

## AVALIAÇÃO BIOMECÂNICA DOS TRABALHADORES EM MARCENARIAS NO DISTRITO FEDERAL<sup>1</sup>

BIOMECHANIC EVALUATION OF CARPENTRY WORKERS IN THE DISTRITO FEDERAL, BRAZIL

Nilton Cesar Fiedler<sup>2</sup> Natália S. Menezes<sup>3</sup> Isaac Nuno C. Azevedo<sup>4</sup> José Reinaldo Moreira da Silva<sup>5</sup>

### RESUMO

A pesquisa foi desenvolvida com base em dados coletados com funcionários de marcenarias no Distrito Federal com o objetivo de fazer uma avaliação biomecânica do trabalhador nas mais diversas máquinas. A avaliação foi feita com a filmagem dos trabalhadores em perfil, avaliação das forças envolvidas e posterior congelamento das imagens e medição dos ângulos das articulações para análise no software “Winowas” de análise de posturas e no modelo biomecânico tridimensional de predição de posturas e forças estáticas desenvolvido pela Universidade de Michigan. Os resultados mostraram que, pelo método OWAS, as piores posturas foram obtidas durante o levantamento e deposição das peças no piso em todas as máquinas e postos de trabalho avaliados e durante a alimentação na desengrossadeira, necessitando de reorganização ergonômica em breve. Pela análise com o modelo desenvolvido pela Universidade de Michigan, as fases do ciclo de trabalho mais problemáticas foram a deposição das peças no piso na desengrossadeira quando houve o comprometimento de todas as articulações com exceção dos quadris. Durante a alimentação na desempenadeira, houve grande comprometimento das articulações com exceção dos cotovelos e do disco L5-S1 da coluna. Na fase de alimentação na desengrossadeira, desempenadeira, serra circular e serra de fita, as articulações mais prejudicadas foram os tornozelos. Para melhoria das posturas adotadas, deve-se buscar eliminar o constante trabalho em pé, utilizar mecanização auxiliar para manuseio das peças, diminuir o peso manuseado durante a alimentação das máquinas (menor número e tamanho de peças) e realizar treinamentos específicos constantes para adoção de melhores posturas.

**Palavras-chave:** análise biomecânica, ergonomia, marcenaria.

### ABSTRACT

The aim of this study was the biomechanical assessment of carpentry woodworkers, located in Brasília, DF. It was filmed the profile of each worker during the performance of his activities in the carpentry and the forces involved in the work were assessed. The image of each woodworker was congealed to accomplish the measurement of articulation angles. The data were submitted to the software of posture analysis “Winowas” (OWAS Method) and to the biomechanic model of posture prognosis and static forces, developed by Michigan University. The OWAS method showed that, for all machines and carpentries assessed, the worst posture occurred when the worker lifted and placed the pieces of wood on the floor and during the feeding in the smoother. The tridimensional biomechanic model registered the worst posture in different phases of the work cycle. In the first one, there were problems in all articulations, except the hips, when placing the pieces on the floor from the smoother. In the second one, there were problems in all articulations, except the elbows and the L5-S1 column disc, by feeding the surface planer. The third one, the ankles were the most injured when feeding the smoother, the surface planer, the circular saw and the band saw. According to the results, the woodworkers should try to eliminate the constant work standing upright, use auxiliary machinery to handle pieces of wood, reduce the load during feeding the machines and improve postures.

**Key words:** biomechanic, evaluation, ergonomics, carpentry.

### INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, as empresas que desempenham atividades de fabricação de móveis no Distrito

1. Pesquisa financiada pelo CNPq.

2. Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Caixa Postal 04357, CEP 70910-900, Brasília (DF). fiedler@unb.br

3. Engenheira Florestal, Universidade de Brasília, Bolsista PIBIC e CNPq, Caixa Postal 04357, CEP 70910-900, Brasília (DF).

4. Engenheiro Florestal, Bolsista CNPq. isaacnuno@yahoo.com.br

5. Professor Adjunto do Departamento de Ciência Florestal, Universidad Federal de Lavras, Caixa Postal 37, CEP 37200-000, Lavras (MG). jrcinaldo@ufla.br

Federal têm buscado melhorar as condições de trabalho. Elas têm proposto criar situações mais cômodas para os trabalhadores que reflitam diretamente na sua qualidade e produtividade. Apesar disso, diversas atividades ainda são executadas com a exigência de posturas potencialmente lesivas aos trabalhadores, além do dispêndio de grandes esforços físicos.

Normalmente as atividades são exercidas com o trabalhador em pé, manuseando cargas, alimentando máquinas e depositando as peças processadas no piso das marcenarias. Venturoli (2000) concluiu que os trabalhadores executam suas operações com uma elevada frequência de repetições das fases do ciclo durante a jornada de trabalho, além da constante adoção de posturas incômodas, com manuseio periódico de cargas e giro constante das articulações.

