

## Atualidades/Actualities

### DETERMINAÇÃO E LIMITAÇÃO DOS ESFORÇOS NO TRANSPORTE POR EMPUXO HUMANO

Manoel Godinho de Amorim Neto \*

AMORIM NETO, M.G. de Determinação e limitação dos esforços no transporte por empuxo humano. Rev. Saúde públ., S. Paulo, 20: 327-30, 1986.

**RESUMO:** As normas estabelecem como limites de levantamento de peso 40 e 60 kg, sem auxílio de equipamento. Não havendo limites para o ato de empurrar, foi feito estudo com o objetivo de mostrar como levantar a indeterminação desses esforços, e provar que os mesmos costumam ser bem superiores à capacidade de trabalho do organismo do homem. Essa capacidade varia, conforme foi concluído, de 10,5 kgm/seg e 100 kgm/seg, segundo o tempo de aplicação, seja de 8 horas ou de 4 segundos.

**UNITERMOS:** Esforço físico, normas. Trabalho, normas. Ergonomia.

A legislação brasileira dá como limites, para levantamento e transporte de pesos, 40 e 60 kg, respectivamente. Já no ato de empurrar, não especifica nenhuma baliza, apenas há exigência do esforço ser de acordo com a capacidade do operário. Este trabalho visa auxiliar ao agente de Inspeção de Higiene e Segurança do Trabalho, ao Perito Judicial e ao Serviço Especializado em Segurança e Medicina do Trabalho (SESMT) da Empresa, através de processos quantitativos, a levantar esta subjetividade legal, proporcionando proteção eficaz ao trabalhador.

Diz a NR-17 em seu item 17.1.3 (Ministério do Trabalho<sup>3</sup>) "O trabalho com o transporte e descarga de material, feito por impulsão ou tração de vagonetas sobre trilhos, carros de mão ou quaisquer outros aparelhos mecânicos, poderá ser executado sem que se tenha em conta o limite de peso previsto no item 17.1 (60 kg), desde que o esforço físico do trabalhador seja compatível com sua capacidade de força".

Em geral tem-se a idéia intuitiva de que é mais fácil empurrar que carregar. Esse conceito é tão generalizado, que a NR-17, seguindo normas internacionais e da Organização Internacional do Trabalho (OIT), estabelece limite de peso para levantamento e transporte de cargas pelo operário, o que já não acontece para os esforços de empuxo. Muito tem progredido a técnica de transporte por empuxo; assim, um transformador de 30 toneladas é facilmente transportado quando apoiado sobre colchão de ar. Mas, mesmo assim, deverá haver necessidade de forças ponderáveis devido às forças de inércia.

Não é incomum queixas de esforço demasiado por parte dos operários, porém, de acordo com o direito positivo brasileiro, não se pode aplicar sanções à empresa face à falta de regulamentação sobre a matéria, a não ser que se prove cientificamente o esforço exagerado por parte do trabalhador.

Os objetivos do presente trabalho são o fornecimento de teoria e prática para essa comprovação científica, assim como o lançamento de bases sobre a matéria, com o fito de aplicação em cada caso particular, seja na empresa, na Justiça ou na fiscalização.

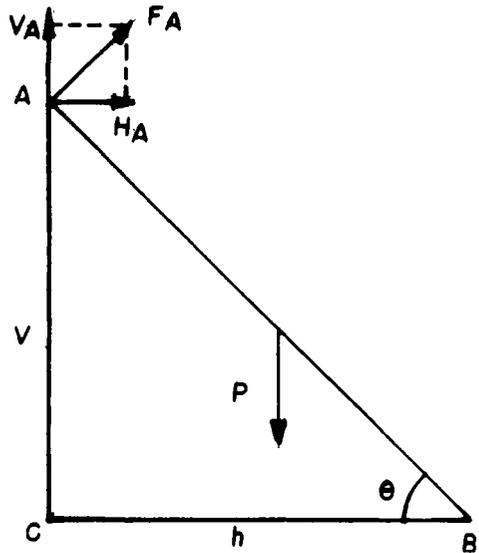


Fig. 1 - 1º estágio

\* Da Seção de Higiene e Segurança do Trabalho da Secretaria do Trabalho do Estado de São Paulo - Av. Brigadeiro Luiz Antonio, 1224 - 01318 - São Paulo, SP - Brasil.

O cálculo dos esforços no trabalho de empurrar é de difícil solução, pois o corpo humano funciona como viga hiperestática, tendo seção variável e módulo de elasticidade desconhecidos.

