ISSN: 1519-7859 https://doi.org/10.4322/rae.v15e202106.pt

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ERGONOMIA

Revista Ação Ergonômica

www.abergo.org.br

# FORÇA E ATIVIDADE MUSCULAR DURANTE A ATIVIDADE DE TRAÇÃO COM E SEM O USO DE UM CARRINHO

Nívia Cecília Kruta de Araújo [1]
Catarina de Oliveira Sousa [2]
Tatiana de Oliveira Sato [3*]

[1] Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal do Piauí - UFPI, Parnaíba, PI, Brasil
[2] Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Natal, RN, Brasil
[3] Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, São Carlos, SP, Brasil

[3*] E-mail: tatisato@ufscar.br

## Resumo

Coletores de materiais recicláveis realizam atividades manuais de manuseio de materiais usando sacolas de nylon. Em cooperativas, essas sacolas são arrastadas no chão; no entanto, essa atividade foi substituída por carrinhos para facilitar a atividade, melhorar a logística, aumentar a vida útil das sacolas e reduzir queixas musculoesqueléticas. No entanto, não há evidências de que o uso de carrinhos possa trazer benefícios a essa atividade. Assim, comparamos a força de tração e a atividade muscular do membro superior durante o manuseio manual com e sem o auxílio de um carrinho. Quinze trabalhadores puxaram sacolas com plástico (20 kg), papelão (30 kg) e alumínio (40 kg), com e sem o uso de um carrinho. A força de tração foi maior quando a sacola foi manipulada manualmente e aumentou de acordo com a massa da sacola; não foram encontradas diferenças entre as massas com o uso do carrinho. A atividade muscular foi maior para o carrinho e com uma tendência a aumentar a ativação à medida que a massa aumenta. Assim, observamos que o uso do carrinho reduziu a força de tração e aumentou a ativação dos músculos dos membros superiores.

**PALAVRAS-CHAVE:** Coletores de Materiais Recicláveis; Eletromiografia; Força; Manuseio Manual de Materiais.

## 1. INTRODUÇAO

O aumento na produção de resíduos destaca a importância da reciclagem de materiais em todo o mundo. Em países em desenvolvimento, a reciclagem também é uma importante fonte de renda para trabalhadores não qualificados (Medina, 2000; Miglioransa et al., 2003; Asim et al., 2012). Preocupações com a produção de resíduos levaram os governos de muitos países da América Latina e Ásia a criar políticas públicas que incentivam catadores de resíduos a se organizarem em cooperativas de trabalho (Medina, 2000; Carmo & Oliveira, 2010; Cockell et al., 2004).

Alguns estudos identificaram riscos e condições de trabalho inadequadas entre os catadores de resíduos (Carmo & Oliveira, 2010; Cockell et al., 2004; Porto et al., 2004; Alencar et al., 2009;

Castilhos Júnior et al., 2013; Gutberlet et al., 2013; Auler et al., 2014; Souza et al., 2014; Engkvist, 2010; Engkvist et al., 2011). Esses trabalhadores estão expostos a fatores de risco físicos, químicos, biológicos e ergonômicos e têm sido fortemente afetados por distúrbios musculoesqueléticos relacionados ao trabalho. No Brasil, os trabalhadores cooperados de coleta de resíduos são responsáveis por coletar, separar e vender materiais recicláveis (Guardebassio et al., 2014). Muitas dessas atividades envolvem o manuseio manual de materiais, como puxar sacolas de nylon cheias de materiais recicláveis.

A atividade de puxar e empurrar tem sido amplamente estudada, e ainda não há consenso sobre qual atividade apresenta maior esforço (Garg et al., 2014). No entanto, foi verificada uma forte relação entre as forças de puxar e empurrar e as queixas no ombro (Hoozemans et al., 2002). O ato de puxar é caracterizado pelo esforço da mão em direção horizontal ao corpo, com diferentes componentes verticais, dependendo da altura vertical das mãos durante o puxar (Garg et al., 2014). A atividade pode ser realizada caminhando para frente com o item atrás do corpo (Laursen & Schibye, 2002; Harris-Adamson et al., 2016) ou caminhando para trás com o item na frente do corpo (Tiwari et al., 2010; Lin et al., 2013; McDonald et al., 2012; Yu et al., 2018), usando uma (Laursen & Schibye, 2002; Harris-Adamson et al., 2016; Lin et al., 2013; Yu et al., 2018) ou duas mãos (Bennett et al., 2008; Tiwari et al., 2010). Cada técnica de puxar tem um perfil individual de ativação muscular, sugerindo que os trabalhadores podem variar o método de puxar ao longo do turno de trabalho para evitar lesões musculoesqueléticas cumulativas (Bennett et al., 2011).