Segundo Iida (1990), posturas são configurações que um corpo assume ao realizar dada atividade. O registro das posturas corporais adotadas em determinada atividade tem como finalidade principal a identificação de movimentos e/ou posturas potencialmente lesivas ao organismo humano, durante demandas ocupacionais. Atualmente, um dos modelos de registro e abordagem das posturas muito utilizado é o modelo Ovako de análises de posturas no trabalho (“Working Postures Analysing System” – OWAS). Esse modelo foi desenvolvido pelo Instituto Finlandês de Saúde Ocupacional (OWAS, 1990) e informa que cada segmento corporal tem um “menu” de posições possíveis e o respectivo número de convenção. Cada postura a ser analisada é registrada pela escolha de uma das posições básicas ou adicionais para cada segmento. Além disso, segundo Win Owas (2002), devem ser fornecidas as informações a respeito do movimento e da massa manuseada ou do esforço necessário. Baseado nesses resultados, é possível fornecer medidas preventivas para evitar sobrecargas articulares especialmente na coluna dos trabalhadores.

As aplicações das análises de posturas no trabalho são muito úteis para a solução de problemas de queda de produtividade e aumento de acidentes no trabalho. As más posturas podem ser corrigidas por meio de treinamentos específicos com a finalidade de adoção de posturas mais seguras, saudáveis e confortáveis (Fiedler *et al.*, 1999).

Uma outra técnica de análise biomecânica do ser humano refere-se à sua análise no plano sagital, durante o trabalho. Essa técnica abrange filmagens do trabalho com o ser humano visto em diferentes ângulos e medições das forças envolvidas no esforço. Posteriormente, faz-se aplicação de modelos biomecânicos. Nesse sentido, é também muito utilizado o modelo tridimensional de predição de posturas e forças estáticas desenvolvido pela Universidade de Michigan, Estados Unidos (3DSSPP). Esse modelo é útil na avaliação das exigências físicas para o planejamento e a análise dos postos de trabalho. Durante o manuseio de determinada carga, o modelo, que é utilizado em um “software” computacional, considera o corpo humano dividido em cinco articulações, sendo: braços, tronco, coxofemorais, joelhos e tornozelos. Para realização da análise, devem ser fornecidos os ângulos de cada uma dessas articulações durante a execução da operação, vistos por diferentes posições. Além disso, devem ser fornecidos os dados de magnitude e direção das forças utilizadas, o número de mãos utilizadas e os dados antropométricos de altura e peso do trabalhador (University of Michigan, 1993).

As atividades dos profissionais de marcenaria exigem que o trabalho seja executado na posição em pé durante praticamente toda a jornada de trabalho. Este fato pode vir a provocar dores musculares e cansaço físico. A postura inadequada, adotada durante a execução das atividades de bancada e de utilização das máquinas, é atribuída sobretudo à falta de treinamento, e pode acarretar dores na coluna e sérios problemas de lombalgia (Silva, 1999).

Esta pesquisa teve como objetivo fazer uma avaliação biomecânica do trabalhador em marcenarias no Distrito Federal e fornecer subsídios para reorganização ergonômica do trabalho do ponto de vista das posturas adotadas e cargas manuseadas.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

A pesquisa foi realizada em sete marcenarias selecionadas aleatoriamente com base na relação de empresas da indústria do mobiliário do Distrito Federal, obtida no Sindicato das Indústrias de Madeira e do Mobiliário (SINDIMAM, 2001). A coleta de dados foi realizada nos meses de janeiro a julho de 2002.

O tamanho da amostra de trabalhadores e o número mínimo de repetições utilizadas em cada fase deste estudo foi estabelecido partindo de uma amostragem-piloto analisada com o uso da seguinte fórmula,

proposta por Conaw (1977):

$$n \geq \frac{t^2 * s^2}{e^2}$$

Em que: n = número de trabalhadores ou de repetições necessárias; t = coeficiente tabelado a 5% de probabilidade (distribuição de Student); s = desvio-padrão da amostra; e = erro admissível (5%).

Na amostragem da população utilizada na coleta de dados na frente de trabalho, tomou-se o cuidado de não usar, em nenhum momento, menos que 25% da população total de trabalhadores. A população pesquisada era composta por 33 trabalhadores que atuavam como operadores nas atividades de fabricação de móveis. O ciclo de trabalho em cada máquina foi dividido em levantamento da peça, alimentação da máquina e deposição da peça beneficiada no piso.

Muitas são as máquinas envolvidas no processo de fabricação de móveis. Estas variam de acordo com a marcenaria e seu sistema de produção. As máquinas avaliadas são descritas na Tabela 1 de acordo com SENAI (1987).

TABELA 1: Descrição técnica das máquinas e postos de trabalho avaliados.

