

ANDRÉIA BORDINI DE BRITO

**AVALIAÇÃO E REDESENHO DA CABINE DO “*FELLER-BUNCHER*”
COM BASE EM FATORES ERGONÔMICOS**

**Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Agrícola,
para obtenção do título de *Doctor
Scientiae*.**

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2007**

ANDRÉIA BORDINI DE BRITO

**AVALIAÇÃO E REDESENHO DA CABINE DO “*FELLER-BUNCHER*”
COM BASE EM FATORES ERGONÔMICOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 15 de fevereiro de 2007.

**Prof. Luciano José Minette
(Co-Orientador)**

Prof. Mauri MartinsTeixeira

Prof. Amaury Paulo de Souza

Prof. Julião Soares de Souza Lima

**Prof. Haroldo Carlos Fernandes
(Orientador)**

Dedico este trabalho a Giovani Brito, meu marido,
ao meu filho Augusto que está pra nascer
e aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a várias pessoas que, de forma ou outra, compartilharam e enriqueceram a realização deste trabalho.

Ao meu marido e melhor amigo, Giovani Brito pelo apoio, incentivo e por compartilhar minhas idéias e objetivos;

Aos meus pais, Catarina e Antônio Bordini pelo afeto, pela compreensão da ausência e incentivo constantes.

Aos meus irmãos Adriana e Antônio pelo carinho, amizade e apoio.

Aos tios Gilberto e Nicéia pela ternura e por sempre acreditarem.

Ao Orientador Professor Doutor Haroldo Carlos Fernandes, pela orientação, conselhos, amizade e incentivo sempre constante.

Ao Professor Doutor Gutemberg Pereira Dias por me conduzir inicialmente no doutorado com compreensão em seriedade.

Ao Professor Doutor Luciano José Minette, pelos ensinamentos transmitidos e contribuições.

Ao Professor Doutor Nerilson Terra Santos, pela paciência e pelas contribuições nas análises estatísticas.

Aos Professores do PPGEA pela atenção e paciência despendidas.

Aos amigos e colegas do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola que compartilham idéias e trocaram experiências.

Ao Engenheiro Florestal Everson Burla pela ajuda nos experimentos.

A Universidade Federal de Viçosa - UFV, e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola.

Ao CNPQ órgão de financiamento do início de meus estudos.

A UFPEL e aos colegas de departamento pela compreensão e liberação para o término deste trabalho.

BIOGRAFIA

Andréia Bordini de Brito, filha de Antônio de Bruns Bordini e Catarina de Lima Bordini, nasceu em Pelotas, Rio Grande do Sul, no dia 29 de junho de 1976.

Em 1994 recebeu o título de Técnica em Desenho Industrial pela Escola Técnica Federal de Pelotas e de 1995 a 1997 foi projetista da Empresa Soprano Eletro-metalúrgica LTDA, no ramo de projeto de produtos e embalagens.

Em dezembro de 2001 recebeu o título de Bacharel em Desenho Industrial pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) – RS.

Em 2002 ingressou no Curso de Mestrado em Engenharia de Produção – Projeto de Produto, na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), RS, concluindo-o em janeiro de 2004. Em 2003 atuou no ramo da docência no Curso de Design da Universidade Luterana do Brasil - ULBRA

Em março de 2004, ingressou no curso de Doutorado em Engenharia Agrícola, na Universidade Federal de Viçosa (UFV), defendendo tese em fevereiro de 2007.

Desde 2005 é professora do quadro permanente da Universidade Federal de Pelotas, RS, onde atualmente ocupa a função de Professora do Curso de Design no Instituto de Artes e Design (IAD).

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE QUADROS	ix
LISTA DE TABELAS	x
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiv
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	05
2.1. SISTEMAS DE COLHEITA	05
2.2. ERGONOMIA	06
2.3. ANTROPOMETRIA	08
2.3.1. TÉCNICAS DE PESQUISA ANTROPOMÉTRICA	16
2.4. ERGONOMIA EM MÁQUINAS AGRÍCOLAS E FLORESTAIS – NORMAS E DIRETRIZES ..	20
2.4.1. ACESSO AO POSTO DE TRABALHO	25
2.4.2. VISIBILIDADE PARA TRABALHO	30
2.4.3. ASSENTO PARA O OPERADOR	31
2.4.4. CONTROLES DE OPERAÇÃO	35
2.4.5. CONFORTO TÉRMICO NA CABINE DO OPERADOR	37
2.4.6. VIBRAÇÃO	38
2.4.7. RUÍDO	40
2.4.8. ILUMINAÇÃO PARA O CAMPO DE TRABALHO	41
2.4.9. EXAUSTÃO DE GASES E POEIRAS	42
3. MATERIAIS E MÉTODOS	43
3.1. ÁREAS DE ESTUDO	43
3.2. SISTEMAS DE COLHEITA FLORESTAL NA EMPRESA	43
3.3. AMOSTRAGEM E POPULAÇÃO	44
3.4. CARACTERIZAÇÃO DAS MÁQUINAS	44
3.5. AVALIAÇÃO ERGONÔMICA	47
3.5.1. ANÁLISE ANTROPOMÉTRICA	47
3.5.1.1. ANÁLISE ESTATÍSTICA	50
3.5.2. AVALIAÇÃO GERAL DA OPINIÃO DOS OPERADORES	51
3.5.3. ANÁLISE ERGONÔMICA DAS CABINES	55
3.5.3.1. ANÁLISE DAS DIMENSÕES INTERNAS	55
3.5.3.2. ANÁLISE DO POSICIONAMENTO VISUAL DOS INSTRUMENTOS	57

3.5.3.3. ACESSO AO POSTO DE TRABALHO	59
3.5.3.4. ASSENTO DO POSTO DE TRABALHO	60
3.5.3.5. NÍVEL DE RUÍDO EMITIDO PELOS "FELLER-BUNCHERS"	61
3.5.3.5.1. NÍVEL DE RUÍDO NO OUVIDO DO OPERADOR	62
3.6. METODOLOGIA DE REDESENHO	62
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
4.1. ANTROPOMETRIA	65
4.2. ERGONOMIA NA CABINE	71
4.2.1. DIMENSÕES INTERNAS DA CABINE	71
4.2.2. CONTROLES E VISIBILIDADE	73
4.2.3. POSICIONAMENTO VISUAL DOS INSTRUMENTOS	75
4.2.3.1. "FELLER-BUNCHER" TIMBERJACK 608L	75
4.2.3.2. "FELLER-BUNCHER" VALMET 425EXL	79
4.2.3.3. "FELLER-BUNCHER" JOHN DEERE 759C	82
4.2.3.4. ANÁLISE COMPARATIVA DE COMANDOS ENTRE OS MODELOS "FELLER-BUNCHERS"	85
4.2.4. ACESSO AO POSTO DE TRABALHO	86
4.2.5. ASSENTO DO POSTO DE TRABALHO	88
4.2.6. RUÍDO	90
4.2.6.1. NÍVEL DE RUÍDO EM FUNÇÃO DO LADO E DO RAIO DE AFASTAMENTO ..	91
4.3. AVALIAÇÃO GERAL DOS OPERADORES	93
4.4. REDESENHO DE CABINE DE "FELLER-BUNCHER"	97
4.4.1. DIAGNÓSTICO ERGONÔMICO	119
5. CONCLUSÕES	129
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	131

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema de medições antropométricas. Schlosser, et al. (2002a).....	15
Figura 2 – Tela de interação ERGOKIT	16
Figura 3 – Zonas de alcances preferenciais e máximos para posição sentada	19
Figura 4 – Tuberosidades isquiáticas, responsáveis pelo suporte do peso corporal, na posição sentada	32
Figura 5 – O contato da nádega com a superfície do assento	33
Figura 6 – Um exemplo de modo de trabalho do “Feller-Buncher”	44
Figura 7 – “Feller-Buncher” Timberjack 608L	45
Figura 8 – “Feller-Buncher” Valmet 425EXL	45
Figura 9 – “Feller-Buncher” John Deere 759C	46
Figura 10 – Medidas antropométricas obtidas dos operadores	49
Figura 11 – Áreas de máximo e ótimo de acesso aos órgãos de comando, nas três dimensões	56
Figura 12 – Variáveis de medição da cabine.....	57
Figura 13. Áreas de ótima e máxima visão de comandos, nas três dimensões.....	58
Figura 14 – Variáveis acesso	59
Figura 15 – Fases do projeto de produto. Adaptado de Pahl & Beitz (1996)	64
Figura 16 – Variáveis de dimensões na cabine	71
Figura 17 - Localização dos órgãos de comandos do “Feller-Buncher” Timberjack 608L nas três dimensões	78
Figura 18 - Área de visão ótima e máxima de comandos do “Feller-Buncher” Timberjack 608L	78
Figura 19 - Localização dos órgãos de comandos do “Feller-Buncher” Valmet 425EXL, nas três dimensões	81
Figura 20 - Área de visão ótima e máxima de comandos do “Feller-Buncher” Valmet 425EXL	81
Figura 21 - Localização dos órgãos de comandos do “Feller-Buncher” John Deere 759C, nas três dimensões	84
Figura 22 - Área de visão ótima e máxima de comandos do “Feller-Buncher” John Deere 759C	84
Figura 23 – Variáveis de acesso	87
Figura 24 –. Análise das Funções do posto de trabalho do “Feller-Buncher”	99
Figura 25 – Matriz morfológica. Controle: Ignição	100
Figura 26 – Matriz morfológica. Controle: Disco de corte	101
Figura 27 – Matriz morfológica. Controle: Ar condicionado	102
Figura 28 – Matriz morfológica. Controle: Ventilador	103
Figura 29 – Matriz morfológica. Controle: Regulagem temperatura	104

Figura 30 – Matriz morfológica. Controle: Rotação motor	105
Figura 31 – Matriz morfológica. Controle: Faróis	106
Figura 32 – Matriz morfológica. Mostrador: Tacômetro	107
Figura 33 – Matriz morfológica. Mostrador: Temperatura água motor	108
Figura 34 – Matriz morfológica. Mostrador: Pressão óleo do motor	109
Figura 35 – Matriz morfológica. Mostrador: Combustível	110
Figura 36 – Matriz morfológica. Mostrador: Contador	111
Figura 37 – Matriz morfológica. Luz advertência: Pressão óleo do hidráulico	112
Figura 38 – Matriz morfológica. Luz advertência: Nível óleo do hidráulico	113
Figura 39 – Matriz morfológica. Luz advertência: Retorno óleo do hidráulico	114
Figura 40 – Matriz morfológica. Luz advertência: Bateria	115
Figura 41 – Controles selecionados nas tabelas morfológicas	116
Figura 42 – Mostradores selecionados nas tabelas morfológicas	117
Figura 43 – Luzes de advertência selecionadas nas tabelas morfológicas	118
Figura 44 – Prancha de Acesso " <i>Feller-Buncher</i> "	121
Figura 45 – Prancha de Assento " <i>Feller-Buncher</i> "	122
Figura 46 – Prancha de Formato de controles	123
Figura 47 – Distribuição de controles, mostradores e luzes de advertência, acionamento	125
Figura 48 – Distribuição de controles, mostradores e luzes de advertência, campo visual	125
Figura 49 – Prancha de Arranjo e distribuição de controles	127
Figura 50 – Prancha de Arranjo e distribuição de mostradores	128