Uma forma frequente adotada pelos trabalhadores de coleta de resíduos para puxar as sacolas caminhando para frente é com a sacola atrás do corpo. Em geral, os trabalhadores puxam a sacola com uma mão, com o cotovelo e o ombro totalmente estendidos, o antebraço pronado e o tronco torcido. Uma posição semelhante de puxar foi estudada em outros ambientes de trabalho (Laursen & Schibye, 2002; Harris-Adamson et al., 2016; Bennett et al., 2011) e foi considerada favorável em relação à atividade muscular nos membros superiores, força compressiva lombar e forças de cisalhamento anterior-posterior em comparação com puxar com as duas mãos (Harris-Adamson et al., 2016). Variações na superfície, velocidade e carga causam diferenças nos torques do ombro, que são proporcionais à velocidade e à magnitude da carga puxada (Laursen & Schibye, 2002).

Em algumas cooperativas brasileiras, essas sacolas são arrastadas no chão; no entanto, essa tarefa tem sido progressivamente substituída por carrinhos para facilitar a atividade, melhorar as operações logísticas, aumentar a vida útil das sacolas e reduzir queixas musculoesqueléticas. Alguns estudos indicam que a atividade muscular e as forças necessárias para empurrar/puxar dependem do nivelamento do piso, modo de manuseio, atrito, diâmetro do pneu, tipo de carrinho, peso do carrinho, manutenção adequada de pneus e piso, e postura do tronco (Garg et al., 2014; Glitsch et al., 2007; Argubi-Wollesen et al., 2017). Não encontramos estudos que avaliassem os requisitos biomecânicos do manuseio de materiais recicláveis em duas condições, com e sem o auxílio do carrinho, usando medidas objetivas de força de puxar e eletromiografia de superfície. Além disso, estudar como novas ferramentas e técnicas afetam o esforço do trabalhador é importante para garantir um ambiente de trabalho mais seguro.

Portanto, o objetivo deste estudo foi comparar a força de puxar e a atividade muscular dos membros superiores durante uma atividade de manuseio manual de materiais com e sem o auxílio de um carrinho. A hipótese do estudo é que o uso do carrinho diminuirá as forças de puxar e a atividade muscular dos membros superiores. Além disso, espera-se que o aumento da massa das sacolas aumente a força de puxar e a atividade muscular em ambas as condições de manuseio de materiais.

## 2. MÉTODOS

### 2.1. DESIGN DO ESTUDO E PARTICIPANTES

Este estudo foi realizado em uma cooperativa de reciclagem localizada em uma cidade de médio porte no interior do Estado de São Paulo, Brasil. Nessa cooperativa, a triagem e o manuseio de materiais no local de trabalho eram realizados exclusivamente por mulheres. Portanto, a população deste estudo era composta apenas por coletores do sexo feminino. Na época da coleta de dados, havia 29 coletores nesta cooperativa, sendo 19 mulheres no setor de triagem, sete homens coletando materiais nas ruas e três mulheres no escritório administrativo. Os critérios de inclusão foram: 1. ser mulher e trabalhar no setor de triagem; 2. ter mais de três meses de experiência no trabalho; 3. não apresentar sintomas físicos ou doenças no dia da avaliação; 4. não ter nenhuma doença crônica ou restrição de mobilidade. Indivíduos que atendiam aos critérios foram convidados a participar, e aqueles que concordaram e assinaram um termo de consentimento informado foram incluídos. O projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade (Opinião N. 459.482).