TABLE 1: Technical description of the machines and work place evaluated.

Máquinas	Descrição
Aparadora	Utilizada para retirar rebarbas do acabamento sobretudo em laminações.
Coladeira de bordas	Utilizada para colar lâminas de madeira ou de melaminina na borda da chapa que já foi cortada.
Desengrossadeira	Visa a estabelecer a espessura das peças. Utilizada também na operação de desbaste, para aplainar superfícies, tornando-as uniformes. É constituída por uma base de ferro fundido e possui na parte superior uma capa de proteção cobrindo o eixo o qual é constituído por navalhas e dois rolos de alimentação que funcionam automaticamente. Ao nível da mesa estão dispostos outros dois rolos lisos que servem para orientar o avanço da madeira.
Esquadrejadeira	Utilizada para se obter a largura e comprimento desejados das peças, ou seja, consta do dimensionamento final das peças. Máquina de maior precisão que a serra circular, sendo composta basicamente por uma serra circular acoplada em uma mesa móvel.
Furadeira	Utilizada para fazer furos e rasgos para encaixes de cavilhas e espigas, respectivamente.
Lixadeira de cinta	Acabamentos de superfícies planas ou curvas. Reduz imperfeições e asperezas para que a peça possa receber o acabamento final. Compõe-se de duas colunas ligadas entre si, entre as quais existe uma mesa que se desloca manualmente sobre rolamentos.
Despenadeira	Utilizada para uniformizar uma face e um canto da peça.
Prensa	Prensagem do material colado. Possui estrutura em ferro fundido com placas ou mesas de prensagem de madeira, dotada de mesas inferior e superior.
Seccionadora	Para seccionar (cortar) as peças nas medidas desejadas. Dá dimensionamento final às peças com muita precisão. Possui um eixo que se move.
Serra circular	Utilizada para serrar madeira ou derivados em cortes retos, por meio de uma serra circular acoplada a um eixo numa mesa de corpo fixo.
Serra de fita	Destinada a recortes externos, retos e curvos e ao traço e desdobramento de peças de madeira ou derivados. Composta por uma lâmina estreita e flexível, dentada e sem fim.
Torno manual	Utilizado para tornar as peças de madeira cilíndricas, com o auxílio de ferramentas manuais. Composto por dois cabeçotes, um fixo e outro móvel.
Tupia	Usada para fazer molduras, rebaixamentos, ranhuras, perfis e canais retos. Composta por uma base de ferro onde se apóia um tampo. No centro do tampo existe um eixo onde se fixa a ferramenta de corte, que gira.

Fonte: SENAI, 1987.

Para a avaliação das posturas adotadas durante a atividade, o trabalhador era filmado em diferentes ângulos, especialmente de perfil. Em seguida as imagens foram reproduzidas e congeladas para medição dos ângulos das articulações das pernas, dos braços e das costas dos trabalhadores. Posteriormente esses dados foram tabulados no computador para análise com o software “WinOWAS”. Dessa forma, aplicou-se o modelo OWAS (Ovako “Working Postures Analysing System”) de predição de posturas para identificação dos movimentos e/ou posturas potencialmente lesivas ao organismo do trabalhador. O modelo foi utilizado com base na atribuição de valores conforme se encontravam posicionadas as articulações das costas, dos

braços e das pernas dos trabalhadores durante a realização das atividades, mostradas a seguir:

Posição das costas:

1. retas;
2. curvadas;
3. torcidas ou com curso lateral em curva;
4. curvadas e torcidas ou curvadas para frente e curso lateral.

Posição dos braços:

1. ambos abaixo do nível do ombro;
2. um acima do nível do ombro;
3. ambos acima do nível do ombro.

Posição das pernas:

1. sentado, com as pernas abaixo do nível das nádegas;
2. em pé, exercendo força em ambas as pernas;
3. em pé, exercendo força em uma única perna;
4. em pé, ou abaixado em ambos os pés, com as pernas flexionadas;
5. em pé, ou abaixado com um pé e perna articulada;
6. ajoelhado com um ou ambos os joelhos;
7. andando ou movimentando;
8. sentado, com pernas e nádegas no mesmo nível;
9. posturas adicionais, sem que as pernas oferecessem suporte;
10. rastejando ou escalando.

Peso ou força requerida:

1. < 10 kgf;
2.  $\geq 10$  kgf e  $\leq 20$  kgf;
3. > 20 kgf.

A determinação dos esforços despendidos e dos possíveis problemas nas articulações, provenientes de posturas inadequadas durante o manuseio de cargas no trabalho, foi realizada com o auxílio de uma célula de carga na medição das forças manuseadas e por meio de filmagens no trabalho.

