

Movimentação manual de cargas – Influência na força requerida para manutenção do equilíbrio durante transposição de obstáculos em trabalhadores da construção

Manual material handling – Effect on the force required to maintain balance during obstacle clearance in construction workers

Azevedo, Rui^a; Martins, Cristina^b; Sá, Maria Manuel^b; Rodrigues, Carlos^b; Cardoso, João^b; Teixeira, José^c; Barroso, Mónica^c

^aCentro de Apoio Técnico à Segurança no Trabalho, Instituto Superior da Maia Av. Carlos Oliveira Campos 4475-690 Avioso S. Pedro, razevedo@maieutica.ismai.pt, crodrigues@ismai.pt, jcardoso@ismai.pt

^bCIDESD, Instituto Superior da Maia Av. Carlos Oliveira Campos 4475-690 Avioso S. Pedro, mmartins@docentes.ismai.pt

^cEscola de Engenharia, Universidade do Minho Campus de Azurém 4800-058 Guimarães, jct@civil.uminho.pt, mbarroso@dps.uminho.pt

RESUMO

A construção representa a nível mundial, o sector com maior número de acidentes mortais associados a quedas. Diversos estudos têm sido efectuados no sentido de compreender as causas e circunstâncias relativas à ocorrência destes acidentes. Os resultados destes estudos apontam, entre outros, factores ligados a tropeçamentos e tropeçamentos em estruturas e obstáculos presentes em obra. Apesar da enorme prevalência de operações de movimentação manual de cargas ao longo do processo construtivo e do efeito negativo destas operações no equilíbrio postural e na percepção de factores de risco, por limitação do campo de visão verifica-se ser, ainda insipiente, o seu estudo na ocorrência de acidentes.

No presente artigo apresenta-se um estudo laboratorial, no qual se pretende verificar o contributo de operações de movimentação manual de cargas para a ocorrência de quedas, através da análise da força requerida para manutenção do equilíbrio aquando da transposição de obstáculos. Para o efeito recorreu-se a uma amostra de oito trabalhadores da construção. Na análise da força exercida cada trabalhador utilizou um arnês, acoplado a uma célula de força suspensa numa linha de vida. A análise dos resultados obtidos demonstrou ser necessário (ou seja, existir...) um aumento da força exercida pelo trabalhador, para a manutenção do equilíbrio, aquando do transporte de cargas.

Palavras-chave: Transposição de obstáculos; célula de força; Equilíbrio postural; movimentação manual de cargas; segurança na construção.

ABSTRACT

The construction industry has been the sector that reports a higher incidence of fatal accidents all over the world. Several studies have been conducted in order to address the causes of higher rates of accidents in this sector. These studies point out, among other factors, the occurrence of trips and slips in obstacles and structures as major causal factors for the occurrence of falls. In spite of the enormous amount of tasks, in the construction process, involving manual material handling of loads and its negative effect on postural balance and risk perception, the contribution of these tasks for the occurrence of falls, in the construction industry, is scarce.

The paper presents a laboratory simulation study of the contribution of manual material handling tasks for the occurrence of falls through the analysis of the force required to preserve postural balance during obstacle clearance. A sample of eight construction workers participated on this study, which were attached, by an harness, to a load cell in order to analyse the force exerted during the performance of each trial. The results showed an increase of the applied force when the task was performed with the handling of a load

Keywords: Obstacle clearance; Load cell; postural balance; manual material handling; construction safety

INTRODUÇÃO

O sector da construção civil tem sido apontado, na bibliografia, como aquele que regista o maior número de acidentes de trabalho, sobretudo relativos a quedas (Salminen, 1995; Jeong, 1998; Hinze et al., 1998; Janicak, 1998; Møllingsvold et Møller, 1997; Goldsheider et al., 2002; Pan et al., 2002; Huang et Hinze, 2003; Pertula et al., 2004; Chi et al., 2004; Chi et al., 2005; Haslam et al., 2005; Hämäläinen et al., 2006; Ale et al., 2008; HSE, 2009; Glazner et al 2006 Glazner et al 2005).