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Forças recomendadas para diferentes controles. Fonte: IIDA (2003).....	36
Quadro 2 – Principais especificações técnicas dos “ <i>Feller-Bunchers</i> ” analisados	46
Quadro 3 – Ficha de coleta de dados gerais e antropométricos do operador	48
Quadro 4 – Modelo de ficha de avaliação de questionário com perguntas diretas	52
Quadro 5 – Modelo de ficha de avaliação “ <i>Feller-Buncher</i> ”	53
Quadro 6 – Modelo de ficha de avaliação de símbolos utilizados ns “ <i>Feller-Bunchers</i> ”...	54
Quadro 7 – Conceitos de avaliação espacial dos comandos nas coordenadas x-y e x-z..	56
Quadro 8 – Variáveis de medição da cabine	57
Quadro 9 – Conceitos de avaliação espacial dos instrumentos de verificação nas coordenadas x-y e x-z	58
Quadro 10 – Variáveis de medição do acesso	59
Quadro 11 – Avaliação qualiquantitativa de assentos de “ <i>Feller-Bunchers</i> ”	60
Quadro 12 – Nível ruído externo	61
Quadro 13 – Problemas espaciais	119
Quadro 14 – Problemas acionais	120
Quadro 15 – Problemas interfaciais	124
Quadro 16 – Problemas informacionais	126

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fatores para computar percentis a partir do desvio padrão (fonte: Moraes, 1983)	50
Tabela 2 – Padrão antropométrico dos operadores de máquinas de colheita de madeira da empresa em estudo.....	66
Tabela 3 – Comparação do padrão antropométrico entre os operadores de máquinas florestais dos EUA e da empresa em estudo.....	67
Tabela 4 – Comparação das variáveis antropométricas mensuradas e dos EUA	68
Tabela 5. Dimensões cabine em relação ao PRA	72
Tabela 6 – Controles e visibilidade da cabine dos “ <i>Feller-Bunchers</i> ” analisados.....	73
Tabela 7. Distribuição espacial dos vinte e seis comandos do “ <i>Feller-Buncher</i> ” Timberjack 608L na avaliação espacial das coordenadas x-y e x-z	75
Tabela 8 – Localização no campo visual das onze funções visuais no painel do “ <i>Feller-Buncher</i> ” Timberjack 608L	77
Tabela 9 – Distribuição espacial dos vinte e nove comandos do “ <i>Feller-Buncher</i> ” Valmet 425EXL na avaliação espacial das coordenadas x-y e x-z	79
Tabela 10 – Localização no campo visual das nove funções visuais no painel do “ <i>Feller-Buncher</i> ” Valmet 425EXL	80
Tabela 11 – Distribuição espacial dos vinte e seis comandos do “ <i>Feller-Buncher</i> ” John Deere 759C na avaliação espacial das coordenadas x-y e x-z	82
Tabela 12 – Localização no campo visual das dez funções visuais no painel do “ <i>Feller-Buncher</i> ” John Deere 759C	83
Tabela 13. Avaliação da localização dos comandos (%) com o assento localizado na posição “extremo”	85
Tabela 14 – Avaliação da localização das luzes de advertência e mostradores (%) com o assento localizado na posição “extremo”	86
Tabela 15 – Dimensões das variáveis de acesso dos “ <i>Feller-Bunchers</i> ” estudados com relação aos dados da norma NBR-ISO 4252 (2000) e Skogforsk (1999)	87
Tabela 16 – Levantamento de dados das variáveis dos assentos dos “ <i>Feller-Bunchers</i> ” e valores indicados de acordo com o levantamento antropométrico da população de operadores mensurados	89
Tabela 17 – Níveis de ruído interno com máquina parada e em ciclo operacional de corte.....	91
Tabela 18 – Variação dos níveis de ruído dB (A) em função do lado e do raio de afastamento do Timberjack 608L	92
Tabela 19 – Variação dos níveis de ruído dB (A) em função do lado e do raio de afastamento do Valmet 425EXL	92

Tabela 20 – Variação dos níveis de ruído dB (A) em função do lado e do raio de afastamento do John Deere 759C	92
Tabela 21 – Médias atribuídas pelos operadores do Timberjack 608L	93
Tabela 22 – Agrupamento dos vinte e um operadores por notas atribuídas às questões aplicadas relativas ao Timberjack 608L	94
Tabela 23 – Agrupamento dos conceitos das características ergonômicas	94
Tabela 24 – Avaliação de questionário descritivo com vinte e uma questões referentes ao Timberjack 608L aplicados aos operadores	95
Tabela 25 – Simbologia de comandos do Timberjack 608L	97

RESUMO

BRITO, Andréia Bordini de, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2007. **Avaliação e redesenho da cabine do “feller-buncher” com base em fatores ergonômicos.** Orientador: Haroldo Carlos Fernandes. Co-Orientadores: Luciano José Minette e Nerilson Terra Santos.

A adequação e as melhorias no posto de trabalho do operador tem sido a preocupação da ergonomia, que visa à preservação da integridade física, mental e social do ser humano. Pesquisas desenvolvidas através de avaliações ergonômicas e antropométricas contribuem para dar subsídios para novos projetos e redesigns de máquinas e equipamentos. O presente trabalho teve por objetivo realizar análise antropométrica da amostra de trabalhadores brasileiros que operam as máquinas de colheita de madeira e avaliar ergonomicamente a cabine de três modelos de “Feller-Bunchers”, quanto ao dimensionamento do projeto interno das cabines, posicionamento de comandos e instrumentos, acesso ao posto de trabalho, assento, níveis de ruídos emitidos – interno e externo, com a finalidade de levantar informações para o redesenho da cabine. Também foi realizado um levantamento, através de questionário, da opinião de operadores sobre os aspectos ergonômicos das máquinas de colheita utilizadas e da simbologia dos comandos. As análises foram realizadas em máquinas operando 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. Para a avaliação ergonômica e mensuração do posicionamento dos órgãos de comando e campo de visão foram determinadas as distâncias dos mesmos a partir do ponto de referência do assento (PRA) nas três dimensões (x, y e z). De acordo com os resultados obtidos pode-se concluir que as medidas antropométricas dos operadores brasileiros demonstram diferenças, significativamente menores, em comparação com a de operadores de países

mais desenvolvidos onde são fabricadas estas máquinas. E também que há necessidade de melhorias ergonômicas nos seguintes aspectos ergonômicos: *Acesso a cabine* – dificuldade de acesso em função da falta de apoios e distanciamento de degraus. Melhor distribuição dos degraus e hastes, no mínimo três pontos para o apoio; *Assento* – dificuldade de ajustes e desconformidade de medidas. Recomendação e adequação às medidas antropométricas dos operadores mensurados com relação a regulagem e ajustes. *Controles* – dificuldade de diferenciação para acionamento de controles no período noturno sem o acompanhamento visual. Alteração de controles por categoria de atividades no que diz respeito a forma e material. *Painel de controle* – controles, mostradores e luzes de advertência fora da área de ótima e máxima visão do operador. Distribuição ordenada do painel e mostradores por tarefa e lógica de seqüência operacional nos limites das áreas de ótimo e máximo alcance de visão. *Simbologia* e nomenclatura de comandos – dificuldade de entendimento dos símbolos e termos em inglês utilizado para identificação de controles, mostradores e luzes de advertência. são necessárias formas simples e linguagem clara para garantir a confiabilidade de leitura e entendimento. Os níveis de ruído dentro das cabines, emitidos nos casos analisados, foram inferiores ao limite de 85 dB (A), para oito horas de exposição diária, estabelecido pela NR-15, para todas as operações de colheita. Para a coleta de informações dos operadores, as metodologias de análise antropométrica e questionários foram aptos a precisar um levantamento satisfatório no que diz respeito ao agrupamento de dados para análises assim, da mesma forma, para as de análise das cabines.

ABSTRACT

BRITO, Andréia Bordini de, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February of 2007. Evaluation and redesign of cab the "*feller-buncher*" based in ergonomics factors.. Adviser: Haroldo Carlos Fernandes. Co-Advisers: Luciano José Minette and Nerilson Terra Santos.

The adaptation and improvements in the position of work of the operator have been the concern of the ergonomics that seeks to the preservation of the human being integrity physical, mental and social. Researches developed through ergonomic evaluations and anthropometrics they contribute to give subsidies for new projects and redesigns of machines and equipments. The present work had for objective was to evaluate the anthropometric measures of the Brazilian workers' sample that operate the machines of wood crop and to ergonomically evaluate the cab of three models of " Feller-Bunchers " used in harvesting operations of Eucalyptus, with relationship to the dimensions of the internal project of the cab, positioning of commands and instruments, access to the work position, seat, levels of emitted noises - internal and external -, with the purpose of lifting information for redesign of the cab. A rising was also accomplished, through questionnaire, of the opinion of operators on the ergonomic aspects of the crop machines used and of the symbols of the commands. The analyses were accomplished in machines operating in areas of wood crop belonging to a forest company, located in the district of Santa Bárbara, State of Minas Gerais - Brazil. The evaluate anthropometric measures of the operators was accomplished by two groups of measures, one in foot and another sat down. For the ergonomic evaluation and measures of the positioning of the command and vision field they were certain the distances of the same ones starting from the seat reference point (SRP) in the three dimensions (x, y and z). In agreement with the obtained results it can be concluded that the measures anthropometrics of the brazilian operators demonstrates differences, significantly smaller, in comparison with the one of

operators of countries more developed where these machines are manufactured. It is also that there is need of ergonomic improvements in the following ergonomic aspects: Access the cab - access difficulty in function of the lack of supports and estrangement of steps. Intends better distribution of the steps and stems, at least three points, for support. Seat - difficulty of fittings and disconformity's of measures. They intended fittings of easy handling for adaptation to each operator and the measures anthropometrics of the operator's measures. Controls - differentiation difficulty for action controls in the night period without the visual accompaniment. Intended alteration of controls for category of activities in what tells respects the form and material. Control panel - controls, display cases and warning lights out of the area of great and maxim vision of the operator. Intended panel of controls and display cases with distribution ordered by task and logic of operational sequence in the limits of the areas of great and maximum vision reach. Symbols and nomenclature of commands - difficulty of understanding of the symbols and we have in English used for identification of controls, display cases and warning lights. They intended simple forms and clear language in the proposition of nomenclatures to guarantee the reading reliability and understanding. The noise levels inside of the cabs, emitted in the analyzed cases, they were inferior to the limit of 85 dB (A), for eight hours of daily exhibition, established for NR-15, for all the crop operations. For the collection of information of the operators, the methodologies of analysis anthropometrics and questionnaires were capable to need a satisfactory rising in what concerns the grouping of data for analyses like this, in the same way, for the one of analysis of the cabs.