Foram levantados também dados relativos aos parâmetros de direção das forças e a antropometria dos trabalhadores. O modelo OWAS tem maior aplicação na análise dos movimentos lentos nas tarefas de manuseio de materiais pesados. Dessa forma, a análise é feita considerando a atividade como uma seqüência de posturas estáticas.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

As posturas assumidas pelos trabalhadores nas fases de levantamento da carga do solo e deposição no piso da marcenaria são mostradas na Figura 1.

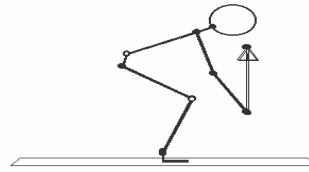


FIGURA 1: Postura assumida durante o levantamento da carga e deposição no piso em todas as máquinas e postos de trabalho avaliados.

FIGURE 1: Posture adopted during lifting and placing the pieces of wood on the floor in all machines and work place evaluated.

As Figuras 2 a 7 mostram as posturas assumidas durante a alimentação em todas as máquinas e postos de trabalho avaliados.



FIGURA 2: Postura assumida durante a alimentação na aparadora (A) e coladeira de bordas (B).

FIGURE 2: Adopted posture during feeding in shaving (A) and edge fluing.



FIGURA 3: Postura assumida durante a alimentação na desgrossadeira (A) e esquadrejadeira (B).

FIGURE 3: Adopted posture during feeding in the thicknesser planer (A) and squared.



FIGURA 4: Postura assumida durante a alimentação na furadeira (A) e lixadeira de cinta (B).

FIGURE 4: Adopted posture during feeding in drilling (A) and the stroke sander.



FIGURA 5: Postura assumida durante a alimentação na desempenadeira (A) e prensa (B).  
 FIGURE 5: Adopted posture during feeding in the surface planer (A) and press (B).



FIGURA 6: Postura assumida durante a alimentação na seccionadora (A) e serra circular (B).  
 FIGURE 6: Adopted posture during feeding in the cutter (A) and circular saw (B).

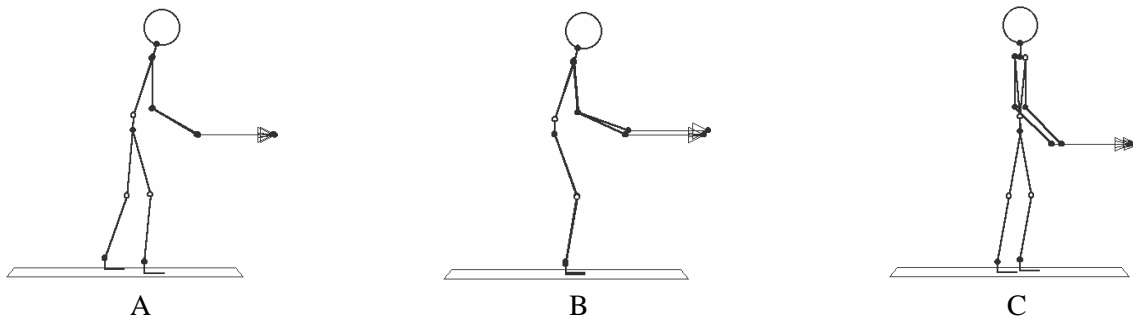


FIGURA 7: Postura assumida durante a alimentação na serra de fita (A), torno (B) e tupia (C).  
 FIGURE 7: Adopted posture during feeding in band the saw (A), lathe turning (B) and spindle moulding (C).

Os resultados da análise com o método OWAS são mostrados na Tabela 2. Nela, estão definidas as características das posturas adotadas, limites durante a manutenção das posturas, observações a serem verificadas no planejamento de novos métodos e da situação das costas, dos braços e das pernas com relação à postura usada e à categoria de ação a ser adotada para fazer com que a operação seja menos lesiva aos trabalhadores.

TABELA 2: Posturas adotadas pelos trabalhadores nas máquinas e postos de trabalho nas marcenarias do Distrito Federal de acordo com o método OWAS.

TABLE 2: Adopted postures by carpentry workers in machines and work places of Distrito Federal according with OWAS method.