Assim como ao mesmo nível devem-se, principalmente, a tropeçamentos resultantes da desorganização típica de processos de construção civil, muitas vezes associadas a transporte de objectos de grandes dimensões e pesos (Lombard et al., 2006 Glazner et al., 2005; Pacquett et al., 1999; Pan et al., 2003).

Assim como é referido na literatura, (Leclercq et al., 2005; Leclercq et al., 2007), os estudos efectuados sobre a ocorrência de acidentes são muito insipientes.

Esta realidade refere que a probabilidade de tropeçamento e queda, aquando da transposição de obstáculos em obra aumenta com o transporte manual de cargas (Azevedo et al., 2010). Por outro lado, verifica-se que a movimentação manual de cargas, sobretudo de peso elevado, perturba o equilíbrio postural (Roberts, 1995; Myung et al., 1997; Myung et Smith, 1997; Toussaint et al, 1998; Van der Burg et al., 2000; Kolmitzer et al., 2003). Assim sendo, o estudo da influência da força exercida pelo trabalhador, para a manutenção do equilíbrio durante a transposição de obstáculos, em operações de movimentação manual de cargas é fundamental para aprofundar a investigação neste domínio e propor soluções para minimizar o impacto da ocorrência de quedas no sector da Construção.

Neste estudo, procedeu-se à medição da força exercida por uma amostra de trabalhadores, afectos à construção civil, durante a transposição de obstáculos em quatro condições distintas: sem carga; com movimentação manual de cargas de diferente peso ao ombro, lateralmente e frontalmente.

Apesar da ultrapassagem do obstáculo, durante a marcha, assumir diversas formas, desde transpor, pisar o obstáculo ou circundar (Austin et al., 1999; Berard et Vallis, 2006), neste estudo apenas se estudou o processo de transposição, uma vez que para além de ser o mais comum num estaleiro de construção civil parece ser o que impõe maior desafio para a manutenção do equilíbrio, implicando um risco acrescido de queda (Austin et al., 2002).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia seguiu o protocolo anteriormente referido por Azevedo et al. (2010), o qual constou na selecção de uma amostra de 8 trabalhadores afectos à construção civil, sem qualquer histórico de lesões musculoesqueléticas ou neurológicas com influência ao nível do equilíbrio postural.

Durante os ensaios os trabalhadores executaram, repetidamente, marcha estacionária num tapete rolante (marca WERLAGO especialmente concebido para o efeito) de 4 metros de comprimento, com uma velocidade constante de 4 Km/h, correspondente à velocidade normal de marcha com transporte de carga. Sobre o tapete foram colocados, com intervalos de tempo variáveis, três obstáculos, ocultados por uma cortina, para evitar a antecipação destes durante o processo de marcha e garantir um efeito de surpresa no surgimento dos obstáculos.

A utilização dos três obstáculos teve como intuito simular os diversos constrangimentos que podem surgir num estaleiro de construção civil.

Cada trabalhador recebeu instruções para proceder à transposição dos obstáculos. Para evitar a queda e assegurar a integridade física, o trabalhador encontrava-se suspenso por um arnês, durante a realização dos ensaios. Acoplado a esse arnês encontrava-se uma célula de força (Globus Ergometer Load Cell).

O procedimento experimental envolveu três ensaios de transposição de obstáculos em quatro tarefas distintas: andar sobre a passadeira com transposição de obstáculos sem transporte de carga; andar sobre a passadeira com transposição de obstáculos com transporte de uma carga de 25 kg; andar sobre a passadeira com transposição de obstáculos com transporte de uma carga de 18 kg; andar sobre a passadeira com transposição de obstáculos com transporte de uma carga de 10 kg).

Nas tarefas envolvendo movimentação de cargas, os trabalhadores adoptaram três posturas distintas (transporte de carga ao ombro, lateral e frontal) comumente utilizadas pelos trabalhadores em obra.

Antes de iniciar cada ensaio a célula foi calibrada, com o trabalhador em posição ortoestática, ($F_0 = 0$ kg/f), de acordo com a figura 1 a). A força medida na célula de força, aquando da transposição do obstáculo, corresponde ao vector F_f representado na figura 1 b).