1. INTRODUÇÃO

A economia florestal brasileira tem sido responsável, anualmente, pela formação econômica do País, por uma boa parte do Produto Interno Bruto (PIB), gerando com isto, empregos diretos e indiretos e aumento na arrecadação de impostos.

Com uma área de milhões de hectares de florestas nativas ricas em biodiversidade e de hectares de reflorestamento, o setor brasileiro tem como seus principais produtos, entre outros, madeira roliça, serrados, painéis, chapas de fibras, laminados, carvão e celulose.

Na atividade florestal, o corte das toras é a primeira etapa das operações subseqüentes de processamento da madeira e deve ser realizado com a adoção de métodos e técnicas adequadas seguindo um planejamento para a colheita semimecanizada ou mecanizada, em função dos esforços físicos próprios desta atividade.

Nas atividades de colheita florestal, a tratorização tem aumentado desde a década de 80, intensificando-se na década de 90 em detrimento à motosserra e ao machado com a necessidade de se reduzir custos e elevar o nível de produtividade.

Com uma grande variedade de máquinas disponíveis no mercado cada empresa adquire a que melhor se adeque a sua necessidade. Entre

as máquinas mais utilizadas em colheita florestais uma das que mais se destaca são os “*Feller-Bunchers*” cuja função é realizar a derrubada e o enleiramento da madeira. Porém, mesmo esta disponibilidade sendo grande, alguns sistemas da máquina apresenta problemas de segurança, saúde conforto e bem-estar para o operador.

No entanto, o ser humano é capaz de adaptar-se facilmente a diversas situações impostas por equipamentos e máquinas de trabalho, mesmo que estes sejam mal projetados. Posições inadequadas e incômodas são, na maioria das vezes, suportadas pelo operador, porém em tais circunstâncias a máxima produtividade fica prejudicada e os riscos à saúde são por vezes, irreversíveis. Estas posições impróprias, durante o trabalho, são consideradas objetos de grande preocupação nos sistemas de trabalho, pois, provocam dores, incapacitam, deformam as articulações e causam artrites nos trabalhadores.

A ergonomia tem contribuído significativamente para a melhoria das condições de trabalho humano, pesquisas desenvolvidas através de avaliações ergonômicas contribuem para dar subsídio aos novos projetos e redesenhos de máquinas e equipamentos mais adequados aos trabalhadores visando a preservação e integridade física, mental e social do ser humano.

As melhorias tecnológicas do posto de trabalho do operador de uma máquina de colheita florestal, não acompanham, na maioria das vezes, o aumento da tecnologia dos sistemas de produção, sendo assim, é grande a necessidade de adequações neste sistema ser-humano-máquina para que a integridade física do operador seja constantemente monitorada. Para que haja uma considerável melhoria nas condições no trabalho florestal faz-se necessário aplicar os conhecimentos de ergonomia no desenvolvimento de novos projetos e produtos florestais.

No Brasil existem normas que regulamentam a ergonomia no trabalho a NR-17 – Ergonomia, do Ministério do Trabalho e Emprego visa estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de

trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente. E a NR-31 - Norma Regulamentadora de Segurança e Saúde no Trabalho na Agricultura, Pecuária, Silvicultura, Exploração Florestal e Aquicultura que tem por objetivo estabelecer os preceitos a serem observados na organização e no ambiente de trabalho, de forma a tornar compatível o planejamento e o desenvolvimento das atividades da agricultura, pecuária, silvicultura, exploração florestal e aquicultura com a segurança e saúde e meio ambiente do trabalho.

No exterior boa parte dos estudos relacionados especificamente com ergonomia e máquinas florestais vem do Instituto de Pesquisa Florestal da Suécia - SkogForsk que desenvolveu um Guia de avaliações ergonômicas em máquinas florestais em 1999. O guia utiliza padrões ISO 341 e os pesquisadores deste instituto compilaram a informação disponível em segurança, saúde, bem estar, diretrizes ergonômicas e técnicas de mensuração que se baseia nos seguintes itens: acesso à cabine, cabine, visibilidade, assento do operador, controles e operação da máquina, ruído, vibração, controle de clima na cabine, exaustão de gases e partículas, iluminação e manutenção. Sugerem que cada item deve ser avaliado de modo a facilitar as operações, considerando-se as variáveis antropométricas dos operadores, inclusive visando à prevenção de acidentes.

Existem trabalhos que relatam à importância de uma análise ergonômica mais detalhada de máquinas florestais visando algum ajuste das condições do espaço de trabalho ao operador brasileiro. Isso pode ser explicado pelo fato da máquina ser de origem norte-européia ou norte-americana, sendo, portanto, direcionada a operadores que possuem compleição física diferente dos brasileiros.

Sendo assim, os comandos da máquina exigem muito mais dos operadores brasileiros, em função de suas características antropométricas serem diferentes dos europeus e americanos, para os

quais a máquina foi desenhada, o que pode resultar em menor rendimento nas operações de colheita e influenciar diretamente na saúde e integridade física do operador.

Dessa forma, o objetivo geral desse trabalho foi avaliar e redesenhar a cabine de trator "*Feller-Buncher*" utilizado para a colheita florestal.

Os objetivos específicos foram:

- Identificar alguns aspectos ergonômicos relevantes para o projeto de cabines do "*Feller Buncher*";
- Analisar medidas antropométricas adequadas aos operadores destas máquinas;
- Avaliar o nível de ruído emitido por estas máquinas e sua adequação com as normas;
- Propor soluções de melhorias no projeto da cabine, nas áreas analisadas, fora de adequação ergonômica e antropométrica.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Sistemas de Colheita

Segundo Marques (1994), a colheita florestal é um conjunto de operações realizadas no maciço florestal visando preparar e transportar a madeira até o local de utilização, dispondo de técnicas e padrões estabelecidos com o objetivo de transformá-la em produto final. Já o sistema de colheita de madeira se constitui no conjunto destas atividades de forma a permitir o fluxo constante da madeira.

Existem vários sistemas de colheita de madeira, estes irão variar de acordo com o aspecto do maciço florestal que será manejado, aspectos como topografia, tipo de povoamento, uso final da madeira, das máquinas e equipamentos utilizados no processo e dos recursos disponíveis.

A colheita de madeira é constituída de cinco etapas (Souza, 1985):

- corte
- extração
- carregamento
- transporte
- descarregamento da madeira

Cada etapa subsequente depende da anterior, portanto qualquer falha no processo afeta de um modo geral a produção.

Os sistemas de colheita são divididos segundo MACHADO (2002) em três sistemas: de toras curtas, de toras longas e de cavacos de madeira.

O sistema de toras curtas é mais utilizado nos países escandinavos, sendo o mais antigo sistema empregado no Brasil. As toras têm no máximo seis metros de comprimento. Neste sistema um conjunto mecanizado típico é composto por “harvester” e “forwarder”. O “harvester” executa simultaneamente diversas operações relacionadas com o corte florestal (derrubada, desgalhamento, destopamento, toragem e enleiramento) e é composto por uma máquina base de pneus ou esteira, uma lança hidráulica e um cabeçote. O “forwarder” (auto-carregável) é uma máquina desenvolvida para executar a extração de madeira da área de corte para a margem da estrada ou pátio intermediário.

O sistema de toras longas, predominante nos países da América do Norte, utiliza-se um conjunto mecanizado composto por “*Feller-Buncher*” e “skidder”. As toras têm mais de seis metros de comprimento. O “*Feller-Buncher*” é um trator florestal de esteira ou pneus, com cabeçote que realiza o corte e o agrupamento das árvores em feixes, preparando-as para os tratores “skidders” efetuarem o deslocamento dos feixes até as margens da estrada ou pátio temporário.

Para o sistema de cavacos o processo constitui-se semelhante ao tratamento dado às toras longas, o “*Feller-Buncher*” faz a derrubada das árvores e prepara-as para os “skidders” que arrastam a madeira até o picador transformando-as em cavacos, com todo o processo realizado dentro do próprio talhão.

2.2. Ergonomia

Existem inúmeras definições sobre o termo ergonomia, para Grandjean (1998) a ergonomia é uma ciência interdisciplinar que compreende a fisiologia e a psicologia, bem como a antropometria e a

sociedade no trabalho. Define, também, que seu objetivo prático é a adaptação do trabalho, dos instrumentos, das máquinas, dos horários, do meio ambiente às exigências do homem. A realização de tal objetivo propicia um rendimento do esforço.

Para Lida (2003) a ergonomia é definida como a adaptação do trabalho ao homem. O trabalho abrange as máquinas, equipamentos e também toda a situação em que ocorre o relacionamento entre o homem e seu trabalho.

Já para Gomes Filho (2003) ergonomia objetiva sempre a melhor adequação ou adaptação possível do objeto aos seres vivos em geral. Sobretudo no que diz respeito à segurança, ao conforto e a eficácia de uso ou de operacionalidade dos objetos, mais particularmente, nas atividades e tarefas humanas.

A palavra *Ergonomia* deriva do grego Ergon [trabalho] e nomos [normas, regras, leis]. Trata-se de uma disciplina orientada para uma abordagem sistêmica de todos os aspectos da atividade humana. Os profissionais da área atuam nas atividades do trabalho com uma abordagem holística de todo o campo de ação da disciplina, tanto em seus aspectos físicos e cognitivos, como sociais, organizacionais, ambientais, etc. (GRANDEJAN, 1998).

A Associação Internacional de Ergonomia (IEA), (2000) divide a ergonomia em três domínios de especialização:

Ergonomia física – está relacionada com as características da anatomia humana, antropometria, fisiologia e biomecânica em sua relação à atividade física. Os tópicos relevantes incluem o estudo da postura no trabalho, manuseio de materiais, movimentos repetitivos, distúrbios músculo-esqueléticos relacionados ao trabalho, projeto de posto de trabalho, segurança e saúde.

Ergonomia cognitiva – referem-se aos processos mentais, tais como percepção, memória, raciocínio e resposta motora conforme afetem as interações entre seres humanos e outros elementos de um sistema. Os

tópicos relevantes incluem o estudo da carga mental de trabalho, tomada de decisão, desempenho especializado, interação homem computador, stress e treinamento conforme esses se relacionem a projetos envolvendo seres humanos e sistemas.

Ergonomia organizacional – concerne à otimização dos sistemas sócio técnicos, incluindo suas estruturas organizacionais, políticas e de processos. Os tópicos relevantes incluem comunicações, gerenciamento de recursos de tripulações (CRM - domínio aeronáutico), projeto de trabalho, organização temporal do trabalho, trabalho em grupo, projeto participativo, novos paradigmas do trabalho, trabalho cooperativo, cultura organizacional, organizações em rede, tele-trabalho e gestão da qualidade.

A Ergonomia utiliza métodos e técnicas científicas para observar o trabalho humano. A estratégia utilizada pela Ergonomia para apreender a complexidade do trabalho é decompor a atividade em indicadores observáveis (postura, exploração visual, deslocamento). A partir dos resultados iniciais obtidos e validados com os operadores, chega-se a uma síntese que permite explicar a inter-relação de vários condicionantes à situação de trabalho. Como em todo processo científico de investigação, a espinha dorsal de uma intervenção ergonômica é a formulação de hipóteses.