Assim, quinze trabalhadores que atenderam a todos os critérios de inclusão participaram do estudo. Todos os participantes eram dominantes com a mão direita. A idade média foi de 37 anos (DP=10,8); o índice de massa corporal (IMC) médio foi de 29,9 kg/m2 (DP=4,9) e a média de tempo de serviço foi de 27,7 meses (DP=21,4).

### 2.2. EQUIPAMENTOS

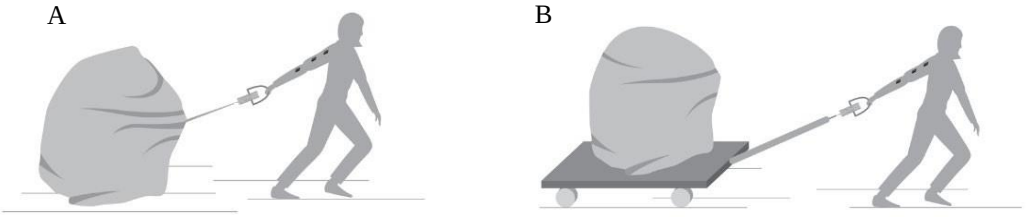
A força máxima de tração foi registrada por um dinamômetro eletrônico de tração (Kratos, modelo DDK, São Paulo, Brasil) com precisão de 0,5% e capacidade máxima de 100 kgf. A atividade muscular foi avaliada usando um sistema eletromiográfico de 8 canais (Trigno Wireless System, Delsys Inc., Boston, EUA), composto por eletrodos com 4 barras paralelas, duas barras ativas e duas estabilizadoras, o que dispensou o uso de eletrodo de referência, tamanho de contato 5x1mm, material de contato 99,9% (Sensor Padrão Trigno™), com RRMC> 80dB. O módulo de condicionamento de sinal apresenta resolução de 16 bits com sinal de 168 nV/bit, ruído geral do canal <0,75 uV e frequência de amostragem de 2000 Hz.

### 2.3. ATIVIDADES

A atividade consistia em puxar materiais reciclados acomodados dentro das sacolas. Duas formas de manuseio foram avaliadas: arrastar a sacola no chão (manual) e puxar as sacolas usando um carrinho (carrinho). As dimensões da sacola eram 130x90x90 cm. As sacolas foram preenchidas com plástico (20 kg), papelão (30 kg) e alumínio (40 kg). O carrinho era feito de metal com uma plataforma de madeira, medindo 120x60 cm, com rodas pneumáticas de 14”, massa de 29,4 kg e capacidade para 500 kg (Figura 1). A ordem dos tipos de atividade foi randomizada para cada participante.

ISSN: 1519-7859 https://doi.org/10.4322/rae.v15e202106.pt

Figura 1. Atividades de puxar: A. Arrastando a sacola no chão (manual) e B. Puxando a sacola usando um carrinho (carrinho).




## 2.4. PROCEDIMENTOS

A coleta de dados foi realizada no local de trabalho. Os voluntários foram informados e instruídos sobre os procedimentos. Eles foram solicitados a puxar as sacolas por 10 metros a uma velocidade natural. Cada atividade foi realizada uma vez para cada material, totalizando seis manuseios para cada trabalhador. O dinamômetro foi acoplado à alça da sacola para a atividade manual e à alça do carrinho para a atividade com carrinho. A força máxima foi normalizada pela massa corporal e expressa como porcentagem da massa corporal.

A atividade elétrica dos músculos trapézio (superior, médio e inferior), deltoides (médio e posterior), tríceps braquial (cabeça longa e lateral) e extensores do punho foi avaliada. Antes de fixar os eletrodos, a pele foi raspada e limpa com álcool (Luca, 2003). A localização dos sensores e os testes de contração voluntária máxima (CVM) foram realizados de acordo com o protocolo SENIAM (Eletromiografia de Superfície para a Avaliação Não Invasiva de Músculos) (SENIAM, 2016) para todos os músculos, exceto para os extensores do punho, que não estavam disponíveis na página da SENIAM.

Para os músculos extensores do punho, o sensor foi colocado sobre o ventre muscular localizado por palpação durante a CVM com o antebraço pronado (Akesson et al., 1997). O teste de CVM foi realizado com o sujeito sentado, com o cotovelo flexionado a 90° e o antebraço pronado descansando em uma superfície ajustável em altura. A extensão máxima do pulso foi realizada com uma faixa inelástica presa a uma placa de metal no chão (Akesson et al., 1997).

