

Análise antropométrica de um grupo de operadores brasileiros de “*feller-buncher*”

Anthropometric analyses of a group of Brazilian feller-buncher operators

Haroldo Carlos Fernandes¹, Andréia Bordini de Brito², Nerilson Terra Santos³, Luciano José Minette⁴ e Paula Cristina Natalino Rinaldi⁵

Resumo

A adequação e as melhorias no posto de trabalho do operador têm sido a preocupação da ergonomia, com vistas à preservação da integridade física, mental e social do ser humano. O presente trabalho teve por objetivo realizar análise antropométrica de uma amostra de trabalhadores brasileiros que operam três modelos de “*feller-buncher*” em áreas de colheita de madeira pertencentes a uma empresa florestal localizada no município de Santa Bárbara, Estado de Minas Gerais. A avaliação antropométrica dos operadores foi realizada por dois conjuntos de medidas, uma em pé e outra sentado, e os resultados comparados com outros obtidos junto a operadores norte-americanos. Pode-se concluir que as medidas antropométricas desse grupo de operadores brasileiros demonstram diferenças, significativamente menores, em comparação com as dos operadores norte-americanos.

Palavras-chave: Ergonomia, Posto de trabalho, Máquinas florestais

Abstract

The adaptation and improvement in the working position of the operator have been the concern of the ergonomics with a view of preserving the human being's physical, mental and social integrity. The present work's objective was to evaluate the anthropometric measures of a sample of Brazilian workers' operating wood harvesting machines of three models of “*feller-bunchers*”. The analyses were performed on machines operating in wood harvesting areas belonging to a forest company, located in the district of Santa Bárbara, State of Minas Gerais - Brazil. The evaluation of anthropometric measures of the operators was accomplished by two groups of measures, one group sitting and the other standing, and the results compared with those of operators obtained in North America. It can be concluded that the anthropometric measures of the Brazilian operators had significantly smaller differences than those of North American operators.

Keywords: Ergonomics, Job, Forest machines

INTRODUÇÃO

A antropometria é definida como o estudo das medidas das características do corpo humano e abrange, principalmente, o estudo das dimensões lineares, diâmetros, pesos, centros de gravidade do corpo humano e suas partes. No Brasil são poucos os estudos antropométricos desenvolvidos, sendo alguns realizados por instituições de pesquisas de modo não sistemático.

Os dados antropométricos devem ser expressos em percentis, que, por sua vez, significam a proporção da população cuja medida é inferior a um determinado valor. Um percentil de 95% indica que uma variável possui magnitude igual ou inferior a este valor, e que os 5% restantes correspondem ao extremo superior da referida variável (IIDA, 2003).

¹Professor Titular do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa - Av. PH Holfs, s/n - Campus Universitário - Viçosa, MG - 36570-000 - E-mail: haroldo@ufv.br

²Professora Doutora do Departamento de Artes e Design da Universidade Federal de Pelotas - Campus Universitário, s/n - Pelotas, RS - 96010-900 - E-mail: bordinibrito@yahoo.com.br

³Professor Doutor do Departamento de Informática da Universidade Federal de Viçosa - Av. PH Holfs, s/n - Campus Universitário - Viçosa, MG - 36570-000 - E-mail: nsantos@dpi.ufv.br

⁴Professor Titular do Departamento de Engenharia Elétrica e de Produção da Universidade Federal de Viçosa - Av. PH Holfs, s/n - Campus Universitário - Viçosa, MG - 36570-000 - E-mail: minette@ufv.br

⁵Doutoranda do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa - Av. PH Holfs, s/n - Campus Universitário - Viçosa, MG - 36570-000 - E-mail: pcnrinaldi@hotmail.com

Para este estudo especificamente, são várias as normas internacionais que tratam de dimensões, tanto do posto do condutor do trator como da interação da máquina com o seu operador. Tanto a ISO (International Standard Organization), como a ASAE (American Society of Agricultural Engineers) produzem normas, assim como a CEE (Comunidad Económica Europea) possui diretivas que determinam medidas máximas e mínimas recomendadas no projeto de máquinas, principalmente tratores agrícolas. Entre essas normas, destacam-se a norma ISO 3462 - 1979 (NBR - 9405) (Tratores e Máquinas Agrícolas - Ponto de Referência do Assento - Método de Determinação), a NBR - ISO 4252 - 2000 (Tratores Agrícolas - Local de trabalho do operador - dimensões). (ISO, 1979; ABNT, 1985; ISO, 2000)