2.3. Antropometria

A antropometria é definida como o estudo das medidas das várias características do corpo humano. Abrange principalmente o estudo das dimensões lineares, diâmetros, pesos, centros de gravidade do corpo humano e suas partes.

Na antropometria são anotadas as circunferências das diversas partes do corpo (pescoço, ombros, tórax, cintura, abdômen, quadril, coxas, pernas, braços e antebraços), assim como o comprimento dos vários segmentos corpóreos, para verificar se existem assimetrias e para

associar essas características ao ambiente em que a pessoa possa ocupar, seja em seu lar, trabalho ou até mesmo no lazer. Utiliza, ainda, os dados da Biomecânica, estudando, neste âmbito, ângulos, velocidade, aceleração, forças e espaços advindos de movimentos do corpo humano e suas partes.

As medidas antropométricas permitem verificar o dimensionamento e o grau de adequação dos produtos e postos de trabalho em geral. Assim, o projeto incorreto do ponto de vista antropométrico de postos de trabalho, equipamentos, ferramentas e meios auxiliares neles existentes, impõem ao trabalhador solicitações excessivas e desnecessárias, podendo resultar em desconforto, fadiga, redução na produtividade, erros e acidentes (FONTANA, 2005).

lida (2003) explica que a ciência da antropometria, assim como a ergonomia, teve seu crescimento influenciado a partir da segunda grande guerra, pelo surgimento de sistemas complexos de trabalho e pela necessidade crescente do aumento de produção. A partir da década de 40 começou a haver necessidade de medidas antropométricas cada vez mais detalhadas e confiáveis. Por um lado, isso foi provocado pelas necessidades da produção em massa.

A antropometria refere-se, principalmente, às dimensões; composição e propriedade de massa dos segmentos do corpo; às articulações que interligam os segmentos do corpo, à mobilidade das articulações, às reações mecânicas no campo de força, vibração e impactos; as ações voluntárias do corpo em relação ao controle dos movimentos, na aplicação de forças, torções, energia e potência, em relação a objetos externos, controles, ferramentas e outros equipamentos.

Observa-se claramente, que estas definições englobam, às vezes de uma forma mais detalhada e profunda, e outras vezes de uma forma mais generalizada e superficial, o conjunto de medidas do corpo humano necessários ao processo projetual de espaços, mobiliários e

equipamentos, incluindo-se as variáveis pertinentes à faixa etária, sexo, raça e, até mesmo, grupo ocupacional.

Todas as definições abordadas implicam em alguma forma de contribuição para os estudos antropométricos relacionados com o espaço de trabalho, do operador, sendo muito difícil demarcar os limites de desenvolvimento de cada uma. O que é importante, todavia, não são definições limitadas e precisas, mas os conceitos relacionados com a antropometria.

A criação de um produto ou posto de trabalho engloba diversos fatores diretamente relacionados ao usuário. Deixar de considerar estes critérios morfológicos da população leva muitas vezes a um mau uso do produto ou geração de problemas, como acidentes de trabalho e doenças ocupacionais. Medidas antropométricas, portanto, são dados básicos essenciais para a concepção ergonômica de produtos e postos de trabalho.

As medidas antropométricas estão relacionadas com a média e o desvio padrão, explica Lida (2003). A média corresponde simplesmente à média aritmética das medidas de uma determinada amostra populacional, já o desvio padrão, representa o grau de variabilidade dessa medida dentro da amostra escolhida. Com isto deve-se ter o cuidado de não se projetar para a média da população supondo estar projetando para a maioria da população.

Para Lida (2003), uma pessoa média ou padrão é uma abstração matemática obtida por medidas quantitativas, logo poucas pessoas podem ser enquadradas nessa classificação. O projeto para a média se baseia na idéia de atender o maior número de pessoas, o que não se procede na prática, porque existem diferenças entre as médias de homens e mulheres e também em relação à média geral de toda população, o que beneficia apenas uma pequena parcela desta.

Por isto, 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 aos extremos, superior e inferior, da referida variável. Segundo Silva (2003), alguns equipamentos podem ter certas medidas ajustáveis para acomodar melhor seus usuários (assentos de tratores agrícolas e florestais, por exemplo) o qual são dimensionados para cobrir a faixa entre 5% a 95% da população envolvida, considerando medidas mínimas e máximas.

Para este estudo especificamente, são várias as normas internacionais que tratam de dimensões tanto do posto do condutor do trator como de uma maneira geral desta máquina quando se relaciona com o fator humano, ou seja, o homem que a opera. Tanto a ISO (International Standard Organization), como a ASAE (American Society of Agricultural Engineers) produzem normas, assim como a CEE (Comunidad Económica Europea) possuem diretivas que determinam medidas máximas e mínimas recomendadas no projeto de máquinas, principalmente os tratores agrícolas.

As dimensões que caracterizam o posto de trabalho dos tratores agrícolas encontram-se normatizadas em nível internacional. 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) e a UNE 68 – 046 – 83 (Tratores Agrícolas – Acessos, Saídas e Posto do Condutor – Medidas).

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, podem proporcionar um ambiente de trabalho inadequado ao operador brasileiro (SCHLOSSER et al., 2002a).

Na maioria dos casos estas dimensões recomendadas se referem às aquelas tomadas em posições de atuação do operador das máquinas como o posto do condutor e seu ambiente operacional. Do posto do operador a maioria das recomendações é referente a distâncias e espaços máximos e mínimos que dão conforto e segurança ao homem que vai operar a máquina, também os locais de acesso e saída do posto de condução são abrangidos.

No Brasil são poucos os estudos antropométricos desenvolvidos, alguns são realizados por instituições de pesquisas de modo não sistemático. Um estudo oficial foi publicado no ano de 1988 pelo INT - Instituto Nacional de Tecnologia denominado Pesquisa antropométrica e biomecânica dos operários da indústria de transformação – RJ.

Entre novembro de 1985 e março de 1986, 22 pesquisadores do Instituto Nacional de Tecnologia, o INT, visitaram 26 indústrias do Rio de Janeiro à procura das medidas de 3.100 trabalhadores — peso, tamanho, circunferência do tórax e outras dezenas de variáveis. O resultado desta Pesquisa antropométrica e Biomecânica dos Operários da Indústria de Transformação. O objetivo do trabalho foi servir de subsidio para os profissionais que lidam com projetos de máquinas, objetos industriais e vestuário.

Ao longo do projeto, os pesquisadores descobriram situações peculiares. Foram avaliados dez tratores nacionais, 90% deles copiados de modelos estrangeiros. Neles, a distância entre o pedal e o assento do condutor era adequada aos padrões de medida do país de origem, mas dificultava enormemente a operação pelos brasileiros. "A utilização de uma máquina dessas no Brasil pode representar um grande risco, porque o operário daqui tem outras dimensões e o manejo do equipamento fica prejudicado". Afirmou na época Maria Cristina Palmer do INT.

Grandjean (1998) afirma que a pesquisa antropométrica já evoluiu bastante nos países desenvolvidos, o que não se verifica no Brasil. Assim, 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 dominado 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 acaba acarretando diversos problemas para o operador brasileiro.

Alguns estudos antropométricos foram efetuados (IIDA, 2003; INT, 1988; MINETTE, 1996), mas para populações que não eram constituídas de operadores de tratores agrícolas. FIEDLER (1995) realizou uma avaliação de problemas ergonômicos das máquinas florestais referentes a acesso, assento (ajustes, material de construção utilizado, conforto e segurança do encosto e descanso para os braços), posição, funções e compatibilidade dos controles, ruído, aquecimento no posto de trabalho, iluminação, exaustão de gases, fuligens e poeira no posto de trabalho, visibilidade e vibração que englobava o levantamento antropométrico dos operadores de máquinas florestais. Esta pesquisa teve como base nas pesquisas do INT – INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA (1988). Algumas destas variáveis do levantamento antropométrico foram utilizadas para verificar se as dimensões do acesso, posto de trabalho e alcance dos controles operados pelas mãos em relação ao ponto de referência do assento eram adequados aos operadores que trabalhavam atualmente na empresa.

Minette (1996) realizou um levantamento antropométrico de operadores de motosserra, onde procurou relacionar algumas variáveis do

levantamento antropométrico estático para contribuir com o dimensionamento da máquina de trabalho.

Schlosser et. al. (2002a) 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. Os operadores de tratores agrícolas foram medidos por meio de um painel constituído por duas chapas metálicas, permanecendo durante as medições em pé, eretos, com o mínimo de roupa possível e em contato com o painel. 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.

Os autores obtiveram os seguintes resultados: os dados obtidos demonstram que existem diferenças entre o biótipo do operador utilizado pela indústria de tratores agrícolas e o do operador da região, de forma que este último apresentou, para todas as medidas, à exceção do apoio do assento, uma média maior.

Observaram também que, para cada medida, os limites inferior e superior do intervalo onde se encontram 90% dos operadores avaliados foram, respectivamente, menores e maiores que o padrão utilizado pela indústria, caracterizando uma maior variação.

Concluíram também, que levando-se em consideração as diferenças existentes entre o perfil antropométrico dos operadores de tratores agrícolas da Depressão Central do Rio Grande do Sul e os parâmetros utilizados pela indústria, pode-se confirmar a hipótese de que os tratores agrícolas que se encontram atualmente em comercialização no Brasil podem não oferecer o conforto necessário ao operador desta região .

A medição de Schlosser et al. (2002a) consistiu na determinação de 8 medidas corporais de operadores através da utilização de um painel de duas chapas metálicas lisas de 2 metros de altura, tendo uma 1 metro e

outra 2 metros de largura, posicionadas de tal maneira a formar um ângulo de 90° entre si e com o piso. As referidas chapas eram quadriculadas com precisão de 0,5 cm, para possibilitar a tomada das medidas antropométricas de cada indivíduo.

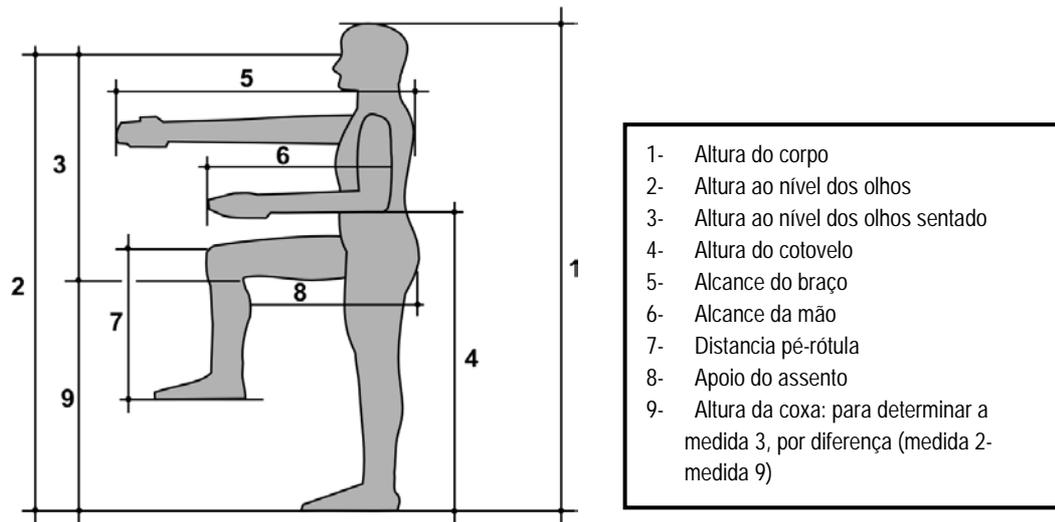


Figura 1 – Esquema de medições antropométricas. Schlosser, et al. (2002a).