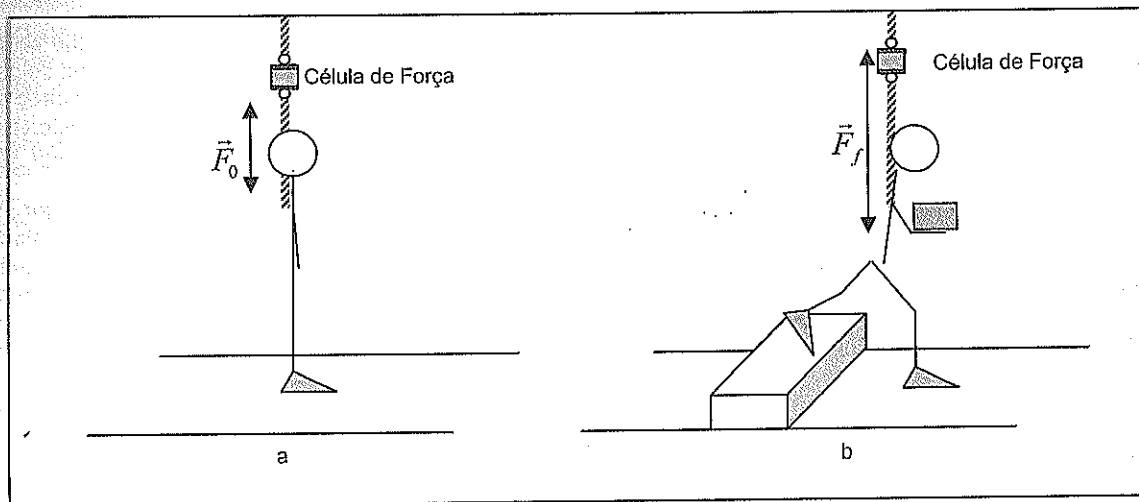


Figura 1- Esquema dos ensaios efectuados em que se indicam as características a) da força inicial F_0 e b) da força exercida pelo trabalhador, F_f , aquando da transposição do obstáculo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 apresenta os resultados obtidos da força média exercida pelos 8 trabalhadores para cada um dos ensaios efectuados.

Tabela 1 – Força média exercida pelos trabalhadores durante os ensaios

Postura	Força	
	Média (Kgf)	DP (Kgf)
SI/ carga	8,63	5,01
Transporte de carga de 10 Kg lateral	8,97	7,39
Transporte de carga de 18 Kg lateral	9,64	7,63
Transporte de carga de 25 Kg lateral	11,75	9,18
Transporte de carga de 10 Kg ao ombro	9,59	6,67
Transporte de carga de 18 Kg ao ombro	9,10	8,31
Transporte de carga de 25 Kg ao ombro	10,62	8,06
Transporte de carga de 10 Kg frontal	12,31	12,28
Transporte de carga de 25 Kg frontal	13,74	10,55

1.1. Influência da carga

Verifica-se, pela análise de variância (ANOVA) efectuada, a existência de diferenças estatisticamente significativas na força média exercida pelo trabalhador, aquando da transposição dos obstáculos com diferentes cargas, quando a carga é transportada lateralmente ou frontalmente ($P < 0,01$). Porém, quando a carga é transportada ao ombro não existem diferenças estatisticamente significativas nos valores médios obtidos para a força exercida pelo trabalhador aquando do transporte das diferentes cargas ($P > 0,05$).