O sinal eletromiográfico foi filtrado digitalmente por meio de um filtro passa-banda de 20 a 450 Hz, retificado e o valor máximo da RMS (Raiz Quadrada Média) foi calculado por meio de um algoritmo de janela móvel de 150 ms com interposição de 50 ms, utilizando o software Matlab (Math Works, Inc., versão 2013a, Massachusetts, EUA). A normalização foi realizada pela média dos três valores de pico da CVM (Mathiassen et al., 1995), e a atividade muscular durante as atividades de manuseio foi transformada como porcentagem da CVM.

## 2.5. ANÁLISE DE DADOS

Os dados da força de tração (percentual da massa corporal) e o valor máximo normalizado da RMS de cada músculo (% CVM) foram analisados utilizando o software SPSS (versão 17.0). A análise estatística foi conduzida por meio de ANOVA de duas vias para medidas repetidas. Os efeitos fixos foram: atividade (manual x carrinho) e massa (20, 30 e 40 kg). As variáveis dependentes foram força de tração e atividade elétrica muscular para cada músculo. Os valores de F, P e o tamanho do efeito (eta quadrado parcial) são mostrados tanto para os efeitos principais de cada fator (atividade e massa) quanto para a interação entre os fatores (atividade*massa). Quando a interação entre os fatores foi significativa, os efeitos simples foram interpretados em vez dos

efeitos principais de cada fator. Quando a interação foi estatisticamente significativa, as diferenças entre as médias (MD), o intervalo de confiança dessas diferenças (IC 95%) e o tamanho do efeito (d de Cohen) foram calculados. O tamanho do efeito > 0.8 foi considerado grande, 0.5-0.8 moderado, 0.2-0.5 pequeno e <0.2 fraco. Para todas as comparações, o nível de significância foi fixado em 5%.

## 3. RESULTADOS

A força de tração foi maior quando a sacola foi arrastada no chão em comparação com o uso do carrinho, sendo estatisticamente significativa para o papelão (MD=1,02 N/kgf; IC 95%=0,41-1,62; d=5,49) e alumínio (MD=2,25 N/kgf; IC 95%=1,39-3,11; d=10,07). Para o manuseio manual, a força máxima aumentou de acordo com a massa da sacola; e a força foi significativamente maior para o alumínio quando comparado ao plástico (MD=1,72 N/kgf; IC 95%=1,07-2,38; d=0,65) e papelão (MD=1,25 N/kgf; IC 95%=0,96-1,55; d=0,43). Quando a atividade foi realizada com o carrinho, não foram encontradas diferenças entre as sacolas de plástico, papelão e alumínio.

Tabela 1. Média e desvio padrão [média (DP)] para a força máxima de tração (N/kgf) durante o manuseio manual e com carrinho para plástico (20 kg), papelão (30 kg) e alumínio (40 kg).

| **Massa** | **Atividades** | | **Fatores** | ***F*** | ***P*** | **Tamanho do efeito** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **manual** | **carinho** | | | | |
| plástico | 15.19 (4.86)[a] | 11.31 (6.28) | Atividade | 18.48 | 0.001 | 0.57 |
| Papelão | 22.90 (7.37)[b*] | 12.53 (7.24)[*] | massa | 58.81 | <0.001 | 0.80 |
| Alumínio | 35.71 (9.45)[a.b.*] | 12.69 (8.26)[*] | Atividade*massa | 42.05 | <0.001 | 0.75 |

Letras iguais representam diferenças entre as massas e * representam diferenças entre as atividades.

Os resultados da ativação muscular estão apresentados na Tabela 2 (em apêndice). A ativação muscular foi maior quando o manuseio do material foi realizado com o auxílio do carrinho, exceto para a porção superior do trapézio. Para esse músculo, a análise post hoc indicou diferença entre as atividades apenas para o alumínio (P=0,04; MD=7,82; IC 95%=0,29-15,35; d=0,27) com maior ativação no manuseio manual. Para os outros músculos, as diferenças entre as atividades ocorreram para todas as massas, exceto para o manuseio de alumínio no trapézio (médio e inferior) e deltoides posteriores.

