uma escala previamente estabelecida (escala de Likert com cinco pontos de ancora – 1 a 5).

## 3. Resultados e Discussão

Os resultados referentes à percepção e intensidade de desconforto nas diferentes regiões das mãos direita e esquerda (MD e ME) estão abaixo descritos nas Figuras 03, 04, 05 e 06 Tabelas 01 e 02.

Nas Figuras 03 e 04 está descrito o número de sujeitos que relatou desconforto em cada uma das regiões das mãos, sendo a Figura 03 das MD e ME para o aro A e Figura 04 das MD e ME para o aro B. As informações registradas sobre a percepção de desconforto descrita pelos sujeitos que participaram da atividade executada com o **aro de propulsão A** (Figura 03), indicam que um maior número de sujeitos (50%), indicou desconforto nas regiões H, P e V (15 em cada uma) da ME. No entanto, para a

MD, somente a região V apresentou resultado semelhante, onde 17 sujeitos (56%) indicaram desconforto. Para o **aro de propulsão B** (Figura 04) houve coincidência no resultado entre a ME e MD, ou seja, o maior número de sujeitos (43%) expôs desconforto nas mesmas áreas (E e V) da ME e MD.

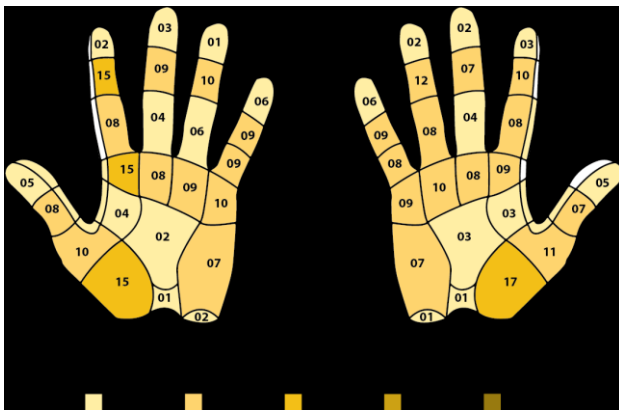


Figura 03 - Mapa da ME e MD com o número de sujeitos que relatou desconforto nas diferentes regiões, durante o uso do aro de propulsão A. Fonte: Elaborado pelo autor.

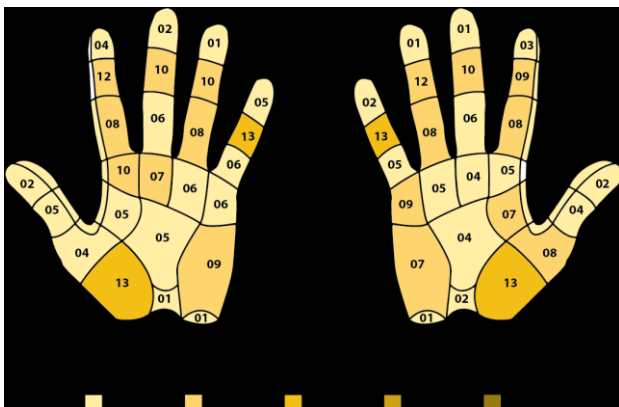


Figura 04 - Mapa da ME e MD com número de sujeitos que relatou desconforto nas diferentes regiões, durante o uso do aro de propulsão B. Fonte: Elaborado pelo autor.

Nas Figuras 05 e 06, mapas da face palmar das mãos, visualiza-se a intensidade média de desconforto em cada uma das regiões das mãos, sendo a Figura 05 das MD e ME para o aro A e Figura 06 das MD e ME para o aro B. Com base nas informações registradas sobre a percepção de desconforto indicada pelos sujeitos durante a atividade com o **aro A** (Figura 05), é possível afirmar que 91% das regiões das mãos apresentaram algum desconforto. A intensidade média mais alta, de valor 5, foi registrada na ME, região S', sendo que para a mesma região da MD, o valor foi 4. Importante destacar que as regiões indicadas com

desconforto pelo maior número de sujeitos, para o **aro A** (Figura 03), não foram consideradas de maior intensidade de desconforto (Figura 05). Um exemplo são as áreas H, P e V, da ME, indicadas com desconforto por 15 sujeitos cada uma, onde a intensidade média variou entre 1,7 e 2,3. No entanto, regiões onde poucos indicaram desconforto B(1), C(3) e U(1) na ME, a intensidade média registrada foi alta, por exemplo, B(4), C(3 e 3,5) e U(3). O mesmo se aplica para a MD, com valores muito próximos.