Os padrões definidos por estas normas estão de acordo com as medidas antropométricas dos operadores europeus e norte-americanos que, a princípio, podem diferir das medidas dos operadores de outros países, como o Brasil (SIQUEIRA, 1976). As variações no padrão antropométrico podem ocorrer inclusive dentro de um mesmo país, conforme a região considerada. Assim, um trator agrícola, cujo posto de trabalho esteja dimensionado conforme os padrões definidos pelas normas internacionais, pode proporcionar um ambiente de trabalho inadequado ao operador brasileiro (SCHLOSSER *et al.*, 2002).

Os dados antropométricos utilizados para embasar os projetos de tratores agrícolas e florestais comercializados no Brasil, normalmente são de cidadãos estrangeiros, devido à carência de informações antropométricas dos operadores brasileiros. Além do mais, grande parte do mercado brasileiro de tratores agrícolas e florestais é dominada por empresas estrangeiras, o que desestimula a realização de pesquisa antropométrica para este mercado, já que é mais barato considerar tais informações de outras regiões que já possuem os estudos (FONTANA, 2005). Esta situação pode acarretar problemas de adequação do posto de trabalho para o operador brasileiro.

O Brasil é um país de grandes dimensões que possui uma população com características físicas muito variáveis, o que dificulta ainda mais um levantamento antropométrico. Schlosser *et al.* (2002) estudaram as medidas antropométricas dos operadores de tratores agrícolas tendo como objetivo determinar o padrão antropométrico dos operadores de tratores agrícolas da depressão central do Rio Grande do Sul. As

variáveis medidas foram as seguintes: altura do corpo; altura ao nível dos olhos; altura ao nível dos olhos sentado; altura do cotovelo; alcance do braço; alcance da mão; distância pé-patela e apoio do assento.

Este trabalho teve como objetivo principal analisar e avaliar as medidas antropométricas de um grupo de operadores brasileiros de tratores "feller-buncher" e compará-los com os dos operadores norte-americanos. Além disso, foram coletadas algumas dimensões do posto de trabalho de três modelos de "feller-buncher" e comparado o seu ajuste às medidas antropométricas dos operadores brasileiros.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em uma empresa florestal, localizada no município de Santa Bárbara, Minas Gerais, situada a 19°58'05"S de latitude sul e 43°24'57"W de longitude, 732 m de altitude. As jornadas de trabalho nesta empresa são de 24 horas, com os "feller-bunchers" operando em três turnos de oito horas, de segunda-feira a sábado.

Três modelos de "feller-bunchers" com rodado de esteiras, das marcas Timberjack, modelo 608L, Valmet, modelo 425EXL, e John Deere, modelo 759C, foram utilizados neste trabalho (Tabela 1).

A população pesquisada foi constituída por todos os operadores de "feller-buncher" da empresa totalizando 21 operadores.

Análise antropométrica

Para esta análise foram determinadas 33 medidas corporais, utilizando-se uma trena e réguas adaptadas, conforme proposto por Petroski (2003).

As medidas foram efetuadas em três etapas distintas: na primeira etapa foi realizado o preenchimento da ficha de dados gerais do operador e posteriormente a coleta das medidas antropométricas dos operadores em pé e sentados (Figura 1 e Tabela 2).

Foram comparadas as medidas antropométricas dos operadores mensurados com os dados antropométricos dos operadores norte-americanos (EUA), local de fabricação das máquinas em estudo. Utilizou-se a média e o intervalo da medida no qual se encontram 90% dos indivíduos para efeito de comparação com dados antropométricos. Essa comparação foi feita através do teste t, a um nível de 5% de probabilidade.

Tabela 1. Principais especificações técnicas dos "Feller-Bunchers" analisados.**Table 1.** Main technical specifications of the analyzed "Feller-Bunchers".