A diferença entre as massas foi significativa apenas para o manuseio manual de materiais, com uma tendência significativa de aumento da ativação à medida que a massa aumenta para as três porções do trapézio e deltoides posteriores. Não foram identificadas diferenças entre as massas para os outros músculos.

## 4. DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi comparar a força de tração e a atividade muscular dos membros superiores durante a atividade de puxar materiais recicláveis manualmente e com o uso de um carrinho. As hipóteses do estudo eram que o uso do carrinho reduziria a força de tração e a atividade muscular dos membros superiores, e que o aumento da massa das sacolas aumentaria a força de tração e a atividade muscular nas duas condições de manuseio de materiais.

Nossos resultados confirmaram parcialmente as hipóteses, uma vez que o uso do carrinho diminuiu a força de tração para o manuseio de papelão e alumínio. No entanto, ao usar o carrinho,

a atividade muscular aumentou para todos os músculos, exceto para o trapézio superior. Além disso, o aumento da massa provocou um aumento na força de tração e na atividade dos três segmentos do trapézio e do deltoides posteriores, apenas para o manuseio manual.

A expectativa era que a força de tração diminuísse ao usar o carrinho, resultado também encontrado por Schibye et al. (2001), avaliando as forças de tração quando catadores de materiais lidavam com sacolas de 25 a 50 kg. No entanto, não esperávamos que a ativação muscular fosse maior ao usar o carrinho. Alguns fatores podem ter contribuído para o aumento da atividade muscular no manuseio do carrinho. A haste usada para puxar o carrinho faz com que o trabalhador fique mais distante dele, deslocando o centro de gravidade do sistema carrinho-operador, possivelmente exigindo uma maior estabilização articular para evitar movimentos indesejados e manter o trajeto reto.

Além disso, dependendo da direção da aplicação da força, o carrinho poderia se movimentar lateralmente. Assim, podemos supor que os músculos do ombro, especialmente as porções média e inferior do trapézio, aumentaram sua ativação para estabilizar a escápula (Mottram, 1997) e evitar o deslocamento lateral do carrinho. Uma explicação adicional para esse achado pode estar relacionada à maior força de atrito no manuseio manual, que requer menos atividade muscular para estabilizar a carga.

Outra hipótese deste estudo era que o aumento da massa aumentaria a força de tração e a atividade muscular. Essa hipótese também foi parcialmente confirmada, uma vez que a força de tração e a atividade muscular dos três segmentos do trapézio e do deltoides posteriores aumentaram significativamente com o aumento da massa apenas para o manuseio manual. Esses achados podem ser explicados pela principal função desses músculos de puxar a carga. O deltoides médio e o tríceps braquial não estiveram muito ativos durante a atividade, e sua ativação não dependeu da massa puxada. Os músculos extensores do punho atuam como estabilizadores do pulso e sua ativação durante a atividade de puxar também foi independente da massa.

Estudos futuros devem considerar a avaliação da usabilidade do carrinho e a percepção dos trabalhadores sobre o uso do carrinho para entender o motivo do aumento da atividade muscular nos membros superiores. Além disso, é possível que os trabalhadores tenham utilizado diferentes estratégias motoras de acordo com a estabilidade da carga. Recomendamos também que estudos futuros avaliem outros grupos musculares potencialmente envolvidos na tarefa, como os músculos do tronco e membros inferiores.

### 4.1. LIMITAÇÕES DE ESTUDO

Este estudo teve como principal limitação o tamanho reduzido da amostra; no entanto, todos os sujeitos elegíveis foram avaliados. Outro aspecto a ser considerado é que a amostra consistiu exclusivamente de mulheres, o que não permite generalizações para trabalhadores do sexo masculino. A técnica utilizada pelos trabalhadores para realizar as atividades também pode influenciar nossos resultados, demandando uma abordagem biomecânica mais abrangente.