Fase do ciclo	Resultado da Postura OWAS	Limites	Costas	Braços	Pernas	Categoria de ação
Levantamento e deposição em todas as máquinas e postos de trabalho	214: costas curvadas; braços abaixo do nível dos ombros; ambos os pés no solo e pernas flexionadas.	Coluna curvada mais de 20° para frente; braços abaixo do ombro; posição de pé ou agachada; pernas com flexão menor que 150°, peso em ambas.	Quanto mais aumentar a curvatura, maior a compressão no disco L5-S1; aumenta a força sobre os ligamentos distribuídos na superfície de pequenas partes das juntas, causando estiramento; estabilidade prejudicada.	Força na espinha cervical e músculos do ombro somente em postura estática e ao se levantar o braço distante do corpo; não exerce força na junta do ombro.	Compressão ascendente na junta do joelho e na superfície da junta, uniformemente distribuída; com aumento da curvatura aumenta a força nos ligamentos da coxa, nádegas e tornozelo; circulação prejudicada.	3: a força exigida na postura global é significante. Necessidade de ação em breve
Alimentação na aparadora, lixadeira, serra de fita e torno	212: costas curvadas; ambos os pés no chão; pernas retas.	Costas curvadas mais que 20° para frente ou para trás; braços abaixo do ombro; posição em pés peso distribuído sobre ambas as pernas retas (mais que 150°)	Com o aumento da curvatura das costas aumenta a compressão no disco acima de 90° e força nos ligamentos, causando estiramento; força nos músculos aumenta com curvatura acima de 45°; estabilidade prejudicada.	Atuação de força na espinha cervical só em posturas estáticas; força nos músculos do ombro em posturas estáticas e com o braço acima do corpo; sem força na junta do ombro.	Peso nos ligamentos e juntas; compressão igualmente distribuída na superfície da cartilagem; não atua força nos músculos; circulação prejudicada em postura mantida por longos períodos; equilíbrio bom.	2: A força exigida na postura global é significante; uma melhor postura no trabalho deve ser proposta para o futuro.
Alimentação na coladeira de bordas, furadeira e prensa	112: Costas retas; ambos os braços abaixo do nível do ombro; ambos os pés no solo, pernas retas.	Se pequena curvatura nas costas, máximo de 20°; ambos os braços abaixo do nível do ombro; posição em pé; peso distribuído sobre ambas as pernas retas (mais que 150°).	Compressão no disco desprezível; não há força nos ligamentos; força nos músculos desprezível; boa estabilidade.	Força na espinha cervical e músculos do ombro somente em posturas estáticas e quanto braço move acima do corpo; junta do ombro sem força.	Força atuante nos ligamento e juntas; compressão na cartilagem bem distribuída na superfície desta; sem atuação de força no músculo; circulação prejudicada se postura for mantida por longos períodos; equilíbrio ruim.	1: A postura global é comum; nenhuma ação necessária.
Alimentação na desgrossadeira, esquadrejadeira e seccionadora	217 costas curvadas; braços abaixo do nível dos ombros; andando.	Coluna curvada mais de 20° para frente; braços abaixo do ombro; posição de pé ou agachada; andando ou tendendo a movimentar o corpo.	Quanto mais aumentar a curvatura, maior a compressão no disco L5-S1; aumenta a força sobre os ligamentos distribuídos na superfície de pequenas partes das juntas, causando estiramento; estabilidade prejudicada.	Força na espinha cervical e músculos do ombro somente em postura estática e ao se levantar o braço distante do corpo; não exerce força na junta do ombro.	Variada; movimentando; pode ser estável.	3: A força exigida na postura global é significante; para melhorar as posturas no trabalho há necessidade de ação em breve.
Alimentação na desempenadeira e serra circular	417: costas curvadas e torcidas; braços abaixo do nível do ombro; andando ou em movimento	Costas curvadas e torcidas mais que 20°; braços abaixo do ombro; andando ou tendendo a movimentar o corpo	Compressão ascendente do disco L5-S1, curvado e torcido (tecido distendido); força assimétrica nos músculos; força em um lado dos músculos e ligamentos (estiramento).	Atuação de força na espinha cervical só em posturas estáticas; força nos músculos do ombro em posturas estáticas e com o braço acima do corpo; sem força na junta do ombro.	Variada; movimentando; pode ser estável.	2: A força exigida na postura global é significante; uma melhor postura no trabalho deve ser proposta para o futuro.
Torneamento	212: costas curvadas; ambos os braços abaixo do nível do ombro; ambos os pés no chão; pernas retas.	Costas curvadas mais que 20° para a frente ou para trás; braços abaixo do ombro; posição em pés peso distribuído sobre ambas as pernas retas (mais que 150°)	Com o aumento da curvatura das costas aumenta a compressão no disco acima de 90° e força nos ligamentos, causando estiramento; força nos músculos aumenta com curvatura acima de 45°; estabilidade prejudicada.	Atuação de força na espinha cervical só em posturas estáticas; força nos músculos do ombro em posturas estáticas e com o braço acima do corpo; sem força na junta do ombro.	Peso nos ligamentos e juntas; compressão igualmente distribuída na superfície da cartilagem; não atua força nos músculos; circulação prejudicada em postura mantida por longos períodos; equilíbrio bom.	2: A força exigida na postura global é significante; uma melhor postura no trabalho deve ser proposta para o futuro.
Alimentação na Tupia	312: costas torcidas ou curvadas lateralmente; ambos os pés no chão; pernas retas.	Costas torcidas ou curvadas lateralmente mais que 20°; braços abaixo do ombro; posição em pés peso distribuído sobre ambas as pernas retas (mais que 150°)	Compressão ascendente na curva do disco, força em curva; ligamentos estirados, principalmente nos extremos; tecido distendido; força assimétrica nos músculos; estabilidade ruim.	Atuação de força na espinha cervical só em posturas estáticas; força nos músculos do ombro em posturas estáticas e com o braço acima do corpo; sem força na junta do ombro.	Peso nos ligamentos e juntas; compressão igualmente distribuída na superfície da cartilagem; não atua força nos músculos; circulação prejudicada em postura mantida por longos períodos; equilíbrio bom.	1: A postura global é comum; nenhuma ação necessária.