Para minimizar estes e outros problemas e disponibilizar ao mercado tabelas dimensionais da população brasileira, o DvDI - Divisão de Desenho Industrial do INT Instituto Nacional de Tecnologia, vem se dedicando novamente à realização de pesquisas antropométricas de segmentos representativos da nossa população, construindo para isto, um banco de dados antropométricos através do software denominado ERGOKIT. Este apresenta o resultado de quatro pesquisas antropométricas realizadas, num total de 180 variáveis e cerca de 5.000 pessoas medidas, dentre homens e mulheres. Em sua nova versão, o ERGOKIT foi desenvolvido para ambiente virtual facilitando sua utilização.



Figura 2 – Tela de interação ERGOKIT.

Medidas antropométricas são dados de base, essências para a concepção ergonômica de produtos industriais, sejam eles de capital ou de consumo. Só a partir das dimensões dos indivíduos é que se podem definir dimensionamentos adequados para os produtos e postos de trabalho, proporcionando segurança e conforto aos usuários.

Sempre que possível e justificável, deve-se realizar as medidas antropométricas da população para a qual está sendo projetado um produto ou equipamento, pois equipamentos fora das características dos usuários podem levar ao estresse desnecessário e até provocar acidentes graves. Normalmente as medidas antropométricas são representadas pela média e o desvio padrão, porém a utilidade dessas medidas depende do tipo de projeto em que vão ser aplicadas (IIDA, 2003).

2.3.1. Técnicas de Pesquisa Antropométricas

O critério de seleção das medidas é fundamental para os problemas práticos da antropometria como também, a técnica e

instrumentos utilizados, apropriados para cada tipo de medida do corpo humano.

Dentre as técnicas de medição do corpo humano existem, basicamente, dois métodos: o direto e o indireto, que são utilizados tanto na obtenção de medidas para a antropometria estática, quanto para a dinâmica.

As características antropométricas da amostragem são influenciadas pelas diferenças étnicas, pelo tipo de atividade exercida pela pessoa, pela faixa etária, pela época e pelas condições especiais (com vestimentas, sapatos etc.). Em máquinas e equipamentos, existem muitos problemas de adequação ao corpo do trabalhador, do ponto de vista dimensional. Estas situações ocorrem em razão das considerações errôneas do projetista no dimensionamento e da falta de pesquisas (IIDA, 2003).

A Antropometria Estática mede as diferenças estruturais do corpo humano, em diferentes posições, sem movimento (IIDA, 2003). Ela deve ser aplicada ao projeto de objetos sem partes móveis ou com pouca mobilidade, como no caso do mobiliário em geral e equipamentos individuais, como capacetes, máscaras, botas e ferramentas manuais, entre outros.

A Antropometria Dinâmica mede os alcances dos movimentos. Os movimentos de cada parte do corpo são medidos mantendo-se o resto do corpo estático. Um ajuste mais preciso pode ser realizado pela antropometria funcional, quando os movimentos corporais não são isolados entre si, mas diversos movimentos são realizados simultaneamente. Esses movimentos interagem entre si, modificando os alcances, em relação aos valores da antropometria dinâmica.

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. Porém, os maiores erros não estão relacionados à falta de dados antropométricos da população

brasileira, mas sim a aplicação errada dos dados disponíveis (GERTZ, 1998).

Neste estudo, o correto dimensionamento do posto de trabalho deve permitir que dentro da cabine haja espaço suficiente, de modo que qualquer operador, independentemente de sua compleição física e seu peso, possa adotar posições de trabalho confortáveis e dispor de lugar para pertences pessoais. O alcance das mãos também é importante, pode ser registrado nos três planos (x, y, z) e se os mesmos forem conjugados entre si, fornecem o traçado de um volume de alcance.

A Figura 3 apresenta exemplos de registros nos planos transversal superior e lateral (sagital), para uma pessoa sentada. Esses registros podem apresentar dois tipos de alcances, um para a zona preferencial, e outra para o alcance máximo. O primeiro corresponde ao movimento realizado mais facilmente, apenas com o movimento dos braços, enquanto o de alcance máximo envolve movimentos simultâneos do tronco e ombros. Os registros de movimento são importantes, porque delimitam o espaço onde deverão ser colocados os objetos, como os controles das máquinas ou peças para montagem, que exigem manipulação freqüente.

Como já mencionava Henry Dreyfuss na década de 40, "... os dados estatísticos em antropometria não substituem o bom senso, a prudência e a experiência do projeto".

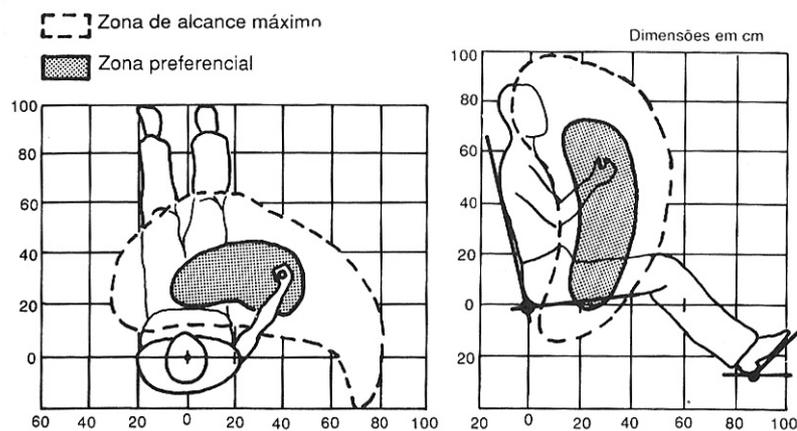


Figura 3 – Zonas de alcances preferenciais e máximos para posição sentada. Fonte: IIDA (2003).

O erro mais comum é pensar que existe um “homem médio”. Existem homens que apresentam o valor médio em peso ou em estatura, ou em altura sentado, mas os indivíduos que apresentam valores médios em duas medidas antropométricas constituem cerca de 7% da população; aqueles que os apresentam em três medidas constituem aproximadamente 3% e aqueles com quatro medidas representam menos de 2%. Por isso, o conceito de “homem médio” é fundamentalmente incorreto, pois tal criatura não existe (PANERO, 1991).

Em ergonomia trabalha-se com a parcela de 95% da coletividade e a esta parcela denominamos limite de confiança de 95%. Isto significa que uma parcela de 2,5% dos menores e 2,5% dos maiores é excluída. Os valores percentuais individualmente são chamados de percentil (GRANDJEAN, 1998).

Assim os postos de trabalho devem ser projetados para atender a população que apresenta percentil dimensional entre 5% e 95%. Cita-se como exemplo a Norma ABNT NB-650 (1980)- “Determinação do Alcance de Controles Manuais em Veículos Rodoviários Automotores” estabelece que “as áreas envoltórias limites do alcance manual descrevem os contornos da área onde podem ser localizados os controles, de maneira

que possam ser alcançados no mínimo por 95% de determinadas populações de condutores que possuem percentagens de (50/50, 75/25 e 90/10) homens/mulheres.

2.4. Ergonomia em máquinas agrícolas e florestais – Normas e

Diretrizes

A partir da década de 70, com a mudança das demandas da agricultura, a qual passou a responder pelo desenvolvimento industrial brasileiro, o trabalho manual foi progressivamente substituído pelo trabalho mecanizado. Dentre todas as máquinas introduzidas no meio rural merece destaque o trator agrícola, que devido à sua versatilidade pode ser utilizado na execução de inúmeras tarefas, como fonte de potência e tração.

O trator agrícola representou uma grande evolução para a agricultura, considerando-se a redução do esforço físico necessário para a execução de determinadas tarefas. Contudo, sabe-se que a operação com tratores agrícolas demanda certo esforço físico e mental, o que resulta em fadiga do operador. Sabe-se também que a intensidade destes esforços depende das condições ergonômicas dos tratores.

Segundo Schlosser et al. (2002) da Universidade Federal de Santa Maria do Rio Grande do Sul a adaptação do posto de trabalho ao operador, pode ocorrer de duas maneiras distintas. A primeira delas refere-se à incorporação ao projeto de itens qualitativos de conforto, como cabines, dispositivos eletrônicos de controle, dispositivos absorvedores de vibrações, entre outros. Geralmente, a incorporação destes itens implica um aumento considerável do custo da máquina ao agricultor. A outra forma de adaptação da máquina ao homem, relaciona-se à correta disposição e dimensionamento de todos os componentes do posto de trabalho, como comandos, volante de direção, assento, estruturas de proteção e vias de acesso e saída.

A operação de tratores agrícolas é uma atividade que engloba basicamente dois fatores: o homem (operador) e a máquina (trator). Estes dois fatores interagem entre si, formando o sistema homem–máquina (IIDA, 2003; GRANDJEAN, 1998). A eficiência com que o sistema homem–máquina executa suas funções depende de diversos fatores. A ergonomia age sobre estes fatores, buscando aperfeiçoá-los para aumentar a eficiência do sistema de forma a beneficiar o homem. Destacam-se, no âmbito da operação de tratores agrícolas, as condições ambientais do posto de trabalho (temperatura, luz, umidade do ar), ruídos, vibrações, comandos e assento do operador.

Há algum tempo, acreditava-se que a qualidade e a dimensão dos componentes ativos (motor, caixa de câmbio, diferencial, etc.) eram os fatores determinantes da produtividade de trabalho do trator. Da mesma forma, os acidentes eram creditados, normalmente, à falta de mão-de-obra qualificada. Entretanto, o rendimento do trator, bem como a ocorrência de acidentes depende também da qualidade e do nível de fadiga à qual o operador está submetido. Um operador cansado tem sua capacidade de concentração diminuída o que torna seus reflexos mais lentos e amplia a probabilidade de ocorrência de erros. Também é importante salientar que as más condições ergonômicas dos tratores agrícolas podem resultar em inúmeros problemas de conforto e saúde (SKOGFORSK, 1999).

Em suma, a baixa produtividade de trabalho, o elevado índice de acidentes bem como de enfermidades advindas da operação de tratores ergonomicamente mal projetados são os problemas que justificam a atual proposta de trabalho.

Na maioria dos casos estas dimensões recomendadas se referem às aquelas tomadas em posições de atuação do operador das máquinas como o posto do condutor e seu ambiente operacional. Do posto do operador a maioria das recomendações é referente a distâncias e espaços máximos e mínimos que dão conforto e segurança ao homem

que vai operar a máquina, também os locais de acesso e saída do posto de condução são abrangidos (SKOGFORSK, 1999).