Especificações	Timberjack 608L	Valmet 425 EXL	John Deere 759G
Potência no motor (HP)	230	260	241 H
Marca do motor	Cummins	Komatsu QSC	SISU
Número de cilindros	6	6	6
Massa total (kg)	26,886	24,495	28,086
Comprimento sem lança (m)	4,41	4,44	5,63
Largura (m)	3,05	2,95	3,05
Altura (m)	3,83	3,76	3,78
País de fabricação	EUA	EUA	EUA
Ano de compra	2000	2003	2006
Consumo combustível (l/h ⁻¹)	30	30	30
Velocidade máxima Km/h ⁻¹	4,05	5,6	4,0
Declividade máxima de trabalho	27°	23°	27°
Raio máximo de corte (m)	7,08	7,11	7,24

Tabela 2. Ficha de coleta de dados gerais e antropométricos do operador (1º Etapa).**Table 2.** Collection sheet of general and anthropometric data of the operators (1º Stage).

Nome
Local nascimento, Cidade/Estado
Idade
Uso mão (d,c, ambidestro)
Percepção das cores
Anos como operador
Tempo de serviço na empresa
A. Massa corpórea (Kg)
Em pé (cm)
B. Estatura
C. Altura Total (braço levantado)
D. Altura dos olhos
E. Altura do ouvido
F. Altura ombro
G. Altura cotovelo
H. Altura joelho
I. Tamanho do Braço + antebraço + mão
J. Tamanho do Braço
K. Tamanho do antebraço
L. Tamanho da mão
M. Largura mão
N. Largura cabeça
O. Largura tórax, entre axilas
P. Largura quadril
Sentado (cm)
Q. Chão – nádegas
R. Largura poplítea
S. Altura sentado
T. Altura assento - olhos
U. Altura até os ombros sentado
V. Altura do cotovelo sentado
W. Altura da coxa
X. Comprimento do antebraço
Y. Coluna – joelho
A1 Largura dos ombros
B1 Largura total costas + braços
C1 Altura de pegada sentado
D1 Comprimento cotovelo ao dedo
E1 Comp. pegada - costas
F1 Comprimento do pé descalço
G1 Largura do pé descalço
H1 Altura popliteal
I1 Altura dos joelhos

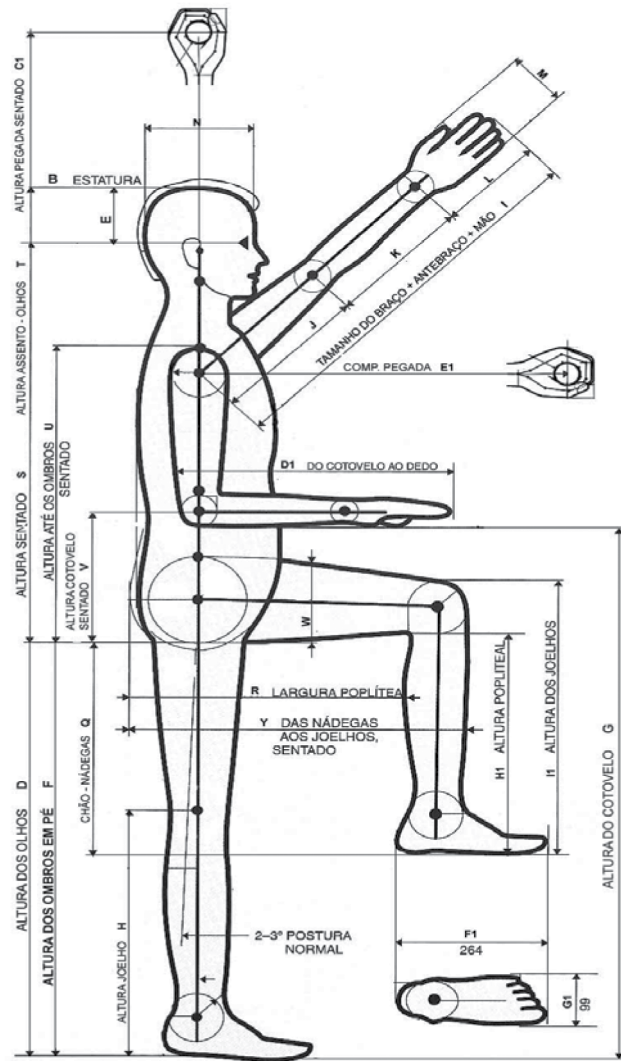


Figura 1. Medidas antropométricas obtidas dos operadores.
Figure 1. Anthropometric measures obtained on the operators.