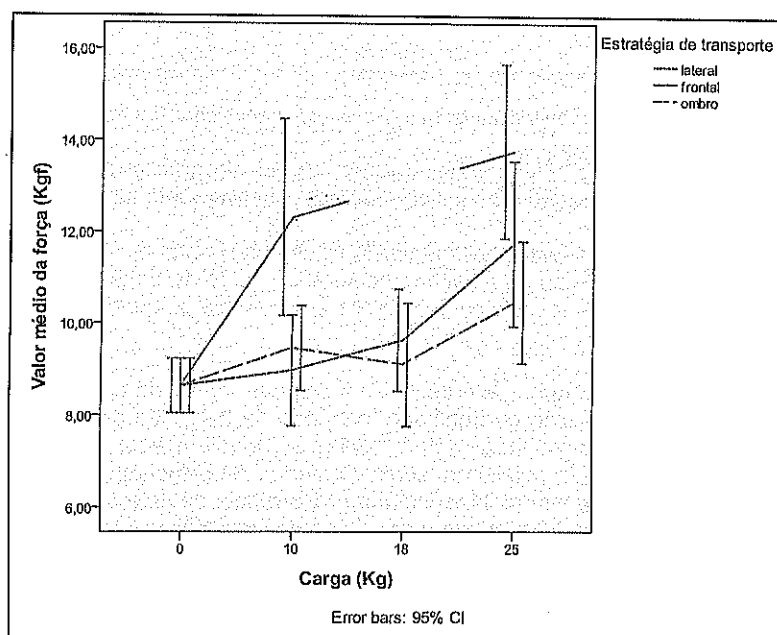


Figura 2 – Gráfico do valor médio da força exercida pelo trabalhador, em função da carga

A aplicação do teste HSD de Tukey, complementada pela análise do gráfico da figura 2 revela que quando a carga é transportada frontalmente, os valores obtidos para a força de recuperação de equilíbrio exercida pelo trabalhador, aquando do transporte de cargas de 10Kg e 25Kg são significativamente superiores aos obtidos quando o trabalhador não transporta qualquer carga. Assim, os resultados obtidos demonstram que a transposição de obstáculos torna-se mais instável e mais exigente, em termos de recuperação de equilíbrio postural, quando é efectuado transporte de cargas.

No que se refere ao transporte lateral da carga verificou-se, pela aplicação do teste HSD de Tukey e pela análise do gráfico da figura 2, um aumento estatisticamente significativo para o valor médio obtido da força de recuperação do equilíbrio, exercida pelo trabalhador, durante a transposição do obstáculo, no transporte de cargas de 25Kg, em relação aos obtidos sem qualquer transporte de carga, ou com cargas de 10 kg e 18 kg.

Estes resultados parecem indicar que o processo de manutenção do equilíbrio, durante a transposição de obstáculos, é mais complexo no transporte de cargas mais pesadas (a partir de 25Kg), sendo este processo pouco afectado no transporte de cargas mais leves (10Kg e 18Kg).

Em relação ao transporte de cargas ao ombro, verifica-se a inexistência de diferenças estatisticamente significativas em relação aos valores obtidos para a força de recuperação de equilíbrio exercida pelo trabalhador. Assim, é possível constatar que o processo de recuperação do equilíbrio, durante a transposição de obstáculos, quando a carga é transportada ao ombro, não é afectado pelo peso da carga.

1.2. Influência da estratégia de transporte

Verifica-se, pela análise de variância (ANOVA) efectuada, a existência de diferenças estatisticamente significativas na força média exercida pelo trabalhador, aquando da transposição dos obstáculos em função da estratégia de transporte adoptada pelo trabalhador ($P < 0,01$).