Os acidentes de trabalho são os resultados de atos e condições inseguras (SCHLOSSER & DEBIASI, 2001). Considerando a operação de tratores agrícolas, as condições inseguras referem-se à máquina (trator + implemento) e ao ambiente onde o trabalho está sendo realizado (condições do terreno, por exemplo). Nesse sentido, pesquisas, como as realizadas por e Schlosser & Debiasi (2001), têm mostrado que os tratores agrícolas são os que mais colaboram para a geração de condições inseguras durante o trabalho com esse tipo de máquina.

Embora as estatísticas apontem que apenas 20% dos acidentes de trabalho, tanto na indústria quanto na agricultura, são ocasionados por condições inseguras (SCHLOSSER & DEBIASI, 2001), esse fator não pode ser negligenciado. Por outro lado, uma vez processado o acidente, seja por atos, seja por condições inseguras, os danos físicos ao operador podem ser minimizados ou mesmo eliminados se o trator apresentar dispositivos de segurança que, visem a proteger as pessoas por meio da eliminação, isolamento e/ou sinalização daqueles componentes que podem causar lesões.

No Brasil, a legislação trabalhista exige das empresas que seus operadores de máquinas usem determinados dispositivos para proteção contra possíveis acidentes quando em operação e alguns requisitos ergonômicos são especificados pela NR-17 para os postos de trabalho. A Norma Regulamentadora NR-17 – Ergonomia, do Ministério do Trabalho e Emprego, visa estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente.

Foi aprovada em 04 de março de 2005, a NR-31 - Norma Regulamentadora de Segurança e Saúde no Trabalho na Agricultura, Pecuária, Silvicultura, Exploração Florestal e Aquicultura. Tem por

objetivo estabelecer os preceitos a serem observados na organização e no ambiente de trabalho, de forma a tornar compatível o planejamento e o desenvolvimento das atividades da agricultura, pecuária, silvicultura, exploração florestal e aquicultura com a segurança e saúde e meio ambiente do trabalho. A NBR-ISO-4254-3 (1999) trata de Tratores e máquinas agrícolas e florestais - Recursos técnicos para garantir a segurança - Parte 3: Tratores.

São também, várias as normas internacionais que tratam do posto de trabalho do trator, como de uma maneira geral desta máquina quando se relaciona com o fator humano, ou seja, o homem que a opera. Tanto a ISO (*International Standard Organization*), como a ASAE (*American Society of Agricultural Engineers*) produzem normas, assim como a CEE (*Comunidad Económica Europea*) possuem diretivas que determinam medidas máximas e mínimas recomendadas no projeto de máquinas, principalmente os tratores agrícolas.

Determinados parâmetros em máquinas são indispensáveis para a realização de um trabalho com conforto e segurança no posto de trabalho. Parâmetros ergonômicos levados em consideração durante o projeto da máquina contribuem para a adequação a estas situações. Os parâmetros ergonômicos em projetos de máquinas devem ser considerados visando proporcionar um maior conforto, bem estar e segurança na realização das tarefas pelos operadores. Sob outros aspectos do trabalho de design da máquina, os requerimentos ergonômicos estão a favor também, das características operacionais.

Segundo o guia SkogForsk (1999) do Instituto de Pesquisa Florestal da Suécia, que prevê a avaliação ergonômica especificamente de máquinas florestais, os conflitos surgem até entre requerimentos ergonômicos. Por exemplo, a elevação da cabine melhora o conforto do operador, mas diminui sua visão quando a máquina está em uma rampa e também aumenta a dificuldade de se posicionar as luzes para uma iluminação adequada da zona de trabalho. Uma cabine grande oferece

mais espaço para o operador, mas precisa de uma área maior de janela de vidro para uma boa visibilidade; isso, por seu turno, resulta em maior perda de calor na cabine e, portanto, há necessidade de um sistema maior/melhor de controle de clima.

Portanto, o projetista tem que lidar com um equilíbrio entre requerimentos conflitantes. Além disso, ele também tem que criar um ótimo de ambiente de trabalho para uma ampla variedade de operadores.

Alguns estudos têm sido realizados para se estudar a ergonomia em máquinas florestais, Fiedler (1995), desenvolveu uma pesquisa em oito máquinas de colheita de madeira no sistema árvores inteiras, concluindo que o acesso mais difícil foi o do “*Feller-Buncher*” e do carregador florestal. Quanto às dimensões do posto de trabalho o carregador florestal e o mini “*skidder*” tiveram as maiores distorções. Quanto às dimensões do assento, o traçador mecânico foi o que apresentou valores mais próximos daqueles indicados na metodologia desenvolvida. Em todas as máquinas o nível de ruído estava acima do permitido na legislação brasileira, os níveis mais altos foram os obtidos pelo “*Feller-Buncher*”.

Silva (2002) realizou uma avaliação ergonômica nas máquinas utilizadas nas operações de colheita florestal, avaliando um “*Feller-Buncher*”, um “*skidder*” e uma garra traçadora. As máquinas foram avaliadas de acordo com o manual “Ergonomic Guidelines for Forest Machine”, do SkogForsk, concluindo que o “*Feller-Buncher*” obteve uma classificação geral, que significa um trabalho altamente produtivo, apresentando ainda um pouco abaixo do melhor grau, apresentando ainda um alto grau de segurança ativa e passiva. Foi também verificado que há necessidade de algum ajuste das condições do espaço de trabalho ao operador brasileiro, em função de suas características antropométricas serem diferentes dos europeus, para os quais a máquina foi desenhada.

Lima (2005) realizou avaliação em tratores florestais utilizados em um sistema mecanizado de colheita de madeira em povoamento de eucalipto, tendo como objetivo avaliar quanti-qualitativamente as dimensões de acesso, assento, comandos, campo visual, condições térmicas e vibração no posto dos operadores. O acesso ao posto do operador no trator "*Feller-Buncher*" apresentou um grau de dificuldade, sendo classificado, na avaliação qualitativa, como médio e, no "*Skidder*", como bom. A abertura das portas de acesso apresenta ângulo menor que 90°, dificultando, assim, a entrada e saída do operador. O posto do operador do trator "*Feller-Buncher*" foi classificado como médio na avaliação qualitativa, em virtude de o espaço livre da plataforma de apoio ser de 30% da área total e, no "*Skidder*", de 55% da área total, sendo classificado como bom. O campo visual frontal do "*Feller-Buncher*", mesmo tendo uma área do pára-brisa maior, é limitado pela presença do cabeçote, tanto em operações diurnas quanto noturnas, sendo, portanto, inferior ao do "*Skidder*".

Fontana (2005) realizou uma avaliação ergonômica da cabine de seis modelos de máquinas florestais utilizadas na extração de madeira (quatro "*forwarders*" e dois "*skidders*") quanto ao posicionamento de comandos e instrumentos e o campo visual do operador, com base nas características antropométricas do operador brasileiro. O estudo demonstra que o projeto ergonômico da disposição dos comandos nas cabines das máquinas florestais estudadas não é favorável ao conjunto de operadores brasileiros analisados.

2.4.1. Acesso ao posto de trabalho

A posição e as características de acesso ao posto de trabalho de tratores são causas de muitos acidentes, em torno de 30 % na Espanha, em função dos tipos de degraus de apoio para os pés e manoplas para empunhadura das mãos, segundo Delgado (1991).

A norma NBR-ISO 4252 (2000) estabelece algumas dimensões e características dos degraus de acesso ao posto de trabalho, bem como dimensões das portas de acesso, quando o trator é dotado de cabine fechada.

Com base em Fiedler (1995), dimensões dos degraus, distância entre estes e altura do primeiro degrau ao solo e do último à plataforma da máquina devem ser projetadas de acordo com as variáveis antropométricas dos operadores. Grandjean (1998); Robin, (1987) e Lida, (2003) também fazem menção a este cuidado no projeto. Os degraus devem ser desenhados e posicionados de forma a não serem atingidos e danificados durante a operação da máquina.

Segundo SkogForsk (1999) os degraus são utilizados como um exemplo dos meios de acesso à cabine mas isso obviamente não impede o uso de outros meios, tais como uma plataforma elevatória (elevador), por exemplo. O importante é que o acesso seja fácil, seguro e com um risco mínimo para o operador se forçar. O acesso envolve o operador subir na máquina com a ajuda de degraus individuais ou um lanço de escada, um corrimão ou alças para se segurar etc., algumas vezes que se movimenta ao longo da máquina, e então entrar na cabine e se sentar no assento.

Nesta mesma referência também é evidenciado que um quinto de todos os acidentes sofridos por operadores de máquinas florestais ocorre quando eles estão entrando ou saindo da máquina. Tais acidentes geralmente são causados quando o operador “perde o pé”, cai, escorrega ou pula da máquina. Subir em uma roda ou esteira adiciona risco de escorregar. Se o meio de acesso é inconveniente, os operadores são tentados a pular para baixo, o que, com o tempo, pode resultar em danos aos quadris, joelhos ou pés. Acesso mal projetado também pode se constituir em obstáculo para operadores mais velhos que trabalham nas máquinas.

No posto de trabalho do operador de máquinas, segundo Fiedler (1995), em muitas máquinas florestais em uso no Brasil existem vários problemas para o operador em seu posto de trabalho, os quais causam extremo desconforto e acabam diminuindo muito o rendimento e aumentando a fadiga, o que leva, muitas vezes, o operador ao estresse. Posto de trabalho é o espaço formado pelo conjunto de dispositivos de informações e de controles, mais o espaço gerado pelo deslocamento do operador ou de seus membros na execução da tarefa.

As dimensões e design da cabine têm uma influência ativa no que diz respeito se o operador pode trabalhar eficientemente. Uma cabine restrita ou mal projetada força o operador a trabalhar em uma postura fixa que é cansativa e, com o tempo, danosa para a saúde. O espaço da cabine também deve ser adequado para conseguir uma climatização satisfatória.

O operador deve ser capaz de se sentar com conforto, adotando uma postura correta, principalmente com relação ao uso de músculos e juntas. O posto de trabalho de máquinas deve ter espaço suficiente para que o trabalhador desenvolva o seu trabalho com comodidade, sem que suas dimensões afetem desfavoravelmente o trabalho.

Devem ser evitadas torções, abaixamentos e outros movimentos desconfortáveis. No correto dimensionamento do posto de trabalho devem ser considerados a postura adequada do corpo, os movimentos corporais necessários, o alcance dos movimentos, as características antropométricas dos operadores, as necessidades de iluminação e ventilação e as dimensões das máquinas e dos equipamentos. Conforto, bem-estar físico e desempenho do operador sofrem fortes influências do dimensionamento físico das estações de trabalho (SOUZA, 1985; IIDA, 2003).

Para garantir o espaço, as normas internacionais estabelecem que, entre PRA do assento e o teto da cabine tenha uma distância de 1,0 m e que a partir do plano médio do acento tenha para cada lado 0,40 m. A

posição dos comandos manuais deve permitir um controle e manejo fácil sem que seja necessário que o operador se desloque da sua posição normal de trabalho para acioná-los. Os pedais não devem obstruir a entrada e saída da máquina (DELGADO, 1991).

