



AValiação ERGONOMICA DA “PINDURA”: PENDURA DE PEÇAS AUTOMOTIVAS PARA PINTURA

Paulo Portich

Mestrando em Engenharia de Produção pela UFRGS
Laboratório de Otimização de Processos e Produtos (LOPP)
e-mail: portich@ppgep.ufrgs.br

Lia Buarque de Macedo Guimarães, PhD, CPE

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP)
Laboratório de Otimização de Processos e Produtos (LOPP)
e-mail: liabmg@ppgep.ufrgs.br

This paper presents an ergonomic evaluation of the workload on the workers of the painting sector in an automotive plant in Rio Grande do Sul. The indirect analysis of the physical workload was made based on heart levels bearing the physiological limits, and awkward postures analysis with the software WinOWAS®. The results showed variations of physiological and postural constraints that could lead to Upper limb disorders (ULD).

material handling, workload, heart rate, posture, and evaluation

1. INTRODUÇÃO

As atividades de transporte e manuseio manual de cargas são a principal causa de absenteísmo e de custos de seguro de acidente de trabalho nos EUA (NIOSH, 1981) totalizando 170 a 240 milhões de dias de afastamento de trabalhadores, com custo anual de US\$ 4,6 bilhões (Khalil, 1991). Os custos diretos de lombalgias relacionadas com o trabalho alcançaram US\$ 30 bilhões em 1985 (Stephens, 1991).

De acordo com os relatórios de custeio do Instituto Nacional de Seguridade Social (INSS, 1998), o Brasil arrecada, do seguro de acidente de Trabalho, em torno de R\$ 4,0 bilhões, gastando 90% (R\$ 3,6 bilhões) no pagamento de benefícios. A principal causa de auxílio-doença e a 3ª maior causa de aposentadoria por invalidez, custeados pela Seguridade Social, são as doenças do sistema osteomuscular, com 67.092 casos, correspondendo a 10,3% dos benefícios concedidos, e com 10.232 casos, correspondendo a 9,7%, dos benefícios de aposentadoria concedidos, respectivamente (INSS, 1986 apud Mendes, 1995).

Os pesquisadores têm investigado a associação entre fatores físicos da carga de trabalho e achados clínicos de tendinites e degenerações articulares diagnosticadas em exames radiológicos. Em muitos estudos epidemiológicos, algumas profissões têm sido listadas, com maior ocorrência, como, por exemplo, os soldadores, os carregadores e os pintores, que trabalham com atividades manuais acima dos ombros e cabeça. (Viikari-Juntura, 1999)

Pela experiência prática do ergonomista, 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, que importam principalmente para situações de trabalho, podem ser avaliados com protocolos. Por exemplo, o método RULA de McAtamney e Corlett (1993) vem sendo utilizado para análise de



posturas de membros superiores, principalmente, em situações de trabalho mais estático, e o método OWAS de Karhu, Kansu & Kuorinka (1977) para análise de corpo inteiro em situação de trabalho dinâmico, desenvolvido inicialmente para a indústria e bastante utilizado na construção.

O método OWAS foi desenvolvido, na Finlândia, entre 1974 e 1978, pela indústria de aço *OVAKO OY* em conjunto com o Instituto Finlandês de Saúde Ocupacional com o intuito de gerar informações para melhorar os métodos de trabalho pela identificação de posturas corporais prejudiciais durante a realização das atividades. Com base no estudo, foram definidas 4 posturas das costas, 3 dos braços, 7 das pernas e 3 categorias de força. O efeito sobre o sistema músculo esquelético foi determinado por um grupo de especialistas, entre médicos, analistas de trabalho e trabalhadores, supervisionados por um grupo internacional de ergonomistas.

Este artigo apresenta um estudo da avaliação indireta da carga física de trabalho, com a avaliação da variação da frequência cardíaca, e a avaliação biomecânica das posturas assumidas dos carregadores do setor de peças da pintura de uma indústria automotiva do Rio Grande do Sul. O trabalho destes carregadores pode ser assim caracterizado:

- 1) Deslocar, com auxílio de carrinhos, para um dos seis pontos de carregamento, as peças a pintar que estão estacionadas junto à área de armazenamento;
- 2) Retirar os ganchos das bandejas dos transportadores aéreos, e colocar o tipo de gancho que sustentará a peça;
- 3) Em duplas, transportar, manualmente, as peças a serem penduradas nas bandejas, e fixá-las nos ganchos previamente colocados. As peças, de acordo com o peso e dimensões, são penduradas até o limite de carga e capacidade do equipamento. Utiliza-se uma rampa elevadora, quando necessário;
- 4) Liberar (tirando, manualmente, uma tranca) e deslocar a bandeja com as peças até a esteira transportadora aérea que leva para a área da pintura;
- 5) Deslocar, manualmente, os carrinhos e *racks* vazios para a área de estacionamento delimitada.