O nível de desconforto para o **aro B** (Figura 06) é de intensidade média menor na maior parte das regiões da ME e MD, quando comparado ao **aro A**. No entanto, números semelhantes podem ser observados nas regiões Q, M, V, S' e W' para os dois aros.

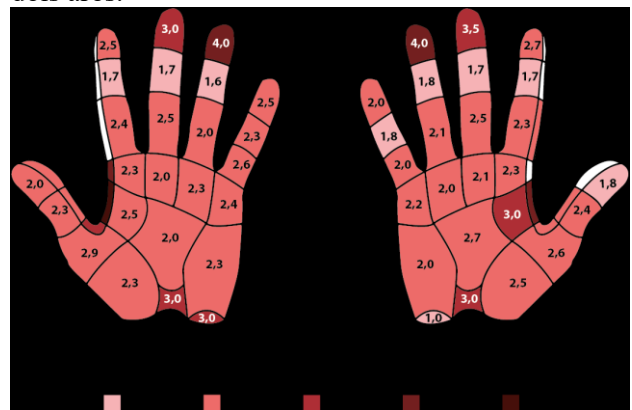


Figura 05 - Mapa da ME e MD com registro da intensidade média de desconforto, durante o uso do aro de propulsão A. Fonte: Elaborado pelo autor.

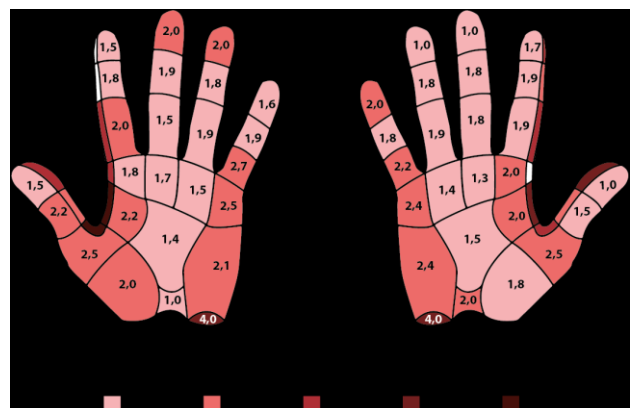


Figura 06 - Mapa da ME e MD com registro da intensidade média de desconforto, durante o uso do aro de propulsão B. Fonte: Elaborado pelo autor.

Através das Tabelas 01 e 02 os dados obtidos a respeito da intensidade de desconforto relatada nas

diferentes regiões da mão, o número de sujeitos que indicou desconforto na mesma da região da mão, a intensidade média de desconforto de cada região, assim como, a intensidade média de desconforto em cada uma das mãos nos diferentes aros, podem ser analisados. Para facilitar o entendimento dos dados, esses foram organizados de forma a possibilitar a visualização, comparação e correlação dados da MD entre os **aro A e B**, na Tabela 01. Os dados da ME se encontram na Tabela 02.

Analisando as informações a respeito da intensidade de desconforto MD (Tabela 01), durante a atividade com os aros de propulsão A e B, praticamente todas as regiões da mão apresentaram algum nível de desconforto. A exceção é a região P'. No entanto, a intensidade média mais alta (4), foi registrada nas regiões B e S' em atividade com o **aro A**, e com o **B**, nas regiões S', T e Y'. Portanto, a região S' é comum para ambos os aros quando se analisa a intensidade média (4), diferente do que ocorre quando se observa a intensidade/número de sujeitos. A intensidade média de desconforto causada pelo **aro B** foi menor (2.1).

Regiões da MD	ARO DE PROPULSÃO A	ARO DE PROPULSÃO B
	Intensidade média	Intensidade média
A	2.0	2.0
B	4.0	1.0
C	3.5	1.0
D	2.7	1.7
D'	----	3.0
E	1.8	1.8
F	1.8	1.8
G	1.7	1.8
H	1.7	1.9
H'	----	2.5
I	2.0	2.5
J	2.1	1.9
K	2.5	1.8
L	2.3	1.9
L'	2.0	3.0
M	2.2	2.4
N	2.0	1.4
O	2.1	1.3
P	2.3	2.0
P'	----	----
Q	2.0	2.4
R	2.7	1.5
S	3.0	2.0
S'	4.1	4.0
T	1.0	4.0
U	3.0	2.0
V	2.5	1.8
W	2.6	2.5
W'	2.5	3.0
X	2.4	1.5
X'	2.0	2.5
Y	1.8	1.0
Y'	----	4.0
	Intensidade média MD	2.4
		2.1

Tabela 01 – Dados sobre à intensidade e ao número de sujeitos com relato de desconforto nas regiões da MD, à intensidade média de desconforto nas regiões e na MD, em atividade com os Aros A e B. Fonte: Elaborado pelo autor.