As pernas foram a parte do corpo mais prejudicada durante as posturas adotadas no levantamento e deposição das peças. Os trabalhadores normalmente executavam essas funções com ambas as pernas flexionadas, causando compressão na junta do joelho e elevada força nos ligamentos da coxa, nádegas e tornozelos.

Durante a fase de alimentação das máquinas e postos de trabalho, as posturas mais lesivas para as costas foram adotadas na desempenadeira e serra circular que exigiram o trabalho com costas curvadas e torcidas. As posturas lesivas às pernas foram verificadas sobretudo na desempenadeira, serra circular, desgrossadeira, esquadrejadeira e seccionadora que exigiam normalmente o trabalho em movimento constante. Em todas as operações, as articulações dos braços foram pouco prejudicadas, ambas sempre abaixo do nível dos ombros.

Na Tabela 3, mostra-se a categoria de ação recomendada nas diversas fases do ciclo de trabalho em

cada máquina ou posto de trabalho avaliado.

TABELA 3: Categoria de ação recomendada no levantamento da carga, alimentação e deposição da carga no piso nas máquinas e postos de trabalho avaliados.

TABLE 3: Action recommended in lifting, feeding and placing the load on the floor of the machines and work places evaluated.

Categoria de ação recomendada	Fase do ciclo de trabalho por máquina
1: A postura global é comum; nenhuma ação necessária.	Alimentação da coladeira de bordas, furadeira, prensa e tupia.
2: A força exigida na postura global é significativa; uma melhor postura no trabalho deve ser proposta para o futuro.	Alimentação da aparadora, esquadrejadeira, lixadeira de fita, desempenadeira, seccionadora, serra circular, serra de fita, torno.
3: A força exigida na postura global é significativa; para melhorar as posturas no trabalho há necessidade de ação em breve.	Alimentação da desgrossadeira, esquadrejadeira e seccionadora. Levantamento e deposição das cargas em todas as máquinas.

Na operação de alimentação com a desgrossadeira, esquadrejadeira e seccionadora e no levantamento e deposição dos materiais, foram obtidas as maiores significâncias quantos às forças exigidas durante a postura. Para a maioria das outras posturas, recomendou-se ação em breve e em apenas quatro máquinas, sendo: coladeira de bordas, furadeira, prensa e tupia. A postura global foi classificada como comum, não necessitando de nenhuma ação.

A Tabela 4 abaixo mostra a análise do modelo tridimensional de predição de posturas e forças estáticas da Universidade de Michigan.

TABELA 4: Análise biomecânica dos trabalhadores em marcenarias do Distrito Federal com o uso do modelo tridimensional de predição de posturas e forças estáticas da Universidade de Michigan.

TABLE 4: Biomechanical analysis of carpentry workers in Distrito Federal, with the use of the tridimensional prediction posture and Static Forces of the University of Michigan.

Atividade	Fase do ciclo	Força de compressão no disco L5-S1 (N)	Carga limite de compressão (3426,3 N)	Percentual de capazes						Articulações com problemas de carga limite recomendada (% capazes inferior a 99%)
				Cotovelos	Ombros	L5-S1	Quadris	Joelhos	Tornozelos	
Aparadora	Levantamento	460	-	100	99	99	99	99	99	-
	Alimentação	436	-	100	99	99	98	99	99	Quadris
	Deposição	460	-	100	99	99	99	99	99	-
Coladeira de borda	Levantamento	488	-	100	99	99	99	99	99	-
	Alimentação	147	-	100	99	99	99	99	99	-
	Deposição	488	-	100	99	99	99	99	99	-
Desengrossadeira	Levantamento	1590	-	92	98	93	99	97	98	Cotovelos, Ombros, L5-S1, Joelhos e Tornozelos
	Alimentação	339	-	99	89	99	98	99	83	Ombros, Quadris e Tornozelos
	Deposição	1590	-	92	98	93	99	97	98	Cotovelos, Ombros, L5-S1, Joelhos e Tornozelos
Esquadrejadeira	Levantamento	384	-	99	99	99	100	99	99	-
	Alimentação	142	-	100	98	99	98	99	98	Ombros, Quadris e Tornozelos
	Deposição	384	-	99	99	99	100	99	99	-
Furadeira	Levantamento	637	-	100	99	99	98	99	99	Quadris
	Alimentação	146	-	100	99	99	98	99	98	Quadris e Tornozelos
	Deposição	637	-	100	99	99	98	99	99	Quadris

Continua...



