



ANÁLISE FISIOLÓGICA E PSICOFÍSICA DA CARGA DE TRABALHO EM TRÊS CENTRAIS DE PRODUÇÃO EM CANTEIRO DE OBRA

Lia Buarque de Macedo Guimarães, PHD, CPE

Paulo Portich, Mestrando/PPGEP/UFRGS

Silvério Fonseca Kmita, Mestrando LOPP/PPGEP/UFRGS

Tarcísio Saurin, MSc. LOPP/PPGEP/UFRGS

e-mails: liabmg@ppgep.ufrgs.br

portich@ppgep.ufrgs.br;

silverio@ppgep.ufrgs.br

saurin@vortex.ufrgs.br

This paper presents the results of a physiological and a psychophysical analysis on the workload of a construction site. Data from 85 workers were evaluated and compared with the physiological criteria from the literature reviewed. Major complaints were back (at the lumbar and cervical areas) and wrist pain as was expected considering the type of work being evaluated.

psychophysics; construction, musculoskeletal disorders

1. INTRODUÇÃO

Nos EUA, Everett (1999) identificou que as lesões causadas por sobrecarga física correspondem a 24% de todas as lesões na indústria da construção. De acordo com Deyo e Diehl (1998 apud Davis et al., 1999), nos EUA, as lesões na coluna também são a segunda causa de absenteísmo e a terceira causa de incapacidade para o trabalho, no setor de construção.

No Brasil, a principal causa de auxílio-doença, custeados pela Seguridade Social, são as doenças do sistema osteomuscular, com 67.092 casos, correspondendo a 10,3% dos benefícios concedidos (Mendes, 1998). Estas doenças são a 3ª maior causa de aposentadoria por invalidez, custeadas pela Seguridade Social (INSS, 1986) com 10.232 casos, correspondendo a 9,7% dos benefícios concedidos.

De acordo com Costella (1999), o levantamento na indústria da construção brasileira realizado por Ferreira et al. (1996) apontou o excesso de exercícios e movimentos extenuantes como a quarta principal causa (12,1%) dos acidentes registrados na construção civil Rio Grande do Sul, o que foi corroborado por Costella (1999) que encontrou o índice de 12,4% em seu levantamento dos anos de 1996 e 1997. Batista e Viana (1989) apontaram os esforços excessivos como a quinta principal causa (8,7%) de acidentes na construção civil em Pernambuco. Sabe-se, no entanto, que estes dados podem não expressar a realidade, pois a subnotificação leva a crer que os problemas são ainda mais impressionantes.

Muitas vezes, tem-se idéia de que determinado trabalho não está sendo realizado dentro dos limites de conforto e segurança sem, no entanto, dispor de recursos para provar esta idéia. A falta de dados pode, inclusive, comprometer a realização de uma intervenção ergonômica que teria potencial para adequar o trabalho às capacidades dos trabalhadores. Dados fisiológicos, tais como batimento cardíaco, frequência respiratória, resposta mioelétrica, têm sido usados para avaliação de carga física de trabalho. Dados biomecânicos podem ser avaliados com protocolos, por exemplo, o de McAtmmey e Corlett (1993) que serve para análise de posturas de membros superiores, principalmente, em situações de trabalho mais estático, e o de Karhu, Kansu & Kuorinka (1977) para análise de corpo inteiro em situação de trabalho dinâmico. No entanto, nem sempre é necessário ou imprescindível à tomada de dados fisiológicos e/ou biomecânicos



mais complexos e muitas vezes difícil de medir em situações de campo. A abordagem psicofísica é uma alternativa já que permite relacionar as sensações humanas e um dado estímulo físico. Por meio de critérios psicofísicos, é possível avaliar a intensidade do trabalho e o esforço percebido (ou estresse) por parte do sujeito e, portanto, definir limites para carga física de trabalho. Uma forma de avaliação psicofísica é o diagrama do corpo humano dividido em regiões corporais com escalas de desconforto/dor (Corlett, 1995) a ser assinalada pelo trabalhador. Os dados psicofísicos podem ser confrontados com os critérios biomecânicos, fisiológicos e posturais, para a análise da carga de trabalho envolvida.