## 5. CONCLUSÃO

O uso do carrinho para manipular materiais recicláveis reduziu a força de tração, mas aumentou a

ativação muscular dos membros superiores. Esses resultados indicam que o uso desse dispositivo pode não ser vantajoso para reduzir a sobrecarga muscular nos membros superiores. A implementação de carrinhos para puxar as sacolas requer um estudo mais aprofundado das estratégias motoras e dos efeitos do aumento da atividade muscular nos membros superiores.

## 6. SUPORTE FINANCEIRO

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## 7. REFERÊNCIAS

Akesson I, Hansson GÅ, Balogh I, Moritz U, Skerfving S. Quantifying work load in neck, shoulders and wrists in female dentists. Int Arch Occup Environ Health. 1997;69(6):461–474. doi:10.1007/s004200050175.

Alencar MCB, Cardoso CCO, Antunes MC. Condições de trabalho e sintomas relacionados à saúde de catadores de materiais recicláveis em Curitiba. Rev Ter Ocup Univers São Paulo. 2009;20(1):36–42. doi:10.11606/issn.2238-6149.v20i1p36-42.

Argubi-Wollesen A, Wollesen B, Leitner M, Mattes K. Human body mechanics of pushing and pulling: analyzing the factors of task-related strain on the musculoskeletal system. Safety Health Work. 2017;11–18. doi:10.1016/j.shaw.2016.07.003.

Asim M, Batool SA, Chaudhry MN. Scavengers and their role in the recycling of waste in Southwestern Lahore. Res Conserv Recyc. 2012;58:152–162. doi:10.1016/j.resconrec.2011.10.013.

Auler F, Nakashima AT, Cuman RK. Health conditions of recyclable waste pickers. J Community Health. 2014;39(1):17–22. doi:10.1007/s10900-013-9734-5.

Bennett AI, Desai SD, Todd AI, Freeland H. The effects of load and gradient on hand force responses during dynamic pushing and pulling tasks. Ergonomics SA. 2008;20:3-15.

Bennett AI, Todd AI, Desai SD. Pushing and pulling, technique and load effects: an electromyographical study. Work. 2011;38(3):291-299. doi:10.3233/WOR-2011-1132.

Carmo MS, Oliveira JAP. The semantics of garbage and the organization of the recyclers: implementation challenges for establishing recycling cooperatives in the city of Rio de Janeiro, Brazil. Res Conserv Recyc. 2010;54:1261–1268. doi:10.1016/j.resconrec.2010.04.005.

Castilhos Júnior AB, Ramos NF, Alves CM, Forcellini FA, Graciolli OD. Catadores de materiais recicláveis: análise das condições de trabalho e infraestrutura operacional no Sul, Sudeste e Nordeste do Brasil. Cienc Saúde Coletiva. 2013;18(11):3115–3124. doi:10.1590/S1413-81232013001100002.

Cockell FF, Carvalho AMC, Camarotto JA, Bento PEG. A triagem de lixo reciclável: análise ergonômica da atividade. Rev Bras Saúde Ocup. 2004;29(110):17–26. doi:10.1590/S0303-76572004000200003.

Cohen J. The concepts of power analysis. In: Cohen J, editor. Statistical power analysis for the behavioral sciences. New Jersey: Academic Press, Inc; 1998. p.1–17.

Engkvist I-L, Svensson R, Eklund EJ. Reported occupational injuries at Swedish recycling centre-based on official statistics. Ergonomics. 2011;54(4): 357–366.

doi:10.1080/00140139.2011.556261.

Engkvist I-L. Work conditions at recycling centers in Sweden - physical and psychosocial work environment. Appl Ergon. 2010;41:347–354. doi:10.1016/j.apergo.2009.06.008.

Garg A, Waters T, Kapellusch J, Karwowski W. Psychophysical basis for maximum pushing and pulling forces: a review and recommendations. Int J Ind Ergon. 2014;44: 281–291. doi:10.1016/j.ergon.2012.09.005.

Glitsch U, Ottersbach HJ, Ellegast R, Schaub K, Franz G, Jäger M. Physical workload of flight attendants when pushing and pulling trolleys aboard aircraft. Int J Ind Ergon. 2007;37: 845–854. doi:10.1016/j.ergon.2007.07.004.