O grupo de trabalhadores é formado por homens, jovens, que operam no horário de 0750 às 1725 hs, com uma hora de intervalo para o almoço. Tendo em vista a sobrecarga física imposta, há alta rotatividade no setor, não havendo carregadores com mais de dois anos de experiência.

2. MÉTODOS

2.1. Sujeitos

2.2. Foram analisados vinte homens, aparentemente saudáveis, do setor de peças para pintura, com idade variando entre 19 e 23 anos. O grupo foi dividido em dois níveis de experiência na atividade: experiente (com mais de 160 dias de trabalho) e novato (com até 60 dias de trabalho). Os sujeitos estavam a par dos detalhes do estudo em desenvolvimento, estavam envolvidos com a pesquisa e colaboraram, voluntariamente, com o experimento.

Avaliação da Carga de Trabalho Físico

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)¹ 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.

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). Por exemplo, 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.

¹ MÜLLER, E. A. (1961) *Die physische Ermüdung*. In: Handbuch der gesamten Arbeitsmedizin, Band 1. Urban und Schwarzenberg, Berlin.



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, ou seja, trinta pulsos de trabalho. Grandjean (1998) propõe que para os homens, trinta e cinco pulso 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).

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 tem sido largamente feita por meio da mensuração da frequência cardíaca, com a utilização de aparelhos portáteis, são 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). Neste estudo, foram utilizados dois aparelhos marca “Polar”, para monitorar o pulso em repouso ou frequência cardíaca basal (Fc basal) e a frequência cardíaca (Fc) durante o trabalho de carregamento de peças para pintura. A frequência cardíaca de repouso foi obtida quando os trabalhadores permaneceram sentados por cinco minutos antes de iniciar o trabalho. Foram analisadas as variações dos batimentos cardíacos de dois carregadores simultaneamente, pendurando peças de mesmo tipo. Foram também registrados o peso e o grau de dificuldade das peças manuseadas (dois graus: bom e ruim).

2.3. Avaliação postural

A avaliação biomecânica também tem sido largamente utilizada para trabalhos de campo. Nos últimos anos, várias versões computadorizadas do método OWAS para avaliação de postura têm sido utilizadas por pesquisadores (Kant et al., 1990; Kivi e Matilla, 1991; Pinzke, 1992 apud Gomes, 1994). Neste estudo, o método utilizado para a avaliação das posturas assumidas foi o WinOWAS® (*Tampere University of Technology, Occupational Safety Engineering*) para uso em computadores portáteis com ambiente Windows.

Os trabalhos de carregamento no setor de peças da pintura foi gravado em fitas de vídeo que permitiram as avaliações posturais a cada 30 s conforme preconizado pelo método WinOWAS®. Foram avaliadas cem observações, com o registro das costas, braços, pernas e forças envolvidas.

O método classifica o grau de esforço físico por categorias de ações determinadas com base nas posturas de trabalho e a força exercida durante uma ação específica. Ele identifica quatro categorias ou classes operacionais (Kivi e Matilla, 1991):

- Classe 1 – Postura normal, não é exigida nenhuma medida corretiva;
- Classe 2 – Postura que deve ser verificada durante a próxima revisão rotineira dos métodos de trabalho: a carga física da postura é levemente prejudicial, sendo necessárias medidas para mudar a postura em um futuro próximo;



- Classe 3 – A carga física da postura é prejudicial, sendo necessárias medidas para mudar a postura o mais rápido possível;
- Classe 4 – A carga física da postura é extremamente prejudicial: são necessárias medidas imediatas para mudar as posturas.