Este estudo apresenta a análise psicofísica da carga de trabalho das centrais de armação e de carpintaria, do canteiro de obra de uma usina hidroelétrica, no estado de Goiás. A seguir é apresentado o método utilizado na pesquisa e os principais resultados obtidos.

2. CARACTERIZAÇÃO DO TRABALHO NAS CENTRAIS

As centrais de armação e carpintaria trabalham em dois turnos (diurno: 7:30 às 17:18 e noturno 17:20 às 2:28) e a de pré-moldado opera apenas no turno diurno.

Em linhas gerais, na central de armação, nos 2 turnos, é feito o seguinte trabalho:

- 1) Transporte das barras de ferro de várias bitolas da carreta para as diversas baias com o uso do guindaste;
- 2) Separação manual das barras de ferro, com o corte manual das amarras das barras de ferro;
- 3) Corte em uma das três máquinas disponíveis, das barras de ferro selecionadas, e quantificadas;
- 4) Armazenamento provisório dos ferros cortados no chão, entre as linhas das mesas de corte;
- 5) Dobra em uma das três linhas de máquinas de dobra;
- 6) Carregamento manual dos ferros dobrados, por 1, 2 ou 3 carregadores, e deposição dos mesmos até a área de armazenagem junto ao pátio externo;
- 7) Transporte dos ferros dobrados ou não da área de armazenagem no pátio, para as carretas, que os transportarão até a área de concretagem na barragem.

Na central de carpintaria, nos 2 turnos, pode-se resumir o trabalho conforme a seguir:

- 1) Transporte de madeira bruta em pranchas de diversas bitolas, do depósito ao ar livre, para a área interna da carpintaria, para corte, lixamento, etc;
- 2) Transformação em painéis, conforme especificações, de várias dimensões;
- 3) Transporte manual dos painéis prontos, até a área do pátio de armazenagem;
- 4) Painéis são colocados nos caminhões, c/ auxílio de guindastes dos caminhões;
- 5) Transporte dos painéis, até as frentes de trabalho, na barragem;
- 6) Retorno de painéis desformados e depositados no pátio, p/ reaproveitamento.

Na central de pré-moldados, que opera em um único turno, as atividades básicas são:

- 1) Montagem lateral das fôrmas;
- 2) Colocação da armação de ferro confeccionada;
- 3) Fechamento manual dos painéis, com a utilização de ferramentas manuais;
- 4) Concretagem dos painéis;
- 5) Cura dos painéis;
- 6) Abertura e desmontagem dos painéis;
- 7) Colocação dos blocos pré-moldados nas carretas;
- 8) Transporte dos blocos até a área de trabalho, na barragem.



3. MÉTODOS

3.1 Sujeitos:

Oitenta e cinco homens (18 da armação diurno; 17 da armação noturno; 23 da carpintaria diurno; 5 da carpintaria noturno e 22 do pré moldado) aparentemente saudáveis participaram da pesquisa. O grupo é constituído por trabalhadores com idade variando entre 18 e 54 anos e com três níveis de experiência: experiente, média experiência, novato.

3.2 Avaliação psicofísica:

Cada sujeito, dos dois turnos dos setores de armação e carpintaria e do turno único de pré modado, recebeu uma planilha com o diagrama do corpo, adaptado de McAtamney e Corlett (1993), dividido em segmentos corporais (lado direito e esquerdo, tronco, pescoço e cabeça) cada um com uma escala contínua de 9 cm, sendo o extremo esquerdo ou 0 nenhum (desconforto e/ou dor) e o extremo direito ou 9 muito (desconforto e/ou dor). Os sujeitos foram orientados a preencher a planilha marcando somente na escala dos segmentos corporais afetados por algum desconforto. Foi explicado que a marcação depende da percepção individual de dor e/ou desconforto, necessitando apenas fazer uma marcação em qualquer ponto da escala que melhor representasse sua sensação.

Quando da análise dos dados, computou-se apenas as medições de dor e/ou desconforto igual ou superior à média ($>$ ou $=$ a 4,5) para minimizar o mascaramento dos resultados: quando se medem todos os dados e se faz uma média, pode-se estar diluindo a queixa de um funcionário em relação ao todo. Além disso, podem estar sendo distorcidos os casos mais graves.