Com relação a ME (Tabela 02) pode-se observar que as regiões indicadas com desconforto pelo maior número de sujeitos, para o **aro A**, não foram as de maior intensidade média de desconforto. Um exemplo, são as áreas H, P e V, assinaladas com desconforto por quinze sujeitos (50%) cada uma, mencionadas anteriormente. Por outro lado, regiões onde poucos relataram desconforto (B, P' e S', um sujeito cada), a intensidade média foi alta (4, 4 e 5, respectivamente). Portanto, é possível afirmar que uma intensidade média de desconforto mais elevada pode ser resultante de uma intensidade alta relatada por vários sujeitos, mas também, de um único relato com nível máximo de desconforto, caso das áreas citadas acima. O mesmo se aplica para o **aro B**, em que as regiões S', T e W', indicadas por apenas um sujeito cada uma, apresentam intensidade média de desconforto de 5, 4 e 5, respectivamente.

Alguns aspectos interessantes podem ser identificados e analisados quando é possível correlacionar a intensidade de desconforto com o número de sujeitos que a relatou em uma ou mais regiões da mão em uma determinada atividade.

		2.5	1.6
		4.0	2.0
		3.0	2.0
		2.5	1.5
		----	----
		2.3	1.9
		1.6	1.8
		1.7	1.9
		1.7	1.8
		----	----
		2.6	2.7
		2.0	1.9
		2.5	1.5
		2.4	2.0
		----	3.0
		2.4	2.5
		2.3	1.5
		2.0	1.7
		2.3	1.8
		4.0	3.0
		2.3	2.1
		2.0	1.4
		2.5	2.2
		5.0	5.0
		3.0	4.0
		3.0	1.1
		2.3	2.0
		2.9	2.5
		3.0	5.0
		2.3	2.2
		2.2	2.3
		2.2	1.5
		2.5	3.0
		2.5	2.3

Tabela 02 – Dados sobre à intensidade e ao número de sujeitos com relato de desconforto nas regiões da ME, à intensidade média de desconforto nas regiões e na ME, em atividade com os Aros A e B. Fonte: Elaborado pelo autor.

Observou-se por meio das Tabelas 01 e 02 que a

intensidade de desconforto percebida na ME foi maior que na MD para ambos os aros de propulsão. A MD apresentou doze regiões com valor 4 para o aro A, sendo que para o aro B, foram assinaladas doze regiões com valor 4 e duas regiões de valor 5. Entretanto, quando se analisa a ME, para o aro A, indicou-se quinze regiões das mãos com valor 4 e cinco áreas com valor 5. Por sua vez, o aro B desencadeou desconforto em seis regiões com nível 4 e cinco áreas com 5. Pode-se supor com estes dados que houve influência da lateralidade dos sujeitos durante a atividade experimental, mesmo com o formato do trajeto (“infinito”). O resultado permite formular a hipótese de que na tentativa de compensar a falta de destreza da ME, os sujeitos destros (80%) aplicaram mais força para segurar o aro de propulsão, tendo como consequência o desconforto acentuado na ME.

De acordo com alguns pesquisadores (RICHTER; NOON; AXELSON, 2007; DIERUF; EWER; BONINGER, 2008; PASCHOARELLI et al., 2008; MEDOLA; ELUI; FORTULAN, 2012), é importante atentar para a inabilidade do usuário em segurar o aro de propulsão com a palma inteira e os dedos, o que reduz a eficiência mecânica, uma vez que recruta a musculatura para estabilizar a mão no aro ao invés de gerar potência à propulsão da cadeira de rodas manual.

Por outro lado, os aros de propulsão convencionais não possuem características estruturais que contemplem variações na preensão manual. O diâmetro dos tubos destes aros é muito pequeno para promover preensão ideal entre a palma da mão e os dedos. Este fato leva a uma redução da área de contato entre a mão e o aro e aumenta a transmissão das forças às estruturas delicadas da mão, resultando em uma série de situações indesejáveis para o usuário, como o aumento da pressão nos pontos de contato da mão (RICHTER; NOON; AXELSON, 2007; DIERUF; EWER; BONINGER, 2008; PASCHOARELLI et al., 2008; MEDOLA; ELUI; FORTULAN, 2012).