A fim de se calcular os esforços no corpo quando a pessoa empurra, foram adotadas hipóteses simplificadoras e dois estágios de cálculo: no primeiro, a pessoa está só encostada e com peso próprio; no segundo, só fazendo força e sem peso. Os esforços

finais, pelo princípio da superposição dos efeitos serão obtidos pela soma dos resultados dessas duas etapas.

Seja Fig. 1, em que se supõe o corpo AB apoiado em A (mãos) e B (pés). Para simplificar e resolver o cálculo, suporemos B articulado e A, apoiado. Nessas condições, a reação em A será ortogonal à AB e chamá-la-emos de  $F_A$ .

Seja,  $P = 75 \text{ kg} =$  peso do operário.

Altura da pessoa = 1,75 m; donde  $AB \approx 2,10 \text{ m}$  pois há o acréscimo dos braços.

Como, pela estabilidade,  $\sum \vec{F} = 0$  e  $\sum \vec{M} = 0$ , tem-se:

$$P \frac{h}{2} = F_A \left( \sqrt{v^2 + h^2} \right) \quad \text{sendo} \quad \sqrt{v^2 + h^2} = 2,10 \text{ m}$$

$$\text{Se } \Theta = 45^\circ \quad v = h, \text{ daí } h = \frac{2,10}{\sqrt{2}} = 1,48 \text{ m.}$$

$$F_A = \frac{1,48 \times 75}{2 \times 2,10} \approx 26,50 \text{ kg}$$

As componentes vertical e horizontal de  $F_A$  serão:

$$H_A = \frac{26,50}{\sqrt{2}} = 18,74 \text{ kg} = V_A$$

Em B serão:

$$18,74 \text{ (horizontal)}$$

$$75 - 18,74 = 56,26 \text{ (vertical)}$$

O momento fletor na altura do abdômen será:

$$26,50 \times \frac{2,10}{2} = 27,285 \text{ kgm} = 2.782,5 \text{ kgcm.}$$

Se a pessoa, em vez de encostada estivesse carregando 60 kg à cabeça, com excentricidade de 10 cm entre o centro de gravidade do peso e a coluna vertebral, o momento seria:

$$60 \times 0,1 = 6,0 \text{ kgm} = 600 \text{ kgcm.}$$

Isto é apenas aproximadamente 1/5 daquele da pessoa simplesmente encostada!!!

É por isso que, nessa situação, o operador encurva o corpo e coloca o pé dianteiramente.

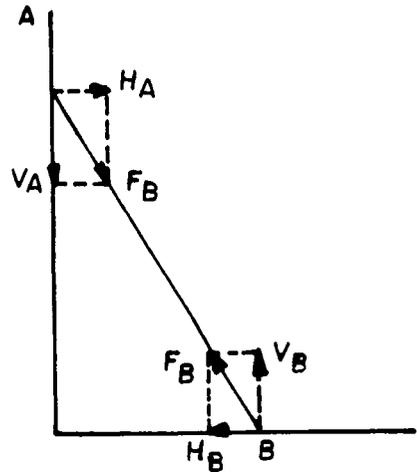


Fig. 2 - 2º estágio. Aplica-se pelos pés uma força  $F_B$ . Supondo-se A vinculado

$$\vec{H}_A + \vec{V}_A = \vec{F}_B$$

Sendo  $\Theta = 45^\circ$

$$\sqrt{2} H_A^2 = F_B = \sqrt{2} H_B^2 = \sqrt{2} V_B^2$$

Os limites dessa força são dados pela força muscular e pelo atrito do sapato com o solo. A componente horizontal de  $F_B$  é  $H_B = \frac{F_B}{\sqrt{2}}$ , e é idêntica a componente vertical no caso específico em estudo ( $\Theta = 45^\circ$ ).

Pelo princípio da superposição dos efeitos, os esforços serão a soma dos efeitos do primeiro e segundo estágios de cálculo. Por outro lado, o funcionário não poderá fazer força superior à do atrito do sapato com o solo.

Forças horizontais em B = Força de atrito

$$18,74 + \frac{F_B}{\sqrt{2}} = \left( \frac{F_B}{\sqrt{2}} + 56,26 \right) \mu_0$$

sendo  $\mu_0$  o coeficiente de atrito que varia com os diferentes materiais em contato.

No caso de sapato de couro e madeira secos,  $\mu_0 = 0,61$ . Adotêmo-lo para exemplificar:

$$18,74 + \frac{F_B}{\sqrt{2}} = 0,61 \left( \frac{F_B}{\sqrt{2}} + 56,26 \right)$$

$$F_B = 56,444 \text{ kg} \approx 60 \text{ kg.}$$

Conclui-se, assim, que o trabalho de empuxo, neste exemplo é estafante, pois além do espaço longitudinal estar em torno de aproximadamente 60 kg sobre as mãos espalmadas, a força do abdômen é cinco vezes maior que no caso de transporte de sacos sobre a cabeça, havendo também absorção de energia pelo deslocamento da força (empuxo horizontal).