Para cada central, foram criadas tabelas destacando-se o local do corpo afetado, potencial gerador de DORT (PGD), número de ocorrências, percentual de ocorrências e as médias.

3.3 Avaliação fisiológica

A carga de trabalho físico pode ser avaliada quer pela mensuração da taxa metabólica por captação de oxigênio durante o trabalho, quer por cálculo indireto, com base no pulso de trabalho, registrado durante o trabalho (Astrand e Rodahl, 1986; Grandjean, 1998). Ambas, a frequência cardíaca e a taxa metabólica para estimar o dispêndio de energia são sensíveis para trabalhos físicos dinâmicos, e têm sido largamente aceitas, como indicadores confiáveis da fadiga resultante. Níveis específicos destas duas respostas fisiológicas, em trabalhos físicos dinâmicos, são usadas pelos ergonomistas no design de atividades de trabalho que não causem exaustão ou fadiga excessiva.

Considera-se que uma taxa metabólica que não exceda 5kcal/min (um terço da captação máxima de oxigênio de uma pessoa) é razoável para homens em jornadas de trabalho típicas de 8 horas (Astrand e Rodahl, 1986). Para mulheres, sugere-se taxas entre 15-20% menores. A experiência prática mostra que uma carga de trabalho que utiliza 30% a 40% da captação máxima de oxigênio do indivíduo constitui um limite superior médio razoável para o trabalho físico realizado com regularidade durante uma jornada de trabalho de oito horas (Astrand e Rodahl, 1986).

Muller (1961 apud Grandjean, 1998) sugeriu os seguintes parâmetros para avaliar os diversos tipos de carga de trabalho:

- Frequência do Pulso de repouso (frequência média do pulso antes do trabalho);
- Frequência do Pulso durante o trabalho (frequência média do pulso durante o trabalho);



- Pulso de Trabalho (diferença entre a frequência do pulso de repouso e do pulso durante o trabalho);
- Soma dos pulsos de recuperação (soma dos pulsos desde o fim do trabalho até o retorno da frequência de repouso);
- Soma de pulsos de trabalho (soma dos pulsos desde o início do trabalho até o retorno à frequência de repouso).

Karasc e Muller (1951) apud Grandjean (1998) sugeriram que o limite de carga máxima aceitável é aquele em que a frequência cardíaca não aumente continuamente, e que retorne, após quinze minutos, a valores encontrados no repouso. Estes limites correspondem a uma carga de trabalho na qual o gasto de energia está ainda em equilíbrio com a reposição corrente de energia gasta (steady state). Esta carga é hoje chamada de limite de trabalho contínuo para jornada de oito horas.

Segundo Muller (1961 apud Grandjean, 1998) o limite de carga para trabalho contínuo para homens é alcançado quando a frequência cardíaca média do pulso for de trinta batidas por minuto acima do pulso de repouso, e é igual a trinta pulsos de trabalho. Grandjean (1998) propõe que para os homens, trinta e cinco pulsos de trabalho seria o limite de carga para trabalho contínuo a ser usado como referência, e trinta pulsos de trabalho o limite para a mulher.

Outro parâmetro é a frequência cardíaca standard máxima prevista que pode ser calculada da seguinte forma:

$$\text{FCMAX} = 220 - \text{IDADE} \text{ (Astrand e Rodahl, 1986)}$$

O desvio padrão previsto é de dez batimentos por minuto. Portanto para um indivíduo de trinta anos, a frequência cardíaca máxima é de cento e noventa batimentos por minuto, e seu desvio podem ocorrer entre cento e oitenta e duzentos batimentos por minuto (Astrand e Rodahl, 1986).

A frequência cardíaca como conseqüente de uma carga física de trabalho pode ser calculada de várias formas, a mais simples é a subtração da frequência cardíaca basal do pico da frequência cardíaca máxima (Konz, 1995).

Konz (1995) recomenda como limites para manuseio de carga física, os seguintes índices:

Utilização da Capacidade Aeróbica Máxima (VO₂ Max) entre 28% a 29% da capacidade aeróbica máxima, que corresponderia a um consumo de 5Kcal por minuto e limite entre 100-120 batimentos para a frequência cardíaca.