Segundo Desroches, Aissaoui e Bourbonnais (2008), a propulsão de cadeira de rodas manual pode ser associada com alta prevalência de dor e com um acréscimo de risco, entre 31% e 73%, de desenvolvimento de lesões nos membros superiores, como a Síndrome do Túnel do carpo (DESROCHES; AISSAOUI; BOURBONNAIS,

2008; WILLEMS et al., 2009).

A avaliação dos resultados do presente estudo indicam que o conhecimento a respeito da anatomia, das funções e capacidades das mãos é indispensável, assim como, dos diferentes vetores que podem influenciar o processo de uso de interfaces manuais (MIRKA et al., 2009; DIANAT; NEDAEI; NEZAMI, 2014; SILVA; SILVA; MEDOLA et al., 2014; PASCHOARELLI, 2015). Embora a percepção ocorra a partir de estímulos sobrepostos, a presente pesquisa foi desenvolvida de forma a minimizar o valor simbólico da superfície tocada e dar ênfase à percepção tátil, no caso, o desconforto.

#### 4. Conclusão

A partir dos resultados, é possível afirmar que o aro de propulsão B desencadeou menor intensidade de desconforto em relação ao aro A. No entanto, ambos merecem estudos complementares para auxiliar na adequação ergonômica. Vale ressaltar que, o protocolo de percepção de desconforto empregado nessa pesquisa demonstrou-se sensível ao objetivo da mesma. Além disso, o estudo contribuiu para o desenvolvimento científico e tecnológico na área do Design Ergonômico e Tecnologia Assistiva.

#### 5. Referências Bibliográficas

- ALM, M.; SARASTE, H.; NORRBRINK, C. Shoulder pain in persons with thoracic spinal cord injury: Prevalence and characteristics. *Journal of Rehabilitation Medicine*, v. 40, pp. 277 – 283, 2008.
- AMBROSIO, F.; BONINGER, M. L., SOUZA, A. L.; FITZGERALD, S. G.; KOONTZ, A. M.; COOPER, R. A. Biomechanics and Strength of Manual Wheelchair Users. *Journal of Spinal Cord Medicine*, v. 8, pp. 407-414, 2005.
- BONINGER, M. L.; IMPINK, B. G.; COOPER, R. A.; KOONTZ, A. M. Relation between median and ulnar nerve function and wrist kinematics during wheelchair propulsion. *Archives of Physical Medicine Rehabilitation*, v. 85, pp. 1141-1145, 2004.
- DESROCHES, G., AISSAOUI, R., BOURBONNAIS, D. Relationship between

resultant force at the pushrim and the net shoulder joint moments during manual wheelchair propulsion in elderly persons. *Archives of Physical Medicine Rehabilitation*, v. 89, p. 1155- 1161, 2008.

DIANAT, I.; NEDAEI, M.; NEZAMI, M. A. M. The effects of tool handle shape on hand performance, usability and discomfort using masons' trowels. *Internacional Journal of Industrial Ergonomics*, v. xxx, pp. 1-8, 2014.

DIERUF, K., EWER, L., BONINGER, D. The Natural-Fit handrim: factors related to improvement in symptoms and function in wheelchair users. *Journal of spinal cord medicine*, v.31, p.62-69, 2008.

HOFSTETTER, H. W.; GRIFFIN, J. R.; BERMAN, M. S.; EVERSON, R. W. **Dictionary of Visual Science and Related Clinical Terms**. Butterworth-Heinemann: Boston, pp. 630, 2000.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Edgard Blucher, 2005.

INOKUTI E. S., SILVA D. C., PASCHOARELLI L. C. Avaliação de desconforto em atividades manuais a partir do uso de mapas da região palmar: a influência da idade. In: *Anais da II IDEMI*. Florianópolis, Santa Catarina, 2012.

KONG, Y. K.; LOWE, B. D.; LEE, S. J.; KRIEG, E. F. Evaluation of handle shapes for srewdriving. *Applied Ergonomics*, v. 39, pp. 191-198, 2007.  
KUIJT-EVERS, L. F. M.; TWISK, J.; GROENESTEIJN, L.; LOOZE, M. P. de; VINK, P. Identifying predictor of comfort and discomfort in using hand tools. *Ergonomics*, v. 48, pp. 692-702, 2005.