TABELA 4: Continuação ...

TABLE: Continued ...

Atividade	Fase do ciclo	Força de compressão no disco L5-S1 (N)	Carga limite de compressão (3426,3 N)	Percentual de capazes						Articulações com problemas de carga limite recomendada (% capazes inferior a 99%)
				Cotovelos	Ombros	L5-S1	Quadris	Joelhos	Tornozelos	
Lixadeira-ra	Levantamento	78	-	100	99	100	99	99	99	-
	Alimentação	442	-	100	99	99	98	99	98	Quadris e Tornozelos
	Deposição	78	-	100	99	100	99	99	99	-
Desempenadeira	Levantamento	949	-	99	99	99	99	98	99	Joelhos
	Alimentação	382	-	99	95	99	98	98	81	Ombros, Quadris, Joelhos e Tornozelos.
	Deposição	949	-	99	99	99	99	98	99	Joelhos
Prensa	Levantamento	372	-	100	99	99	99	99	99	-
	Alimentação	250	-	100	99	99	99	99	99	-
	Deposição	372	-	100	99	99	99	99	99	-
Seccionadora	Levantamento	216	-	100	99	99	99	99	99	-
	Alimentação	140	-	100	99	99	98	99	96	Quadris e Tornozelos
	Deposição	216	-	100	99	99	99	99	99	-
Serra circular	Levantamento	551	-	99	99	99	99	98	99	Joelhos
	Alimentação	549	-	99	96	99	98	99	86	Ombros, Quadris e Tornozelos
	Deposição	551	-	99	99	99	99	98	99	Joelho
Serra de fita	Levantamento	163	-	100	99	99	100	98	99	Joelho
	Alimentação	102	-	100	98	99	98	99	93	Ombros, Quadris e Tornozelos
	Deposição	163	-	100	99	99	100	98	99	Joelhos
Torno	Levantamento	597	-	100	99	99	98	99	99	Quadris
	Alimentação	341	-	100	99	99	99	99	99	-
	Deposição	597	-	100	99	99	98	99	99	Quadris
Tupia	Levantamento	278	-	100	99	99	99	99	99	-
	Alimentação	383	-	100	99	99	99	99	98	Tornozelos
	Deposição	278	-	100	99	99	99	99	99	-

A análise tridimensional realizada com o auxílio do programa de predição de posturas e forças estáticas desenvolvido pela Universidade de Michigan permitiu identificar e caracterizar as exigências físicas nas operações nas marcenarias. O programa indicou a força de compressão do disco L5-S1 da coluna, a carga-limite recomendada que é de até 3.426 N ou 349,3 kgf sobre o disco da coluna. O disco L5-S1 da coluna não teve em nenhuma atividade comprometimento com força de compressão acima da carga-limite de compressão superior que para homens é da ordem de 6.363 N ou 648,9 kgf. Os valores situados acima de 6.363 N devem ser evitados, pois apresentam riscos para a saúde do trabalhador.

A Figura 8 mostra o percentual de capazes, por fase do ciclo de trabalho, em cada máquina e posto de trabalho avaliado.

As fases do ciclo de trabalho mais problemáticas foram a deposição das peças no piso na desgrossadeira que houve o comprometimento de todas as articulações com exceção dos quadris e a alimentação da desempenadeira em que apenas os cotovelos e o disco L5-S1 da coluna não foram comprometidos.

Nenhuma das articulações teve seu nível de comprometimento que levasse a um percentual de capazes inferior a 25%. As articulações mais afetadas durante a operação foram os tornozelos na alimentação da desempenadeira (81% de capazes) na desgrossadeira (83% de capazes) e na serra circular (86% de capazes), além dos ombros na desgrossadeira (89% de capazes).