Guardebassio EV, Dias M, Pereira RS, Venturi L. Occupational safety and health in the screening of municipal solid waste in coop Cidade Limpa of Santo André. Rebrae. 2014;7(3):263–280. doi: 10.7213/rebrae.07.003.AO02.

Gutberlet J, Baede AM, Pontuschka NN, Felipone SMN, Santos TLF. Participatory research revealing the work and occupational health hazards of cooperative recyclers in Brazil. Int J Environ Res Public Health. 2013;10:4607–4627. doi: 10.3390/ijerph10104607.

Harris-Adamson C, Mielke A, Xu X, Lin JH. Ergonomic evaluation of standard and alternative pallet jack handless. Int J Ind Ergon. 2016; 54: 113–119. doi:10.1016/j.ergon.2016.05.00.

Hoozemans MJM, van der Beek AJ, Frings-Dresen MHW, van der Woude LHV, Dijk FJH. Pushing and pulling in association with low-back and shoulder complaints. Occup Environ Med. 2002;59:696–702. doi:10.1136/oem.59.10.696.

Laursen B, Schibye B. The effect of different surfaces on biomechanical loading of shoulder and lumbar spine during pushing and pulling of two-wheeled containers. Appl Ergon. 2002; 33:167–174. doi:10.1016/S0003-6870(01)00054-0.

Lin JH, McGorry RW, Maynard, W. One-handed standing pull strength in different postures: normative data. Appl Ergon. 2013;44:603–608. doi:10.1016/j.apergo.2012.12.001.

Luca, DG. Delsys: fundamental concepts in EMG signal acquisition, DelsysInc, 2003.

Mathiassen SE, Winkel J, Hagg G.M. Normalization of surface EMG amplitude from the upper trapezius muscle in ergonomic studies: a review. J Electromyogr Kinesiol. 1995;5:197–226. doi:10.1016/1050-6411(94)00014-X.

McDonald A, Picco BR, Belbeck AL, Chow AY, Dickerson CR. Spatial dependency of shoulder muscle demands in horizontal pushing and pulling. Appl Ergon. 2012;43(6):971-978. doi:10.1016/j.apergo.2012.01.005.

Medina M. Scavenger cooperatives in Asia and Latin America. Res Conserv Recyc. 2000;31:51–69. doi:10.1016/S0921-3449(00)00071-9.

Miglioransa MH, Rosa LC, Perin C, Ramos GZ, Fossati GF, Stein A. Epidemiologic study of the selective garbage collectors. Rev Bras Saúde Ocup. 2003;28:19–28. doi:10.1590/S0303-76572003000200003.

Mottram, SL. Dynamic stability of the scapula. Manual Therapy. 1997;2(3):123–131. doi:10.1054/math.1997.0292.

Porto MF, Juncá DC, Gonçalves RS, Filhote MI. Garbage, work, and health: a case study of garbage pickers at the metropolitan landfill in Rio de Janeiro, Brazil. Cad Saude Publica.

2004;20(6):1503–1514. doi:10.1590/S0102-311X2004000600007.

Schibye B, Sogaard K, Martinsen D, Klausen K. Mechanical load on the low back and shoulders during pushing and pulling of two-wheeled waste containers compared with lifting and carrying of bags and bins. Clin Biomech. 2001;16:549–559. doi:10.1016/S0268-0033(01)00039-0.

Seniam. Recommendations for sensors locations on individual muscles.http://www.seniam.org. Accessed February 2nd, 2016.

Souza RLR, Fontes ARM, Salomão AS. A triagem de materiais recicláveis e as variabilidades inerentes ao processo: estudo de caso em uma cooperativa. Cienc Saúde Coletiva. 2014;19(10):4185–4195. doi:10.1590/1413-812320141910.09072014.

Tiwari PS, Gite LP, Majumder J, Pharade SC, Sin VV. Push/pull strength of agricultural workers in central India. Int J Ind Ergon. 2010;40:1–7. doi:10.1016/j.ergon.2009.10.001.

Yu D, Xu X, Lin J-H. Impact of posture choice on one-handed pull strength variations at low, waist, and overhead pulling heights. Int J Ind Ergon. 2018;64:226-234. doi:10.1016/j.ergon.2017.07.004.