O posto de trabalho das máquinas também foi mensurado de acordo com as normas suecas do guia Skogforsk (1999), especificamente proposto para máquinas florestais, conforme ilustrado na Figura 2 e Tabela 3.

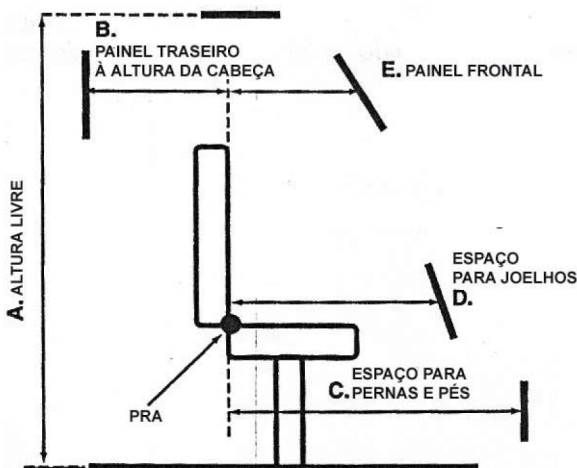


Figura 2. Variáveis de medição da cabine.
Figure 2. Variables of cab measures.

Tabela 3. Variáveis de medição da cabine.
Table 3. Variables of cab measurements.

Dimensão	cm
A - Altura livre	
B - Painel traseiro à altura da cabeça	
C - Espaço para as pernas (e pés)	
D - Espaço para os joelhos	
E - Painel frontal à altura do descanso dos braços	
Largura cabine	
Comprimento cabine	
Distância pedais até carcaça	
Distância banco carcaça	
Altura fim encosto até o teto	

As variáveis do levantamento antropométrico foram utilizadas para verificar se as dimensões do acesso, assento, posto de trabalho e alcance dos controles operados pelas mãos e pés, em relação ao ponto de referência de assento (PRA), eram adequados aos operadores que trabalham atualmente na empresa.

Análise estatística

A análise estatística dos dados foi feita mediante o uso dos percentis, que é uma separatriz que divide a distribuição da frequência ordenada em 100 partes iguais, a partir do menor para o maior, em relação a algum tipo específico de dimensão corporal.

Para determinar as variações antropométricas dos operadores, a análise estatística constou do cálculo dos percentis, nos níveis 5%, 50% e 95%. Para as variáveis estudadas nas máquinas os percentis utilizados nos valores indicados foram 95% e 5%, dependendo da variável a ser analisada. Isto significa que no percentil menor (5%) houve possibilidade de 5% de a população estar abaixo do universo pesquisado e, no maior (95%), 5% acima. Também foram determinados a média, o desvio-padrão, o coeficiente

de variação e o intervalo da medida no qual se encontram 90% dos indivíduos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados antropométricos obtidos na amostragem de 21 operadores de máquinas de colheita de madeira são apresentados na Tabela 4. Nesta, também se encontram analisados os percentis 5%, 50% e 95%, a média, o desvio padrão e o coeficiente de variação.

Na Tabela 5, observa-se a comparação do padrão antropométrico entre os operadores de máquinas florestais dos EUA e da empresa em estudo (THOMAS *et al.*, 1994). Já na Tabela 6, está a análise estatística do teste t de comparação realizada pelo programa Statistica versão 7.

Tabela 4. Padrão antropométrico dos operadores de máquinas de colheita de madeira da empresa em estudo.
Table 4. Anthropometric standard of the operators of wood harvesting machines at the studied forest company.