Durante trabalhos que apresentem cargas mais intensivas, o limite de cento e trinta batimentos por minuto na frequência cardíaca, não pode ser excedido Konz (1995).

A avaliação da carga de trabalho físico pode ser feita por meio da mensuração da frequência cardíaca, com a utilização de aparelhos portáteis, comercialmente disponíveis para monitorar e gravar a frequência cardíaca, de maneira a não obstruir as atividades do trabalhador, e pode ser utilizada à distância (Konz, 1995).

Este estudo mediu a frequência cardíaca de uma amostra dos trabalhadores nas 3 centrais da obra. Utilizando uma unidade transmissora, com eletrodos fixados junto ao tórax, abaixo dos músculos torácicos, e fixados por tira elástica ajustável, os eletrodos detectam os sinais advindos do coração. Os sinais são então transmitidos a uma unidade receptora de pulso, para análise e gravação.

O projeto de experimento montado para avaliação da amostra seguiu um quadrado latino (3 dias). Para tanto, foram utilizados 6 aparelhos portáteis, marca “Polar” (três aparelhos na central de armação e três aparelhos na central de carpintaria) distribuídos em seis eventos (três diurnos e três noturnos). Foi, também, utilizado no estudo, um aparelho na central de pré-moldados. Desta forma, foram monitorados 7 sujeitos a cada evento, totalizando 42 sujeitos na amostra.

4. RESULTADOS

A análise do teste t para igualdade das médias dos setores de Armação e Carpintaria ($\mu_1 = 6,0276$; $\mu_2 = 6,1600$) mostrou que para a Análise Psicofísica de Corlett ($t = -1,514$) não há diferenças significativas entre os setores, mostrando que a média da percepção subjetiva da carga de trabalho entre os setores, não difere. Os dados das avaliações psicofísicas das centrais de carpintaria, armação e pré-moldado são apresentados nos gráficos 1, 2 e 3. Eles refletem as sensações de dor e/ou desconforto para as centrais de armação e carpintaria e pré-moldado, respectivamente. Em cada gráfico, para cada pessoa (a, b, c...) a barra corresponde ao somatório de desconforto e/ou dor nos vários segmentos identificados pelo sujeito. Considerando os valores acima de 4,5, a média das queixas de desconforto e/ou dor foi de 15,06 para os sujeitos da armação diurno, de 38,9 para os sujeitos da carpintaria diurno e de: 33,3 para os sujeitos de pré-moldados. Nas centrais de armação e carpintaria, os resultados mostraram os maiores índices de dor e /ou desconforto, nas costas, região cervical e punhos. Na central de pré-moldados, o maior índice de desconforto foi na região cervical e dorsal.