Falou-se na absorção de energia pelo deslocamento da carga. Exemplificando:

Na Física Matemática, pela equação de Galileu,  $T = F \cdot L$

Sendo T o trabalho, F a força na direção do deslocamento, e L o deslocamento. Se se carregar um saco horizontalmente,  $T = F \cdot L = 0$  (zero), pois não há força horizontal, só vertical. Já no empurrar há deslocamento no sentido da força e, daí,  $T \neq 0$ , sendo uma grandeza razoável.

Outra observação é que no trabalho fisiológico, tanto no carregar como no empurrar, há mais cansaço que o devido, porque além do esforço dinâmico, há os esforços estáticos, assim como perdas pelo atrito dos músculos, ligamentos, tendões, extremos das articulações, movimento em vazio, e o trabalho de deformações de distintas partes do esqueleto.

Devido a essas razões, o esforço horizontal deverá ser bem menor para que não seja cansativo. Quantificando o esforço, tem-se o a seguir apresentado.

A potência máxima útil do motor humano varia com o tempo do esforço, sendo de 10,5 kgm/seg para subida de montanha durante 8 h.

Já na subida de escada com carga durante 4 segundos, é de 100 kgm/seg, e 3 horas de bicicleta estacionária, 13,6 kgm/seg.

Calcule-se o esforço máximo para empurrar durante 8 horas contínuas à velocidade normal de 3600m/h ou 1 m/seg.

$$x \cdot 1 = 10,5 \text{ kgm/seg.}$$

$x = 10,5 \text{ kg} =$  força máxima horizontal para um trabalho contínuo de 8 horas.

No caso de esforço durante 4 segundos:

$$\frac{N}{N_0} = \frac{F \cdot L}{F_0 \cdot L} = \frac{100}{10,5} = \frac{F}{10,5}$$

Portanto,  $F = 100\text{kgf}$ , que é o esforço máximo horizontal durante 4 segundos.

Para o caso de 3 horas de trabalho, efetuando-se o cálculo idêntico, o resultado será:  $F_3 = 13,6 \text{ kgf}$  = força horizontal de um operário que passasse aproximadamente metade do tempo empurrando e metade das 8 horas com pouca atividade.

Falta ainda medir as forças em campo. Como para esse objetivo nem sempre é possível usar um dinamômetro, seja por não possuí-lo, seja devido às características da carga; recomenda-se a leitura do trabalho anterior (Amorim Neto<sup>2</sup>).

## CONCLUSÃO

Pelo exposto, é possível levantar a relativa subjetividade envolvente do assunto, de modo ao operário ser tratado com a equanimidade, a justiça e o respeito que tanto merece.

---

AMORIM NETO, M.G. de [ Determination and limitation of efforts in transportation by human pushing ]  
*Rev.Saúde públ.*, S. Paulo, 20: 327-30, 1986.

**ABSTRACT:** Technical standards require that the lifting and transportation of weights by workers without equipment be limited to between 40 and 60 kilograms. However, there are no limits for the act of pushing. This work shows how to find the unknown values of such acts and prove that they are frequently well above the working capacity of the human body. This ability varies from 10.5 kgm/s to 100 kgm/s, according as if the effort is exerted during 8 hours or 4 seconds, respectively, as shown at the end of this paper.

**UNITERMS:** Exertion, standards. Work, standards. Human engineering.

---

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ACADEMIA HÜTTLE DE BERLIN. *Manuel del ingeniero*. Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 1950. 4 v.
2. AMORIM NETO, M.G. de Métodos diferentes de eliminação da insalubridade, determinação da força exercida pelo operário, e avaliação experimental da capacidade de resistência de estruturas simples. In: Congresso Nacional de Prevenção de Acidentes do Trabalho, 19º, Brasília, DF, 1980. *Anais*. São Paulo, FUNDACENTRO/Ministério do Trabalho, 1980.
3. MINISTÉRIO DO TRABALHO. *Norma Regulamentadora nº 17. Ergonomia; Portaria 3.214 de 8/6/78*. Brasília, 1978.
4. SUSSEKIND, J.C. *Curso de análise estrutural*. Porto Alegre, Edit. Globo, 1978.  
*Recebido para publicação em 10/03/1986*  
*Aprovado para publicação em 21/03/1986*