A norma NBR-ISO 4252 (2000), estabelece as posições relativas entre o assento do trator, os pedais e o volante de direção. Sendo importante frisar a necessidade de se deixar espaço livre para movimentação dos pés e para troca de postura durante o trabalho (ROBIN, 1987).

A postura correta, movimentação do corpo do operador, alcance das mãos e as características antropométricas, devem ser considerados no dimensionamento do posto de trabalho. O conforto, o bem-estar físico e desempenho do operador estão relacionados com as dimensões do posto de trabalho. O dimensionamento correto do posto de trabalho deve permitir que dentro da cabine haja espaço suficiente, de modo que qualquer operador, independentemente de suas características físicas e sua massa, possa adotar posições de trabalho confortáveis e dispor de lugar para pertences pessoais (FIEDLER, 1995).

As características antropométricas dos operadores são influenciadas pelas diferenças étnicas, pelo tipo de atividade exercida pela pessoa, pela faixa etária, pela época e pelas condições especiais (com vestimentas, sapatos etc.). Em máquinas e equipamentos, existem muitos problemas de adequação ao corpo do trabalhador, do ponto de vista dimensional. Estas situações ocorrem em razão das considerações errôneas do projetista no dimensionamento e da falta de pesquisas (IIDA, 2003).

Existe a necessidade de um levantamento abrangente de dados antropométricos para o Brasil, pois somente a partir deles poder-se-á dimensionar equipamentos adequados e realizar avaliações com maior critério. As dimensões do posto do operador devem ser respeitadas durante os ensaios estático e dinâmico da estrutura de proteção contra

capotamento (EPCC). A deformação da cabine ou estrutura não deve possibilitar a penetração de elementos na zona de segurança do operador, conforme descreve a norma NBR-ISO 3463 (1984).

O espaço para a cabeça na cabine é determinado pelo operador mais alto. Para uma pessoa com 190 cm de altura, a distância entre o chão e o topo da cabeça na posição mais alta é de cerca de 165 cm. Para essa distância deve-se adicionar mais espaço, tanto para evitar que a cabeça do operador bata no teto da cabine quando a máquina está operando em terreno difícil quanto para capacitar o operador a se levantar do assento. O espaço adicional requerido é de, pelo menos, 15 cm, proporcionando uma altura livre na cabine de 180 cm. (SKOGFORSK, 1999).

Segundo o Skogforsk (1999) as diretrizes para o posto de trabalho dizem respeito ao operador ser capaz de assumir uma posição confortável que proporcione uma boa visibilidade e que os controles estejam a uma distância conveniente. Operadores de diferentes estaturas devem ser capazes de, prontamente, operarem a máquina e adotar diferentes posturas. Deve haver amplo espaço para o descanso dos braços, controles e joelhos e pés do operador de forma que eles não façam contato com o interior da cabine ou outros equipamentos. O volante, pedais, etc., devem estar posicionados de tal forma que não obstruam a liberdade de movimentos do operador – o mesmo se aplica a equipamentos localizados na traseira. Um determinado espaço da largura é necessário para evitar que o operador se choque contra objetos quando a máquina sacode. O operador também, deve estar posicionado pelo menos 30 cm fora de correntes de ar frio. Há necessidade de espaço também para que o operador possa ajustar o assento. Em uma máquina que opera tanto para frente quanto para trás, deve haver espaço para rodar (girar) o assento. Se a máquina ou a cabine não podem ser niveladas, deve haver espaço para nivelar o assento. Quando sentado, o operador deve ser capaz de estender o ângulo entre o tronco e as coxas

para, pelo menos 135°, e esticar as pernas completamente. Deve haver um local facilmente acessível e claramente indicado para colocação de um kit de primeiros socorros.

2.4.2. Visibilidade para trabalho

Um dos itens que devem ser previstos no projeto de uma máquina, do ponto de vista da ergonomia, é o campo visual, sendo suas características importantes para que o operador obtenha rápida percepção das operações a serem realizadas, além de ser um fator que influi na postura do corpo durante o trabalho (MENEZEZ et al., 1985).

Segundo Lima (1998), as características do campo visual assumem vital importância para que ocorra rápida percepção do operador. A postura do corpo, quando este controla uma máquina, é influenciada pela visibilidade do trabalho. O aumento do campo visual por meio de movimentos do corpo causa um aumento na carga de trabalho e prejudica o desempenho do operador, à medida que ele adota uma postura inadequada.

A fadiga visual de um operador está relacionada com a visibilidade ineficiente causada por obstáculos, dificultando a percepção de um determinado objeto (COUTO, 1987).

A visibilidade do operador não pode sofrer interferência por vidros embaçados, estar obstruída por telas estreitas, braços e mangueiras hidráulicas e acionador do limpador de pára-brisas, dentre outros. O campo de visibilidade necessário à operação, segundo GRANDJEAN (1998), deve estar relacionado com a função da máquina, variando de acordo com o ciclo de trabalho.

Um projeto que considere os requisitos visuais do operador deverá aumentar a segurança, facilitar o manejo e possibilitar o emprego eficiente da máquina.

2.4.3. Assento para o operador

O assento é, provavelmente, uma das invenções que mais contribuiu para modificar o comportamento humano. Na vida moderna, muitas pessoas chegam a passar mais de 20 horas por dia nas posições sentada e deitada.

Daí se justifica o grande interesse que o problema do assento tem despertado entre os pesquisadores em ergonomia. Análises sobre posturas são encontradas desde 1743, quando Andry, o "pai" dos ortopedistas, fez diversas recomendações para corrigir más posturas, na sua obra *Orthopedia*. Essas más posturas causam fadiga, dores lombares e câimbras que, se não forem corrigidas, podem provocar anormalidades permanentes na coluna.

O espaço funcional a ser ocupado pelo operador humano deve ser definido, em relação à anatomia, ao tamanho e à forma do homem. Fiedler (1995) destaca que um dos mais importantes requisitos a que um mecanismo tem de satisfazer consiste em assegurar que o operador fique em uma posição confortável e sempre à vontade, sem ter que se agachar ou inclinar-se para frente, sentado na beirada do assento, e sem ser obrigado a manobrar simultaneamente dois comandos, colocados diante dele, em posições extremas. As forças requeridas para mover alavancas, fazer girar volante ou pressionar pedais são elementos da maior relevância na concepção da máquina.

Quando uma operação tiver de ser ou puder ser executada por uma pessoa sentada, deverá existir para esta pessoa um assento, cujo projeto, construção e dimensões sejam adequados tanto a ela quanto à tarefa. Para Lida (2003), deve haver uma inclinação entre assento e encosto superior a 90 graus, para forçar o tronco contra o encosto, de modo a fazer uso total do assento.

Para GRANDJEAN (1998), o objetivo principal do assento é, além de aliviar o peso dos pés, apoiar o trabalhador de modo que ele possa

manter uma postura estável durante seu trabalho e, assim, relaxar os músculos não exigidos pela tarefa.

Para o projeto do assento deve-se pensar em eliminar o desconforto causado por pressões desnecessárias na parte inferior das coxas e pela restrição do fluxo de sangue nas nádegas, em virtude da má distribuição do peso do indivíduo. Sentar-se durante longo período de tempo numa mesma posição causa sensações desagradáveis. Dessa forma, o projeto do assento deve permitir que o operador assuma diversas posições durante o período de trabalho, sem perda do apoio necessário.

Na posição sentada, o corpo entra em contato com o assento, praticamente só através de sua estrutura óssea. Esse contato é feito por dois ossos de forma arredondada, situados na bacia, (ver Figura 4) chamadas de tuberosidades isquiáticas, que se assemelham a uma pirâmide invertida, quando vistos de perfil. As tuberosidades são cobertas apenas por uma fina camada de tecido muscular e uma pele grossa, adequada para suportar grandes pressões. Em apenas 25 cm² de superfície da pele sob essas tuberosidades concentram-se 75% do peso total do corpo sentado.

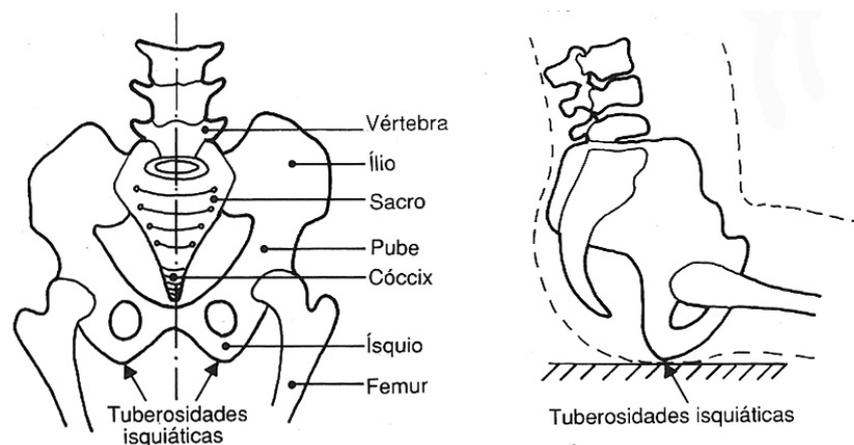


Figura 4 – Tuberosidades isquiáticas, responsáveis pelo suporte do peso corporal, na posição sentada.

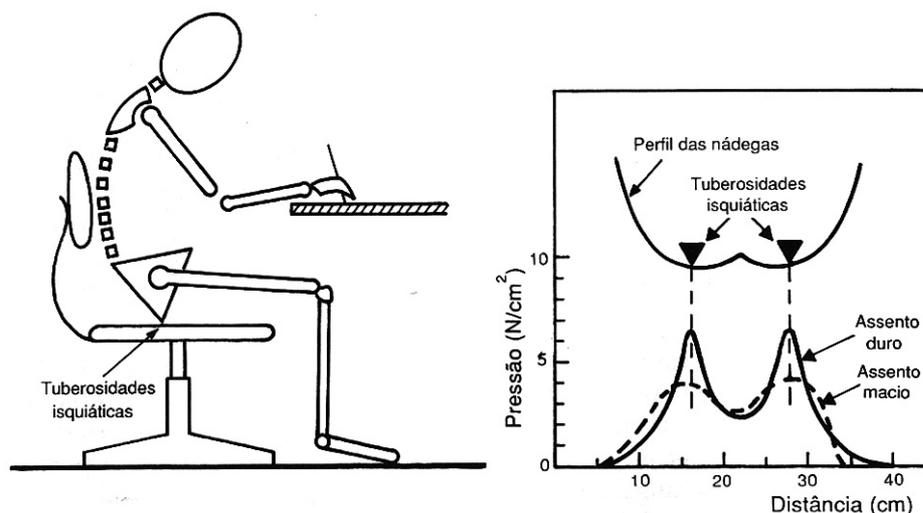


Figura 5 – O contato da nádega com a superfície do assento

A altura do assento, quando não ajustável, deve ser projetado para a pessoa mais baixa, já que pessoas mais altas têm condições de usar o assento feito para os mais baixos, e a recíproca não é verdadeira.