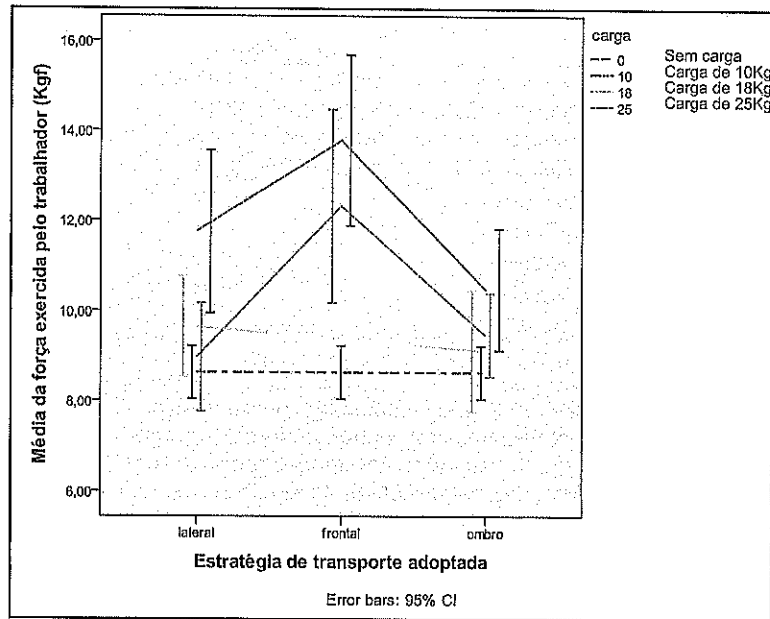


Figura 3 – Gráfico do valor médio da força exercida pelo trabalhador, em função da carga

De acordo com o teste HSD de Tukey, complementado pela análise do gráfico da figura 3, verifica-se que os valores obtidos para a força de recuperação do equilíbrio são significativamente mais elevados para o transporte de cargas frontal.

Face aos resultados obtidos verifica-se que a estratégia de transporte frontal da carga é a que impõe maiores dificuldades na manutenção e recuperação do equilíbrio postural aquando da transposição de obstáculos. Assim é possível inferir que esta estratégia é que mais contribui para a ocorrência de quedas.

4. CONCLUSÕES

Face aos resultados obtidos verifica-se que a estratégia de transporte frontal da carga é que apresenta maiores dificuldades na manutenção e recuperação do equilíbrio, aquando da transição de obstáculos, este facto pode ser explicado, de acordo com Toussaint et al. (1997) pela adição da massa da carga ao indivíduo, com consequentemente deslocação do CM do sujeito em sentido anterior. A deslocação anterior do CM em relação à base de suporte perturba o equilíbrio postural, potenciando a ocorrência de quedas. Roberts, (1995), Kollmitzer et al. (2002) e Pan et al. (2003) através do aumento a amplitude das oscilações corporais, o que contribui para a ocorrência de situações de desequilíbrio.

Verifica-se, também, que a força requerida para recuperação do equilíbrio aumenta com cargas de maior peso, o que pode estar associado à diminuição no comprimento de ciclo de marcha decorrente do aumento de peso da carga assim como à maior deslocação sofrida pelo CM aquando do transporte de cargas mais pesadas (Hsiang et Chang, 2002).

Em termos de estratégia de transporte constata-se que o transporte ao ombro, apesar de não ser ergonomicamente mais favorável e contribuir para a ocorrência de lesões músculo-esqueléticas, foi o que ofereceu maior estabilidade postural.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ale, B., Bellamy, L., Baksteen, H., Damen, M., Goossens, L., Hale, A., et al. (2008). Accidents in the construction industry: An analysis of accident reports using storybuilder. *Reliability Engineering and System Safety* (93), pp. 1523-1533.
- Azevedo, Rui; Cardoso, João; Rodrigues, Carlos; Martins, Cristina; Teixeira, José; Barroso, Mónica (2010). Acidentes devido à Manutenção manual de cargas na construção civil. livro de actas do Colóquio Internacional de Segurança e Higiene Ocupacionais, pp 80-84.
- Chi, C.-F. (2004). Accident analysis of work-related injuries in Taiwan. *Proceedings of the Ergonomic Congress of the Official Portuguese language Countries*.
- Chi, C.-F., Chang, T.-C., & Ting, H.-I. (2005). Accident patterns and prevention measures for fatal occupational falls in the construction industry. *Applied Ergonomics* (36), pp. 391-400.
- Glazner, J., Bondy, J., Lezotte, D. C., Lipscomb, H., & Guarini, K. (2005). Factors Contributing to Construction Injury at Denver International Airport. *American Journal of Industrial Medicine* (47), pp. 27-36.
- Goldsheider, D., Nordin, M., Weiner, S. S., & Hiebert, R. (2002). Musculoskeletal Symptom Survey Among Mason Tenders. *American Journal of Industrial Medicine* (42), pp. 384-396.
- Hämäläinen, P., Takala, J., & Saarela, K. L. (2006). Global estimates of occupational accidents. *Safety Science*, 44, pp. 137-156.
- Haslam, R. A., Hide, S., Gibb, A. G., Gyí, D. E., Pavitt, T., Atkinson, S., et al. (2005, June). Contributing factors in construction accidents. *Applied Ergonomics*, 36 (4), pp. 401-415.
- Hinze, J., Pedersen, Caroline, & Fredley, J. (1998). Identifying root causes of construction accidents. *Journal of Construction Engineering and Management*, 124 (1), pp. 67-71.
- HSE - Health and Safety Executive. (2009). *Underlying causes of construction fatal accidents – Review and sample analysis of recent construction fatal accidents*. Construction Division. HSE books.