KUIJT-EVERS, L. F. M.; BOSCH, T.; HUYSMANS, M. A.; LOOZE, M. P.; VINK, P. Association between objective and subjective measurements of comfort and discomfort in hand tools. *Applied Ergonomics*, v. 38, pp. 643-54, 2007.

MEDOLA, F.O.; SILVA, D.C.; FORTULAN, C.A.; ELUI, V.M.C.; PASCHOARELLI, L.C. The influence of handrim design on the contact forces on hands' surface: A preliminary study. *International Journal of Industrial Ergonomics* 44 (6), 851-856, 2014.

MEDOLA, F.O.; FORTULAN, C.A.; PURQUERIO, B.M.; ELUI, V.M.C. A new design for an old concept of wheelchair pushrim. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology* 7 (3), 234-241, 2012.

MEDOLA, F.O.; ELUI, V.M.C.; FORTULAN, C.A. Ergonomia no projeto e desenvolvimento de um aro de propulsão manual para cadeira de rodas. *Revista Brasileira de Inovação Tecnológica em Saúde, On-Line*, Desde 2010. p. 1-7, 2012.

MEDOLA, F.O.; SPRIGLE, S. Avaliação da Inércia Rotacional de Cadeira de Rodas Manual: implicações para o design ergonômico. *Revista D.: Design, Educação, Sociedade e Sustentabilidade*, Porto Alegre, v.6, n.2, pp. 37-53, 2014.

MEDOLA, F.O.; PISCONTI, F.; ELUI, V.M.C.; SANTANA, C.S. Dolor en individuos con lesión de la médula espinal: un estudio descriptivo. *Revista Iberoamericana de Fisioterapia y Kinesiología* 13 (2), 58-62, 2010.

MIRKA, G.A.; JIN, S.; HOYLE, J. **An evaluation of arborist handsaws**. *Applied Ergonomics*, pp. 8-14, 2009.

P.V.A.C.S.C.M. Paralyzed Veterans of America Consortium for Spinal Cord Medicine. Preservation of upper limb function following spinal cord injury: A clinical guideline for health-care professionals. *Journal of Spinal Cord Medicine*, v. 28, n. 5, pp. 434-470, 2005.

PASCHOARELLI, L. C. Usabilidade aplicada ao design ergonômico de transdutores de ultrassonografia: uma proposta metodológica para a avaliação e análise do produto [Tese de doutorado]. São Carlos: UFSCAR, 2003.

PASCHOARELLI, L. C.; MENEZES, S. M. **Design e ergonomia: aspectos tecnológicos**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009.

PASCHOARELLI, L.C., SOUSA, B.C., SILVA, D.C., SILVA, J.C.P. **A influência da variedade antropométrica entre mãos de destros e canhotos no design ergonômico de instrumentos manuais: um estudo preliminar**. *Estudos em Design*, v.15, n.1, p. 45-57, 2008.

RICHTER, W.M.; NOON, J.H.; AXELSON, P.W.  
Ergonomic wheelchair hand rim. US Patent n.  
7303203, 2007.

SCHERER, M.; CUSHMAN, L. Measuring  
subjective quality of life following spinalcord  
injury: a validation of assistive technology device  
predisposition assessment. *Disability and  
Rehabilitation*, v.23, p.387-393, 2001.

SILVA D.C.; SILVA J.C.P.; PASCHOARELLI L. C.  
**Design:** Perspectivas. Design ergonômico de  
instrumentos manuais e as avaliações de distribuição  
de pressão e de esforço percebido. Bauru: Editora  
Canal 6, 2015; p. 191-204.

WEI, S.H.; HUANG, S.L.; JIANG, C.J.; CHIU, J.C.

Wrist kinematic characterization of wheelchair  
propulsion various seating positions: implication to  
wrist pain. *Clinical Biomechanics*, v.18, p.46-52,  
2003.

WILLEMS, C.J.; BALDWIN, M.; BONINGER, M.;  
COOPER, R. Wheelchair pushrim. US Patent n.  
7497456, 2009.

## Agradecimentos

Este estudo foi desenvolvido com o apoio do CNPq  
– Conselho Nacional de Pesquisa e da FAPESP -  
Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São  
Paulo (Processo 2013/24629-5).