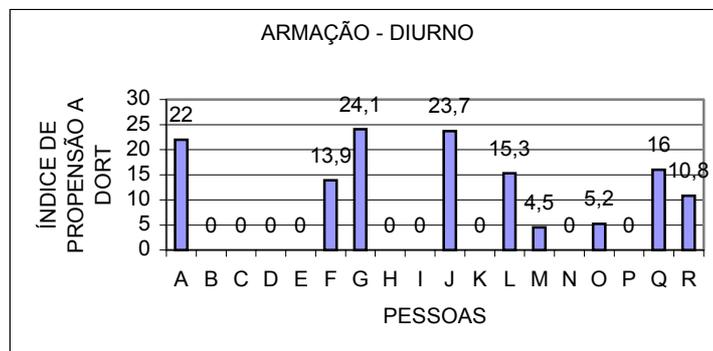


Figura 1: resultados da avaliação psicofísica na central de armação

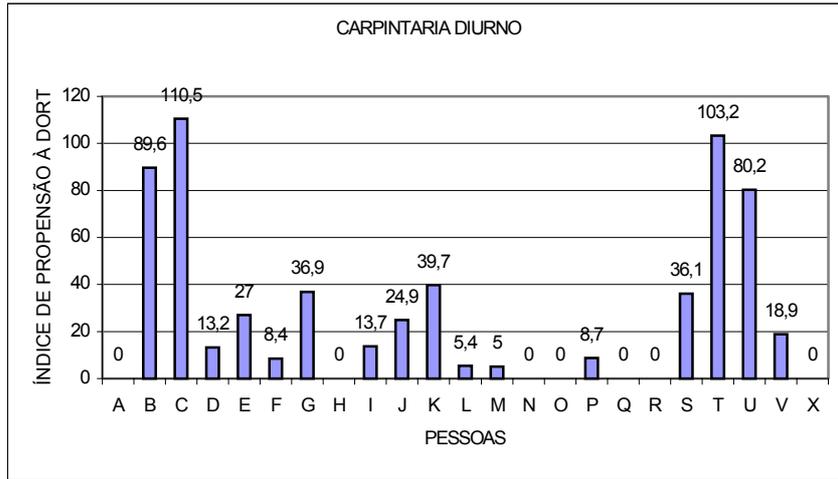


Figura 2 resultados da avaliação psicofísica na central na carpintaria

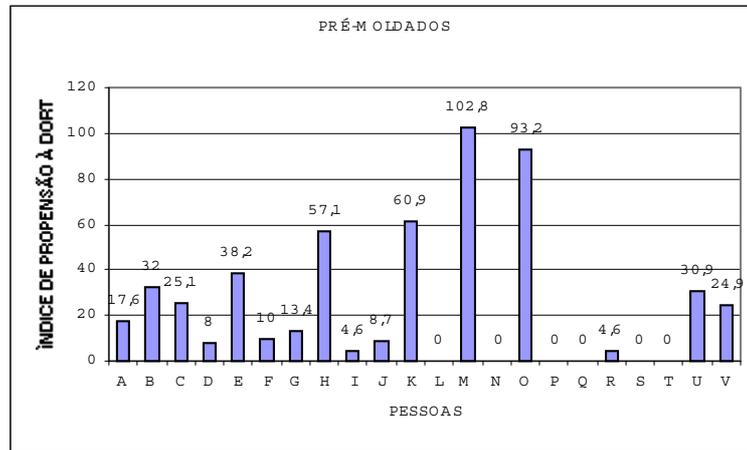


Figura 3: resultados da avaliação psicofísica na central de pré-moldados

Os dados das avaliações fisiológicas são apresentados na figura 4. A análise do teste t para igualdade das médias dos setores de Armação e Carpintaria ($\mu_1 = 16,11$; $\mu_2 = 13,98$) mostrou que apesar do método psicofísico não ter apontado, há diferença significativa no resultado dos Pulsos de Trabalho entre os setores ($t = 2,455$), ou seja, a carga de trabalho dos dois setores é diferente, a armação tendo maior sobrecarga, seguida da carpintaria.

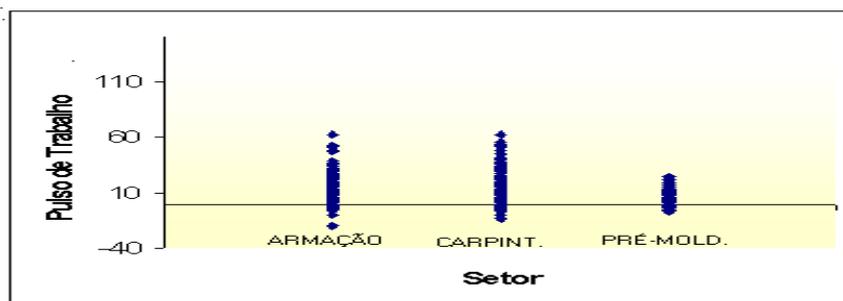


Figura 4: média dos pulsos de trabalho, discriminado por central.



Comparando os dados com a observação direta pode-se concluir que, realmente, o trabalho é mais árduo na central de armação, em virtude da exigência de carga de trabalho excessiva, em todas as tarefas, com ênfase no transporte manual de barras de ferro dobradas. Os dados levantados estão de acordo com os dados de Li (2000) em uma construção de Taiwan obtidos pela avaliação postural com o método OWAS que concluiu que a maior parte do tempo de trabalho na armação exige posturas inadequadas do trabalhador. Estes dados também estão de acordo com os dados de Portich, Guimarães, Saurin e Kmita (2001) que avaliaram o trabalho nas três centrais desta hidroelétrica, também com o método OWAS. A observação de campo também corrobora os dados fisiológicos obtidos na central de carpintaria, que demanda menos esforço que a central de armação mas apresenta sobrecarga no transporte manual e serragem de pranchões.