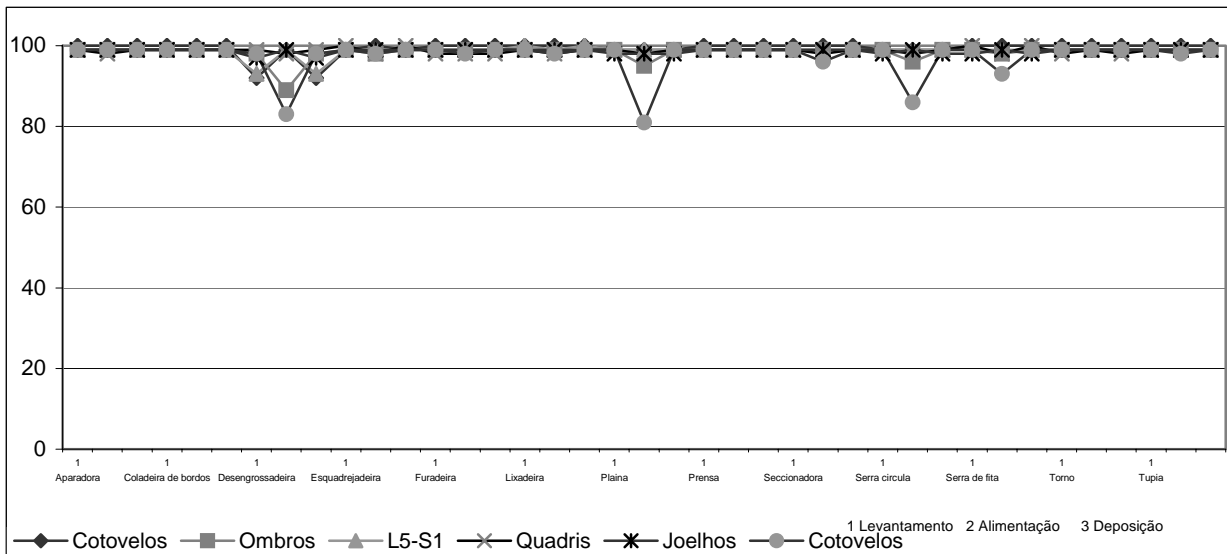


FIGURA 8: Percentual de capazes, por fase do ciclo, em cada máquina e posto de trabalho.

FIGURE 8: Percentage of capable by phasis of cicle, in each machine and work place.

## CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, concluiu-se que:

A máquina que exigiu as piores posturas durante a alimentação em todas as análises foi a desengrossadeira;

Com relação à análise pelo método OWAS, as piores posturas foram obtidas durante o levantamento e deposição das peças no piso das marcenarias em todas as máquinas e alimentação na desengrossadeira, precisando ação em breve.

Na atividade de alimentação na desempenadeira e serra circular, os maiores riscos advindos da adoção de posturas danosas foram encontrados nas articulações das costas que constantemente eram mantidas curvadas e torcidas.

Com relação às costas, as piores posturas foram adotadas durante a alimentação na desempenadeira e serra circular, sendo observadas posturas curvadas e torcidas.

Pela análise com o modelo desenvolvido pela Universidade de Michigan, as fases do ciclo de trabalho mais problemáticas foram a deposição das peças no piso na desengrossadeira, quando houve o comprometimento de todas as articulações com exceção dos quadris. Além disso, a fase de alimentação na desempenadeira ficou comprometida, em que apenas os cotovelos e o disco L5-S1 da coluna não tiveram seus níveis excedidos;

As articulações com maiores níveis de comprometimento foram os tornozelos, com menor percentual de capazes durante a alimentação na desengrossadeira, desempenadeira, serra circular e serra de fita;

Para melhoria das posturas adotadas pelos trabalhadores, a intervenção ergonômica deve buscar eliminar o trabalho constante em pé, utilizar a mecanização auxiliar mecânica para evitar o levantamento e deposição constante das peças no piso, diminuir a carga durante a alimentação ou instalação de motor de avanço de peças e elaborar um método de treinamento para adoção de melhores posturas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CONAW, P. L. **Estatística**. São Paulo, Edgard Blucher. 1977. 264 p.

FIEDLER, N.C.; SOUZA, A.P.; MINETTI, L.J.; MACHADO, C.C.; TIBIRIÇÁ, A.C.G. Análise de posturas na colheita florestal. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 23, n. 4. p. 435-441, 1999.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. São Paulo, Edgard Blucher, 1990. 465 p.

OWAS: manual Ovako Working Analysing System. Helsinki: Finnish Institute of Occupational Health. 1990. Não paginado.

SENAI. Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. Belo Horizonte. **Operação em marcenarias**. 1987. (Módulos de curso não paginados).

SINDIMAM/DF. **Relação de empresas da indústria do mobiliário do Distrito Federal**. Brasília: Sindicato das Indústrias de Madeira e do Mobiliário do Distrito Federal, 2001. 17 p.

SILVA, K. R. **Análise de fatores ergonômicos em marcenarias do município de Viçosa – MG**. Viçosa, MG: UFV, 1999. 97 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

UNIVERSITY OF MICHIGAN. **3 D Static strenght prediction program: version 2.0 – user’s manual**. Michigan, Universidade de Michigan, Centro de Ergonomia, 1993. 76 p.

VENTUROLI, F. **Diagnóstico das condições de trabalho nas marcenarias do Distrito Federal**. Brasília, DF: UnB, 2000. 56p. Trabalho Final (Engenharia Florestal).

WIN-OWAS. **Manual software for OWAS analysis**. Tampere University of Technology, Occupational Safety Engineering. 14 p. Disponível em: <<http://turva.me.tut.fi/owas>>. Acesso em: 21 de fevereiro de 2002.