Posição	Média (cm)	Desvio Padrão	C.V. %	Percentil			
				5%	50%	95%	
Em pé	1. Massa corpórea *	75,9	13,3	17,5	54,0	75,9	97,7
	2. Estatura	175,0	4,8	2,7	167,1	175,0	182,9
	3. Altura Total (braço levantado)	217,8	9,1	4,2	202,8	217,8	232,8
	4. Altura dos olhos	166,3	4,8	2,9	158,4	166,3	174,3
	5. Altura do ouvido	163,3	4,6	2,8	155,7	163,3	170,9
	6. Altura ombro	148,2	5,6	3,7	139,0	148,2	157,3
	7. Altura cotovelo	113,9	8,3	7,3	100,2	113,9	127,5
	8. Altura joelho	50,6	2,4	4,7	46,6	50,6	54,5
	9. Braço + antebraço + mão	76,5	4,0	5,2	69,9	76,5	83,0
	10. Tamanho do braço	57,8	3,0	5,1	52,9	57,8	62,7
	11. Tamanho do antebraço	27,5	1,7	6,3	24,7	27,5	30,3
	12. Tamanho da mão	20,0	1,4	7,0	17,7	20,0	22,3
	Sentado	13. Largura mão	11,9	0,9	7,7	10,4	11,9
14. Largura cabeça		19,8	1,1	5,4	18,0	19,8	21,6
15. Largura tórax, entre axilas		36,0	3,1	8,7	30,9	36,0	41,1
16. Largura quadril		35,9	2,9	8,1	31,0	35,9	40,6
17. Chão – nádegas		43,5	4,7	10,9	35,7	43,5	51,3
18. Largura poplítea		43,1	2,3	5,4	39,3	43,1	47,0
19. Altura sentado		84,0	3,2	3,8	78,7	84,0	89,2
20. Altura assento - olhos		73,5	5,1	6,9	65,1	73,5	81,8
21. Altura até os ombros sentado		54,3	3,9	7,2	47,9	54,3	60,8
22. Altura do cotovelo sentado		20,9	5,2	25,0	12,3	20,9	29,5
23. Altura da coxa		15,8	1,7	10,7	13,0	15,8	18,6
24. Comprimento do antebraço		28,9	1,5	5,3	26,3	28,9	31,4
25. Coluna – joelho		58,2	3,1	5,3	53,1	58,2	63,2
1. Largura dos ombros	42,7	2,6	6,1	38,4	42,7	47,0	
1. Largura total costas + braços	51,4	3,7	7,3	45,2	51,4	57,6	
1. Altura de pegada sentado	117,4	6,1	5,2	107,3	117,4	127,5	
1. Comp. cotovelo ao dedo	47,8	1,9	3,9	44,7	47,8	50,9	
1. Comp. pegada - costas	68,6	4,7	6,9	60,8	68,6	76,4	
1. Comprimento do pé descalço	27,3	0,9	3,2	25,7	27,3	28,9	
1. Largura do pé descalço	11,1	0,6	4,9	10,0	11,1	12,0	
1. Altura poplítea	46,6	1,9	4,1	43,5	46,6	49,8	
1. Altura dos joelhos	56,9	2,6	4,6	52,5	56,9	61,1	

* Massa Corpórea em Kg

Tabela 5. Comparação do padrão antropométrico entre os operadores de máquinas florestais dos EUA e da empresa em estudo.

Table 5. Comparison of the anthropometric standard between the operators of the wood harvesting machines in the USA and that of this Brazilian company.