3. RESULTADOS

3.1. Resultados da avaliação fisiológica

Os dados levantados estão representados nos gráficos como pulsos de trabalho (PT), que representa a diferença entre a frequência cardíaca (Fc) durante o trabalho e a frequência de repouso ou basal (Fc basal) tendo sido o valor normalizado de referência para análise. A utilização do índice PT facilita a análise estatística já que a diferença entre o estado inicial de repouso e final de trabalho de cada sujeito elimina as diferenças individuais e permite comparações inter sujeitos.

As análises dos resultados das variações da frequência cardíacas mostraram diferenças significativas entre a frequência de repouso e a frequência durante a atividade, chegando a níveis considerados como limites fisiológicos: Fc = 110 batimentos segundo Astrand e Rodahl (1986) e acima de 35 pulsos de trabalho (PT) segundo Grandjean (1998). Com relação às variáveis do indivíduo, ficou clara a importância do fator experiência do indivíduo ($p = 0,009120357$) pois, como mostra a Figura 1, os mais experientes apresentam menor aumento dos batimentos durante o trabalho. Este fato talvez possa ser explicável pelo fato dos mais experientes desenvolverem regulações que venham a compensar o desgaste físico.

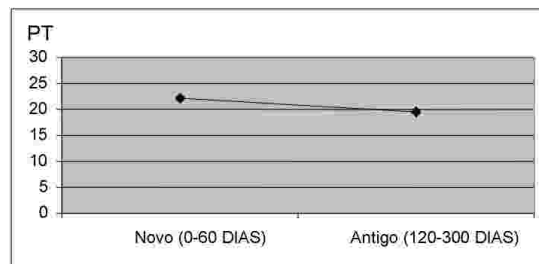


Figura 1. Relação entre a frequência cardíaca e a experiência do operador. A experiência do operador mostra um efeito inversamente proporcional: quanto mais antigo na atividade menor é a frequência cardíaca.

Houve aumento estatisticamente significativo do pulso de trabalho em função da dificuldade para pendurar a peça ($p = 0,000638895$): como esperado, e evidenciado na Figura 2, quanto maior a dificuldade de manuseio, maior o pulso de trabalho. O peso da peça também foi um fator significativo ($p = 0,027294144$) ou seja, quanto maior o peso maior o pulso de trabalho (Figura 3). A análise do peso, cruzada com dificuldade de manuseio da peça, igualmente mostrou aumento estatisticamente significativo do pulso de trabalho ($p = 0,003158259$), ou seja, quanto maior o peso e a dificuldade de manuseio da peça, maior o pulso de trabalho. (Figura 4).

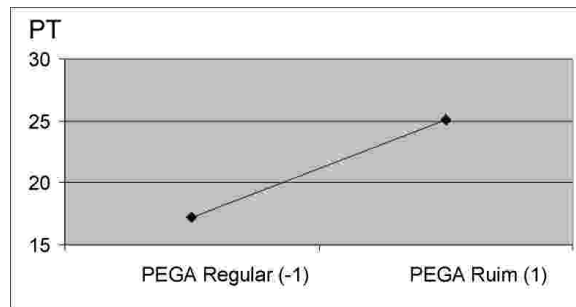


Figura 2 Relação entre a Frequência cardíaca e a dificuldade de manuseio da peça. Efeito significativo do grau de dificuldade das peças manuseadas. A frequência cardíaca aumenta com o grau de dificuldade de manuseio da peça. (figura 2)

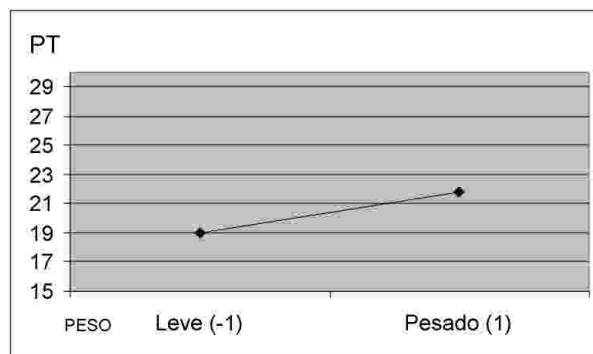


Figura 3. Relação entre a frequência cardíaca e o peso da peça manuseada. Efeito significativo do peso no PT. A frequência cardíaca aumenta com o aumento do peso.