5. CONCLUSÕES

O fato do método psicofísico não ter apresentado diferenças entre as centrais não corroborando os dados fisiológicos mostra que os trabalhadores não são sensíveis a ponto de julgar uma carga física com precisão. No entanto, este fato não invalida totalmente o método. Esta não confluência de respostas permite deduzir que a avaliação psicofísica não é tão precisa quanto a fisiológica mas é fidedigna podendo substituir as ferramentas mais sofisticadas de análise em situações de difícil aplicação em campo. A análise conjunta dos resultados dos dois métodos fisiológico e psicofísico permitiu levantar tanto a carga imposta quanto a percepção do trabalhador sobre a carga física de seu trabalho. As duas ferramentas provaram ser valiosas na identificação de problemas e, portanto, na prevenção da fadiga e no estabelecimento de limites para a carga de trabalho, fatores importantes na prevenção de patologias osteomusculares vinculadas com o trabalho.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTRAND, P-O and RODAHL, K (1986). *Textbook of work physiology*, 3rd ed. McGraw-Hill, New York, NY.
- AYOUB, M.M. and MITAL, A., (1989) *Manual Materials Handling*. London: Taylor & Francis,
- COSTELLA, M. *Análise dos acidentes do trabalho e doenças profissionais ocorridos na atividade de construção civil no Rio Grande do Sul em 1996 e 1997*. Porto Alegre, 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola de Engenharia, CPGEC/UFRGS.
- DAVIES, V.J.; TOMASIN, K. *Construction safety handbook*. London: Thomas Telford, 1990.
- DEYO, R; DIEHL, A. (1998). *Psychosocial predictors of disability in patients with low back pain*. Journal of Rheumatology, 15 pp. 1557-1564.
- EVERETT, J.; THOMPSON, W. *Experience modification rating for workers' compensation insurance*. Journal of Construction Engineering and Management, v. 121, n. 1, p. 66-79. Mar 1995.
- FERREIRA, M. et al. (1996) *Estudo epidemiológico dos acidentes de trabalho em Porto Alegre 1991*. Porto Alegre. Secretaria da Saúde do Estado do Rio Grande do Sul. Escola de Saúde Pública



GRANDJEAN, E. (1998) *Manual de Ergonomia – Adaptando o trabalho ao homem*. 4ª Ed., Porto Alegre: Bookman,

INSTITUTO NACIONAL DE PREVIDÊNCIA SOCIAL (INSS) (1986). *Relatório de Pagamento de Benefícios concedidos*. Brasília, D.F.

KONZ, S. (1995) *Work designs*. 4 ed. Publishing Horizons. Worthington, OH.

LEE, K.W. (2000) *Improving postures in construction work*. Ergonomics in Design 8 (4) 11-16.

LISKA, R.W. et al. *Zero accident techniques*. Austin: The Construction Industry Institute, 1993. 292 p.

McATAMNEY, L. & CORLETT, E. N. (1993) *RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders*. *Applied Ergonomics*, 24(2), 91-99.

MENDES, R. (1995) *Patologia do Trabalho*. São Paulo, p: 41-42. Ed Ateneu

MORAES, A. de e MONT'ALVÃO, C. (1998) *Ergonomia: conceitos e aplicações*. Rio de Janeiro: 2AB.

NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH (NIOSH) (1993). *The industrial environment- Its Evaluation and control*, US. Government Printing Office, Washington, D.C.

WATERS, T.R., PUTZ-ANDERSON, V., GARG, A., FINE, L.J. (1993) Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. *Ergonomics*, 36(7): 749-776.

Este artigo apresenta os resultados de análises fisiológicas e psicofísicas da carga de trabalho em uma empresa de construção civil. Foram avaliados dados coletados de 85 trabalhadores e comparados com critérios fisiológicos a partir de uma revisão da literatura. As principais queixas foram referentes ao desconforto/dor nas costas (regiões lombar e cervical) e nos punhos, as quais foram esperadas levando-se em conta o tipo de trabalho avaliado

psicofísica; construção civil; distúrbios músculo esqueléticos