Posição	EUA**			Estudo			Δ %
	Média (cm)	Intervalo 90%		Média (cm)	Intervalo 90%		
A. Massa corpórea*	89,8	60,3	119,3	75,9	54,0	97,7	-15,4
B. Estatura	179,3	169,8	188,8	175,0	167,1	182,9	-2,3
C. Altura Total	-----	-----	-----	217,8	202,8	232,8	----
D. Altura dos olhos	-----	-----	-----	166,3	158,4	174,3	----
E. Altura do ouvido	-----	-----	-----	163,3	155,7	170,9	----
F. Altura ombro	-----	-----	-----	148,2	139,1	157,3	----
G. Altura cotovelo	-----	-----	-----	113,9	100,2	127,5	----
H. Altura joelho	-----	-----	-----	50,6	46,6	54,5	----
I. Braço + antebraço + mão	82,0	75,0	87,0	76,5	69,9	83,1	-6,7
J. Tamanho do braço	-----	-----	-----	57,8	52,9	62,7	----
K. Tam. do antebraço	-----	-----	-----	27,5	24,7	30,4	----
L. Tamanho da mão	-----	-----	-----	20,0	17,8	22,3	----
M. Largura mão	-----	-----	-----	11,9	10,4	13,4	----
N. Largura cabeça	-----	-----	-----	19,8	18,0	21,6	----
O. Largura tórax, entre axilas	-----	-----	-----	36,0	30,9	41,1	----
P. Largura quadril	-----	-----	-----	35,9	31,1	40,7	----
Q. Chão nádegas	46,8	43,2	50,5	43,5	35,7	51,3	-7,0
R. Largura poplíteia	49,9	44,8	55,01	43,1	39,3	47,0	-13,6
S. Altura sentado	89,3	78,8	99,7	84,0	78,7	89,2	-5,9
T. Altura assento - olhos	75,7	64,6	86,9	73,5	65,1	81,8	-2,9
U. Alt.até os ombros sentado	61,6	56,2	67,0	54,3	47,9	60,8	-11,8
V. Altura do cotovelo sentado	22,3	15,8	18,9	20,9	12,3	29,5	-6,2
W. Altura da coxa	-----	-----	-----	15,8	13,0	18,6	----
X. Comp.do antebraço	-----	-----	-----	28,9	26,4	31,4	----
Y. Coluna – joelho	-----	-----	-----	58,2	53,1	63,3	----
A1 Largura dos ombros	47,7	40,3	55,01	42,7	38,5	47,0	-10,4
B1 Larg. total costas + braços	-----	-----	-----	51,4	45,3	57,6	----
C1 Altura de pegada sentado	-----	-----	-----	117,4	107,4	127,5	----
D1 Comp. cotovelo ao dedo	50,1	46,5	53,7	47,8	44,7	50,9	-4,6
E1 Comp. pegada - costas	-----	-----	-----	68,6	60,8	76,4	----
F1 Comp. do pé descalço	30,4	28,4	32,4	27,3	25,7	28,9	-10,1
G1 Largura do pé descalço	10,9	9,8	12,01	11,1	10,0	12,0	1,8
H1 Altura popliteal	-----	-----	-----	46,6	43,5	49,8	----
I1 Altura dos joelhos	-----	-----	-----	56,9	52,6	61,2	----

* Massa Corpórea em Kg

** Thomas et al. (1994)

Δ %: diferença percentual em relação aos dados antropométricos dos EUA

Tabela 6. Comparação das variáveis antropométricas mensuradas e dos EUA (teste t 5%).

Table 6. Comparison of anthropometric variables measured here and those in North America (test t 5%)

Variáveis comparadas	Média EUA	Desvio-padrão	Média mensurada	Erro-padrão	Valor t	p
Massa	89.8	13,3	75,9	2,9	-4,8	0,000106
Estatura	179.3	4,8	175,0	1,0	-4,1	0,000545
Braço+antebraço+mão	82,0	4,0	76,5	0,8	-6,8	0,000000
Chão-nádegas	46.8	4,7	43,5	1,0	-3,2	0,004356
Largura poplíteia	49.9	2,3	43,1	0,5	-13,3	0,000000
Altura sentado	89.3	3,2	84,0	0,7	-7,6	0,000000
Altura assento-olhos	75.7	5,0	73,5	1,1	-2,0	0,058367
Altura até os ombros-sentado	61.6	3,9	54,3	0,8	-8,45	0,000000
Altura do cotovelo-sentado	22.3	5,2	20,9	1,14	-1,2	0,236033
Largura dos ombros	47.7	2,6	42,7	0,5	-8,8	0,000000
Comprimento do cotovelo aos dedos	50.1	1,9	47,8	0,4	-5,5	0,000019
Comprimento do pé descalço	30.4	0,9	27,3	0,2	-7,8	0,000000
Largura do pé descalço	10.9	0,6	11,1	0,1	9,8	0,000000

Os padrões antropométricos americanos (THOMAS *et al.*, 1994) foram adotados como referência para a comparação com as médias da população dos operadores brasileiros. Os resultados demonstraram que há diferenças entre o biótipo geral dos operadores dos países mais desenvolvidos e o dos operadores da região abrangida por este estudo (Tabela 5), confirmando os dados obtidos por Minette (1996), Schlosser *et al.* (2002), Iida (2003) e Fontana (2005).

Nos operadores analisados foram significativamente menores as medidas da massa, estatura, braço+antebraço+mão, chão-nádegas, largura poplíteia, altura sentado, altura até ombros sentado, largura dos ombros, comprimento do cotovelo aos dedos e comprimento do pé descalço (teste t em 5% de probabilidade de erro) conforme Tabela 6.