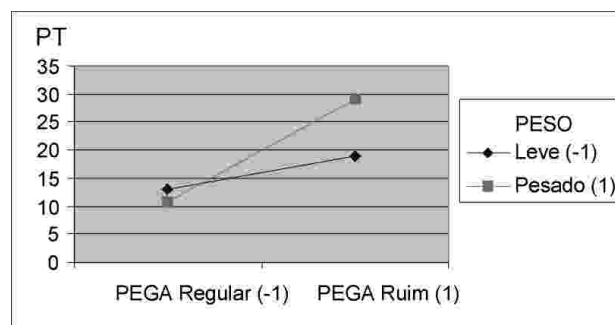


Figura 4. Relação entre a frequência cardíaca e o peso da peça e o grau de dificuldade da peça manuseada. A frequência cardíaca aumenta com o aumento do peso e com o grau de dificuldade da peça manuseada.

3.2. Resultados da Avaliação das Posturas Assumidas.

A análise das posturas de trabalho adotada analisadas com auxílio do método WinOWAS® mostrou que em:

- 57% das análises, a coluna estava torcida;
- 19% das análises, a coluna estava torcida e flexionada;
- 58% das análises um braço, estava acima dos ombros;
- 15% das análises, ambos os braços estavam acima dos ombros;



- 91% das análises, os sujeitos permaneciam em pé;
- 42% das análises, a força era menor que 10 kg;
- 5% das análises identificaram força menor que 20 kg;
- 53% das análises, a força era maior que 20 kg.

Pela análise das categorias de ação 3 e 4 (as que demandam intervenção pelo método) foi observado que:

- 21% das análises na atividade de transporte dos racks com peças foram classificadas na categoria de ação 3;
- 79% das análises na atividade de pendurar peças foram classificadas na categoria de ação 4.

4. CONCLUSÕES

Os estudos ergonômicos são cada vez mais decisivos para a melhoria das condições de trabalho. Muitas vezes, um desgaste físico excessivo pode ser evitado com base em parâmetros de limites fisiológicos e/ou biomecânicos disponíveis na literatura. Tanto a avaliação da carga de trabalho com base na mensuração da frequência cardíaca, com aparelhos portáteis, quanto à análise de posturas com o método WinOWAS® mostraram-se válidos na análise do trabalho dos carregadores de peças para pintura. É importante notar que o trabalho objeto deste estudo é dinâmico e pesado o que poderia dificultar a análise. No entanto, os métodos se mostraram adequados para este tipo e local de trabalho, não causando interferências com as atividades laborais. A análise da carga de trabalho e das posturas adotadas, e a sua confrontação com limites fisiológicos e biomecânicos são decisivos para avaliar seu envolvimento na gênese de doenças osteomusculares e, associadas com a análise ergonômica, subsidiar a tomada de decisão quanto as mudanças necessárias no processo de trabalho.

5. BIBLIOGRAFIA

ASTRAND, P-O and RODAHL, K (1986). *Textbook of work physiology*, 3rd ed. McGraw-Hill, New York, NY.

CORLETT, N.E. *The evaluation of posture and its effects* In: WILSON, J.R. and CORLETT, N.E. (Editors) (1995). *Evaluation of Human Work : A Practical Ergonomics Methodology*. Taylor and Francis. London, U.K.

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

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

KARHU, O.; KANSI, P. & KUORINKA, I. (1977) Correcting working postures in industry: a practical method for analysis. *J. Applied Ergonomics*, v.8.4:199-201.

KIVI, P. and MATILLA, M. (1991) *Analysis and improvement of work postures in the building industry: application on the computerised OWAS method*. *Applied Ergonomics*, 22 (1), p. 43 – 48.

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



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.

VIIKARI-JUNTURA, E. *Occupational risk factors for shoulder disorders*. In: KARWOWSKI, W. E MARRAS, W. S. (Editors). (1999). *The Occupational Ergonomics Handbook*. CRC Press. Boca Raton, USA.

Este estudo apresenta uma análise ergonômica da carga de trabalho no setor de peças da pintura de uma indústria automotiva, no estado do Rio Grande do Sul. Os métodos utilizados no estudo foram a análise indireta da carga de trabalho, pela mensuração das variações da frequência cardíaca e pela avaliação das posturas assumidas de acordo com o método WinOWAS®. Os resultados mostraram variações da frequência cardíaca que atingiram limites fisiológicos, e a análise biomecânica mostrou posturas de coluna e de membros superiores compatíveis com a gênese de patologias osteomusculares.

Manuseio de materiais, carga de trabalho, frequência cardíaca, postura, avaliação