- Huang, X., & Hinze, J. (2003). Analysis of Construction Worker Fall Accidents. *Journal of Construction Engineering and Management*, 129 (3), pp. 262-271.
- Janicak, C. A. (1998). Fall-related deaths in the construction industry. *Journal of Safety Research*, 29 (1), pp. 35-42.
- Jiang, B. Y. (1998). Occupational deaths and injuries in the construction industry. *Applied Ergonomics*, 29 (5), pp. 355-360.
- Kalmitzer, J., L., O., Ebenbichler, G. R., E., G. J., & DeLuca, C. J. (2002). Postural Control During Lifting. *Journal of Biomechanics*, 35, pp. 585-594.
- Korhonen, E. A., & Molen, H. F. (1997). History and future of ergonomics in building and construction. *Ergonomics* (40), pp. 1025-1034.
- Leclercq, S. (2005). Prevention of so-called "accidents on the level" in occupational situations: a research project". *Safety Science*, 45, pp. 359-371.
- Leclercq, S., Thouy, S., & Rossignol, E. (2007). Progress in understanding processes underlying occupational accidents on the level based on case studies. *Ergonomics*, 15 (1), pp. 59-79.
- McCormick, H. J., Glazner, J. E., Bondy, J., Guarini, K., & Lezotte, D. (2006). Injuries from slips and trips in construction. *Applied Ergonomics* (37), pp. 367-274.
- Phang, R., & Smith, J. L. (1997). The effect of load carrying and floor contaminants on slip and fall parameters. *Ergonomics*, 40 (2), pp. 235-246.
- Phang, C. S., Chiou, S. S., Hsiao, H., Wassell, J. T., & Keane, P. R. (1999). Assessment of perceived traumatic injury hazards during drywall hanging. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 25, pp. 29-37.
- Phang, C. S., Chiou, S., & Hendricks, S. (2003). The effect of drywall lifting method on workers' balance in a laboratory-based simulation. *Occupational Ergonomics*, 3, pp. 253-249.
- Punnett, V., Punnett, L., & Buchholz, B. (1999). An evaluation of manual material handling in highway construction work. *International Journal of Industrial Ergonomics* (24), pp. 431-444.
- Ruiz, P., Merjama, J., Kiurula, M., & Laitinen, H. (2003). Accidents in materials handling at construction sites. *Construction Management and Economics* (21), pp. 729-736.
- Shoemaker, T. D. (1995). *Understanding Balance - The mechanics of posture and locomotion* (1ª Edição ed.). London: Chapman & Hall.
- Schmittner, S. (1995). Serious occupational accidents in the construction industry. *Construction Management and Economics* (13), pp. 209-306.
- Toussaint, H. M., Commissaris, D. A., Hoozemans, M. J., & Beek, P. J. (1997). Anticipatory postural adjustments prior to load pick-up in a bi-manual whole-body lifting task. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29, pp. 1208-1215.
- Toussaint, H. M., Michies, Y. M., Faber, M. N., Commissaris, D. A., & van Dieën, J. H. (1998). Scalling anticipatory postural adjustments dependent on confidence of load in a bi-manual whole-body lifting task. *Experimental brain research*, 120, pp. 85-94.
- Toussaint, H. M., van Dieën, J. H., & Toussaint, H. M. (2000). Lifting an unexpectedly heavy object: the effects on low-back loading and balance loss. *Clinical Biomechanics* (15), pp. 468-477.