As maiores diferenças ocorreram para a massa (A) (-15,4%), largura poplíteia (R) (-13,6%), altura até o ombro sentado (U) (-11,8%), largura dos ombros (A1) (-10,4%) comprimento do pé descalço (F1) (-10,1) e para altura sentado (Q) (-7,0%). A única medida para a qual os operadores brasileiros obtiveram valor maior foi para a largura do pé (G1), com variação de 1,8%.

A largura poplíteia (R) é uma medida que influencia na definição do comprimento do assento do operador. O comprimento do assento deve ser tal que possibilite o acionamento dos pedais de impulso para deslocamento da máquina para frente e para trás, no caso do "*feller-buncher*", de maneira rápida e com o mínimo de esforço, sem que o operador tenha que sair de sua posição normal. Como os operadores mensurados foram menores para esta dimensão o comprimento do assento deve ser diminuído em relação ao que é recomendado para os operadores de onde são produzidas as máquinas estudadas. Caso esta especificação não seja atendida o operador terá que sair da sua posição normal de trabalho para poder acionar os controles operados pelos pés, obrigando-se assim a se movimentar com maior frequência e a tirar o apoio do encosto vertical do assento. Este fato aumentará o nível de fadiga ao qual o operador se encontra submetido durante a jornada de trabalho, conforme expõem Márquez (1990) e Petroski (2003).

A altura ao nível dos olhos, na posição sentado (T), interfere diretamente no campo visual do operador. As diferenças encontradas no perfil antropométrico com relação a esta variável implicam em mudanças no projeto do posto de trabalho. Isto pode ser justificado pelo fato de que, para um

mesmo trator, quanto maior a altura do nível dos olhos do operador em relação à plataforma de operação, melhor é a visibilidade. Assim, os operadores analisados nesta pesquisa, para um mesmo trator, terão um campo visual comprometido, caso este não possua assento com regulagem de altura.

A altura do joelho é usada para definir a altura do assento em relação à plataforma de operação. Essa altura deve ser tal que o operador mantenha os pés sempre apoiados e tenha fácil acesso aos controles operados pelos mesmos.

O comprimento e a largura do pé podem resultar em problemas de acesso e segurança quando algumas máquinas não atenderem às dimensões ideais dos degraus de acesso, sendo estreitos e rasos.

O comprimento do braço+antebraço+mão e do cotovelo ao dedo (I, D1) interfere diretamente no posicionamento dos controles operados pelas mãos. Para que os controles de acionamento freqüente ("joysticks") possam ser considerados bem localizados no sentido horizontal, eles devem estar posicionados dentro da área de alcance normal, que é delimitada pelo semicírculo de raio igual ao comprimento do antebraço e o alcance das mãos. Já os controles operados esporadicamente devem estar dentro da área de alcance máximo. Esta é delimitada pelo semicírculo de raio igual ao tamanho e alcance do braço. Os operadores mensurados neste estudo apresentaram medidas menores para o comprimento de braço e da mão que os operadores norte-americanos.

O posicionamento vertical dos comandos é definido também em função do comprimento do braço. Eles devem estar localizados de forma que o operador consiga alcançá-los sem sair da sua posição normal. A distância vertical máxima do nível do ombro do operador até o comando deve ser igual ao comprimento do braço, mais antebraço, mais a mão.

A altura do operador sentado define o limite da altura da cabine não podendo ser inferior ao valor amostrado. Também é utilizada no dimensionamento da altura mínima de passagem (portas) e nas obstruções à visibilidade.

É importante salientar que os limites inferior e superior, os quais definem o intervalo que abrange 90% dos operadores são, respectivamente, os valores de 5% e 95% percentis. Desta forma, os componentes do posto de trabalho passíveis de regulagem quanto ao posicionamento vertical e horizontal, como "joysticks" e o assento, devem permitir um maior intervalo de regulagem.