**APPENDIX - Table 2.** Mean and standard deviation [mean (SD)] for the muscular activity (RMS) during the manual and cart handling for plastic (20 kg), cardboard (30 kg) and aluminium (40 kg).

| Muscles | Mass | Activities | | Factors | *F* | *P* | Effect size |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | manual | cart | | | | |
| Upper Trapezius | plastic | 21.34 (16.46)[a.c] | 23.51 (18.40) | activity | 0.42 | 0.53 | 0.03 |
| | cardboard | 24.53 (18.65)[b.c] | 24.86 (17.52) | mass | 6.98 | <0.01 | 0.35 |
| | aluminium | 32.71 (23.54)[a.b.*] | 24.89 (17.52)[*] | activity*mass | 7.31 | <0.01 | 0.36 |
| Middle Trapezius | plastic | 20.05 (16.53)[d.*] | 37.85 (19.99)[*] | activity | 14.91 | <0.01 | 0.53 |
| | cardboard | 25.03 (21.16)[e.*] | 38.32 (24.60)[*] | mass | 4.08 | 0.03 | 0.24 |
| | aluminium | 36.39 (31.02)[d.e] | 36.39 (20.68) | activity * mass | 4.99 | 0.02 | 0.28 |
| Lower Trapezius | plastic | 6.99 (5.18)[f.h.*] | 15.97 (8.66)[*] | activity | 12.16 | <0.01 | 0.50 |
| | cardboard | 10.01 (7.19)[g.h.*] | 14.61 (8.87)[*] | mass | 5.08 | 0.01 | 0.30 |
| | aluminium | 14.05 (10.41)[f.g] | 16.75 (10.76) | activity * mass | 3.81 | 0.04 | 0.24 |
| Middle Deltoid | plastic | 6.6 (3.49)[*] | 18.77 (9.20)[*] | activity | 30.58 | <0.01 | 0.69 |
| | cardboard | 7.38 (4.65)[*] | 20.64 (14.53)[*] | mass | 1.28 | 0.29 | 0.08 |
| | aluminium | 9.76 (6.24)[*] | 19.75 (10.21)[*] | activity * mass | 0.62 | 0.48 | 0.04 |
| Posterior Deltoid | plastic | 9.99 (5.15)[i.k.*] | 19.74 (10.2)[*] | activity | 4.67 | 0.05 | 0.26 |
| | cardboard | 12.32 (6.15)[j.k.*] | 20.01 (11.54)[*] | mass | 6.53 | 0.02 | 0.33 |
| | aluminium | 21.81 (14.04)[i.j] | 21.42 (14.04) | activity * mass | 9.13 | <0.01 | 0.41 |
| Triceps brachii - long head | plastic[i] | 4.48 (2.01)[*] | 10.38 (5.75)[*] | activity | 5.21 | 0.04 | 0.32 |
| | cardboard | 6.50 (6.44)[*] | 9.57 (5.70)[*] | mass | 4.79 | 0.02 | 0.30 |
| | aluminium[i] | 9.43 (4.88)[*] | 9.78 (5.25)[*] | activity * mass | 3.42 | 0.08 | 0.24 |
| Triceps brachii - lateral head | plastic | 9.31 (6.18)[*] | 18.91 (13.69)[*] | activity | 11.59 | <0.01 | 0.45 |
| | cardboard | 11.76 (11.44)[*] | 17.72 (12.69)[*] | mass | 1.60 | 0.22 | 0.10 |
| | aluminium | 14.76 (12.75)[*] | 18.00 (11.75)[*] | activity * mass | 1.52 | 0.24 | 0.10 |
| Wrist extensors | plastic | 14.92 (11.02)[*] | 29.85 (16.65)[*] | activity | 25.55 | <0.01 | 0.65 |
| | cardboard | 16.11 (13.95)[*] | 30.02 (13.94)[*] | mass | 1.14 | 0.33 | 0.08 |
| | aluminium | 16.83 (12.09)[*] | 31.74 (20.73)[*] | activity * mass | 0.03 | 0.89 | 0.01 |

Equal letters represent differences between masses and * represent differences between activities.