Para que a altura livre da cabine seja considerada adequada, o guia Skogforsk (1999) sugere um espaço de 180 cm, sendo que as medidas de todas as máquinas foram inferiores à recomendada. No entanto pode-se estimar para este espaço a soma da medida do operador mais alto sentado (S) com a altura do chão até as nádegas do maior operador (Q), adicionando-se um pouco mais de espaço, de pelo menos 15 cm, tanto para evitar que a cabeça do operador bata no teto da cabine, quando a máquina está operando em terreno acidentado, quanto para capacitar o operador a se levantar do assento. Entretanto, para os operadores mensurados estas diferenças não constituem problemas, pois, utilizando-se os maiores valores das variáveis $S+Q+15$ cm ter-se-á um valor aproximado de 157 cm, inferior às alturas das cabines analisadas.

A norma sueca aconselha a utilização de 115 cm de espaço para as pernas e pés e em todas as máquinas mensuradas os valores foram inferiores a este. No entanto, para as medidas dos operadores analisados as máquinas estão dentro do estimado, uma vez que, para este espaço se utiliza para dimensionamento as medidas antropométricas coluna Joelho (Y) somadas ao deslocamento de 110° da altura poplítea (H1) o que para esta amostra o valor estimado seria de 95 cm. Assim o operador analisado nesta pesquisa, dispõe de mais espaço para as pernas e pés nos tratores analisados.

Para o espaço dos joelhos a norma sugere a utilização de 70 cm e dos três modelos de "feller-bunchers" analisados somente um se encontra dentro do recomendado. Para estimar este valor utiliza-se a medida antropométrica coluna Joelho (Y) acrescida de um espaço de pelo menos 20 cm, sendo que a cabine ideal deveria ter pelo menos 88 cm para atender a esta gama de operadores brasileiros.

A largura da cabine é determinada pelo espaço necessário para acomodar o assento juntamente com o descanso de braço e os controles. Uma cabine muito larga reduz a visibilidade nos dois lados. Para estimar este valor deve-se utilizar a maior variável antropométrica largura total costas mais braços (B1) com espaço adicional requerido de, pelo menos, 15 cm. O comprimento da cabine segundo a norma é determinado pelo espaço para as pernas necessário para o operador endireitar seu corpo e esticar suas pernas. Todas as cabines analisadas encontram-se dentro do valor mínimo.

CONCLUSÕES

De um modo geral, os operadores brasileiros mensurados neste estudo apresentaram medidas menores que os operadores norte-americanos. Concluiu-se também pela necessidade de se promover um ajustamento das condições do posto de trabalho dos três modelos de "feller-buncher" analisados para o grupo de operadores brasileiros em questão, sendo necessária, principalmente, a adequação das dimensões do assento com relação à possibilidade de regulagem e ajustes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9405 - Determinação do P.R.A. de tratores e máquinas agrícolas autopropelidas: procedimento. Rio de Janeiro, 1985. 2p.

FONTANA, G. Avaliação ergonômica do projeto interno de cabines de *forwarders* e *skidders*. 2005. 80p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

IIDA, I. Ergonomia: projeto e produção. 9.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2003. 465p.

ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 3462 - Agricultural tractors and machinery - seat reference point - method of determination. Genève, 1979. 21p.

ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 4252 - Agricultural tractors - operator's seating accommodation - dimensions. Genève, 2000. 17p.

MÁRQUEZ, L. Solo tractor 90. Madrid: Laboreo, 1990. Cap.4, p.146-207.

MINETTE, L.J. Análise de fatores operacionais e ergonômicos na operação de corte florestal com motosserra. 1996. 211p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

PETROSKI, E.L. Antropometria: técnicas e padronizações. 2.ed. Porto Alegre: Pallotti, 2003. 160p.

SCHLOSSER, J.F.; DEBIASI, H.; PARCIANELLO, G.; RAMBO, L. Antropometria aplicada aos operadores de tratores agrícolas. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.32, n.6, p.983-988, 2002.

SIQUEIRA, C.A.A. **Um estudo antropométrico de trabalhadores brasileiros**. 1976. 76p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1976.

SKOGFORSK – THE FOREST RESEARCH INSTITUTE OF SWEDEN. **Ergonomic guidelines for forest machines**. Uppsala: Swedish National Institute for Working Life, 1999. 86p.

THOMAS, R.E.; TUCKER, D.P.W.; SMITH, L.A.; RUMMER, R.B. The anthropometry of forest machine operators in the southern USA. *Journal of Forest Engineering*, Madison, v.5, n.2, p.33-41, 1994.

Recebido em 09/06/2008

Aceito para publicação em 26/03/2009