A altura do assento não deve ultrapassar a altura popliteal (distância que vai do piso até a parte de dentro do joelho dobrado em ângulo reto). Caso contrário, haverá pressão excessiva na parte de baixo da coxa. A profundidade do assento deve ser menor que a distancia entre a parte posterior da nádega e a parte interior da perna. Com relação à largura, esta é determinada em grande parte pela necessidade de se ter espaço suficiente entre os quadris e a parte inferior do tronco (GRANDJEAN, 1998; IIDA, 2003).

O assento deve ter ajuste em altura, distância e comprimento. A inclinação assento/encosto deve ser ajustável de 90 a 110 graus. O apoio para os braços deve ser ajustável em altura. Tais variáveis do assento e de apoio para os braços devem ser dimensionadas de acordo com os padrões antropométricos dos trabalhadores da região.

O assento do operador em máquinas agrícolas e florestais deve prover um apoio adequado para as pernas, nádegas e costas, e com um apoio geral para o corpo para uma manipulação confortável e conveniente

dos controles. Uma das principais causas de problemas nas costas é sentar na mesma posição por longos períodos. Portanto, é importante que o operador possa ser capaz de mudar sua posição durante o trabalho. Os descansos para os braços e os controles devem estar posicionados convenientemente, não importando a postura do operador.

Na postura sentada básica, o corpo deve estar posicionado de forma tal que o ângulo entre o tronco e as coxas seja de 105° – 120° . O operador então deve ser capaz de variar sua posição: uma postura relaxada para os quadris é quando o ângulo entre o tronco e as coxas é de 135° . A melhor posição para a parte inferior das costas e pelve é quando o tronco faz um ângulo de 120° com as coxas, e as costas estão na mesma posição em que estão quando o indivíduo está de pé. Isso pode ser conseguido com um assento ligeiramente mais alto cujo bordo externo tem um ângulo ligeiramente para baixo (SkogForsk, 1999).

O guia SkogForsk (1999) recomenda um assento que permita que o operador mude sua posição de tempo em tempo. O que é necessário, acima de tudo, é uma melhora na ajustabilidade da altura e do ângulo (para frente e para baixo) da almofada do assento.

Descansos de braço bem projetados e individualmente ajustáveis que forneçam bom apoio para os antebraços reduzem a tensão nos ombros e facilitam a manipulação positiva e precisa dos controles. Os descansos de braço (de pelo menos 10 cm de largura) devem apoiar o comprimento total dos antebraços sem impedir os movimentos dos braços. A altura da parte de trás dos descansos de braço também deve ser ajustável para que operadores com braços longos possam trabalhar com seus ombros para baixo

Se a cabine inteira não pode ser nivelada e girada para ficar na direção na qual a grua está operando, o assento deve ser capaz de fazê-lo. O assento deve ser capaz de amortecer vibração e choques em três direções, agindo em harmonia com o sistema de suspensão da própria máquina para evitar efeitos secundários. Por causa das fortes pressões a

que o assento do operador de máquina florestal está submetido, ele deve ser robusto com ou as partes e a base especialmente reforçadas. Ele também deve estar localizado onde ele permita movimentos livres do operador e ótima visibilidade.

Entre as características que o assento do operador deve possuir, destacam-se as dimensões como: largura e comprimento do assento, altura em relação à superfície de apoio, distância em relação ao volante de direção e os pedais e inclinação do assento e do encosto. Todas essas medidas encontram-se normalizadas através da norma NBR ISO 4252 (2000).

2.4.4. Controles de operação

A análise da literatura disponível sobre ergonomia aplicada às máquinas agrícolas mostra que os comandos devem apresentar uma série de características dentro de determinados padrões, definidos por normas. Uma das principais é a de que a localização dos comandos deve ser tal que permita um manejo fácil e seguro sem que seja necessário que o operador se desloque de sua posição normal de trabalho, ou seja, incline-se para algum lado (MÁRQUEZ, 1990). Dentre os comandos de um trator agrícola, o volante de direção merece atenção especial, por ser de acionamento contínuo. Além de sua distância em relação ao assento, outra característica importante deste comando é o grau de inclinação de seu eixo central em relação ao vertical.

A escolha dos controles e painel de botões juntamente com sua localização e configuração tem uma grande influência na precisão e na velocidade do trabalho e na tensão imposta nas mãos, braços, ombros e pescoço.

Devem ser levadas em consideração, no projeto de máquinas, as diferenças individuais, para que sejam acionadas por determinada classe da população. Os controles devem ser de fácil identificação, com número de erros de acionamento reduzido e que haja um tempo médio requerido

para acionamento, determinando influências no desempenho do operador e redução do tempo requerido para treinamento (IIDA, 2003).

Com relação aos comandos movimentados pelas pernas, estes podem ser de maior exigência de força, desde que seja observada a posição ideal que permita esta movimentação exata (IIDA, 2003). Deverá ser levada em conta, segundo Grandjean (1998), a perfeita adaptação do controle à parte do corpo que irá acioná-lo, permitindo uma posição normal e um contato firme e cômodo. A forma deve permitir imediata identificação visual ou por tato. Os controles, segundo esse autor, devem ser compatíveis, normalmente, nos controles de botão (gitar), a movimentação no sentido horário serve para ligar, aumentar ou abrir. Num controle próprio para situações de emergência, a posição no painel deve ser destacada, inconfundivelmente assinalada e, em muitos casos, protegida contra acionamento involuntário.

Também é vantajoso ter uma escolha entre tipos diferentes de controle, isto é, ser capaz de dirigir tanto com uma alavanca quanto com um volante. A restrição em relação ao volante, entretanto, é que o espaço que ele ocupa pode restringir a liberdade de movimentos do operador. No Quadro 1 pode-se verificar as forças recomendadas para acionamento de diferentes controles operados por compressão.

Quadro 1 – Forças recomendadas para diferentes controles

Tipos de controle	Força Atuante (N)	
	Ótima ⁽¹⁾	Máxima
Botões operados pela ponta dos dedos	2	5
Controles operados pela ponta dos dedos	2-5	40
Alavanca operada pela mão, para frente/para trás	5-15	140
Alavanca operada pela mão, esquerda/direita	5-15	60
Volante (força tangencial)	5-20	230
Controles operados pelas pernas (garras e freios)	45-90	250
Controles operados com artelhos (ex., válvula)	20-30	---

⁽¹⁾ Para controles freqüentemente utilizados. Fonte: Iida (2003)

Segundo o guia SkogForsk (1999), deve haver pausas naturais na operação dos controles durante as quais os músculos do pescoço e dos ombros são relaxados. Tanto controles de mão quanto painéis de controle com “joysticks” operados pelos dedos devem ser projetados de tal forma que possam ser inclinados para os lados e incorporarem uma parada para evitar que a mão deslize para fora. Deve ser possível a mudança de posição do controle com uma das mãos segurando, de forma que o operador possa se ajeitar em uma posição confortável. Se um controle é usado continuamente, o braço do operador deve estar apoiado em um descanso de braço adequado, que irá ajudar a aliviar a tensão repetitiva nos ombros.

Se a força atuante é muito baixa, um controle pode ser afetado por, vibração, por isso causando uma intervenção não prevista do operador. Da mesma forma, se a força atuante é muito alta, isso pode ser prejudicial tanto para a precisão quanto para a velocidade da operação. Para introduzir alguma variação ao trabalho do operador, algumas funções podem ter controles duplos – dirigir e traçar, por exemplo. Controles que são pouco usados podem estar localizados onde o operador seja forçado a se esticar para alcançá-lo, assim variando sua postura.

O projeto de um painel de controle com botões deve levar em consideração o fato de que a mão é, em primeiro lugar, um instrumento para agarrar. Os dedos polegar e o indicador são freqüentemente usados para operarem botões que requerem uma reação rápida.

2.4.5. Conforto Térmico na cabine do operador

A saúde e o rendimento de operadores de tratores, quando realizando determinadas atividades, estão diretamente ligados ao conforto térmico no posto de trabalho, que varia muito em função da presença ou não de cabine de proteção. Tratores que não possuem cabine fechada, com temperatura interna controlável, expõem os operadores a grandes variações climáticas, podendo provocar queda no seu rendimento.

Quando o clima é desconfortável, ocorrem indisposição e fadiga, diminuindo a eficiência e aumentando os riscos de acidentes, em virtude do calor ou mesmo da insolação excessiva em uma jornada de trabalho (GRANDJEAN, 1998).

No desempenho de suas atividades, o tratorista está submetido a ambientes de trabalho que apresentam condições térmicas bastantes diversas, ficando o operador exposto ao calor ou ao frio em determinadas condições que podem comprometer seriamente sua saúde, caso não sejam adotadas medidas eficazes de controle de temperatura, tornando o seu posto de trabalho em condições compatíveis com a natureza humana (ROBIN, 1987).

A zona de conforto térmico, segundo citações feitas por Lida (2003), é delimitada pelas temperaturas efetivas entre 20 e 24 °C, com umidade relativa de 40 a 60 % e velocidade do ar moderada, da ordem de 0,2 m/s. As diferenças de temperaturas presentes no mesmo ambiente não devem ser superiores a 4 °C.

Segundo SkogForsk (1999), o clima também é influenciado pelo design interno da cabine, o nível de isolamento, o design do assento, a área e o tipo de vidro da janela e o design do próprio sistema de controle de clima. Assim, nenhum ponto isolado dentro da cabine pode ser usado como referência para monitorar ou controlar o clima.

2.4.6. Vibração

As atividades mecanizadas expõem os operadores a vibrações mecânicas, as quais podem interferir no conforto, na eficiência do trabalho e, em algumas circunstâncias, na saúde e na segurança. Muitos anos de exposição à vibração de uma máquina podem ter um efeito danoso à saúde do operador. A parte inferior das costas é particularmente propensa a danos, causados mais freqüentemente por choques mecânicos. O nível de vibração é afetado pela velocidade de deslocamento, condições do

terreno, pneus, molas/amortecedores no chassi, cabine e assento, e a técnica de trabalho do operador.

Em vista da complexidade dos fatores que determinam a resposta humana às vibrações, a norma ISO 2631/1 (1985), visa facilitar a avaliação e comparação de dados obtidos em pesquisa de campo, orientando a respeito da exposição aceitável para a vibração no corpo humano. A norma brasileira para vibração é a NBR – 12319/1992 que trata da Medição da vibração transmitida ao operador - Tratores agrícolas de rodas e máquinas agrícolas

Segundo a norma ISO 2631/1 (1985), existem três tipos de exposição humana à vibração em operação de máquinas, a saber: vibrações transmitidas simultaneamente à superfície de todo o corpo ou a partes substanciais dele vibrações transmitidas ao corpo como um todo através da superfície de sustentação, os pés de um homem ereto, as nádegas de um homem sentado ou a área de sustentação de um homem reclinado e vibrações aplicadas a uma parte específica do corpo, assim como, as provenientes do encosto para cabeça, pedais e pontos de empunhadura das mãos.

A vibração no corpo de um operador é medida ao longo de três eixos, perpendiculares entre si, que passam através do ponto de interface entre o operador e seu acento. Esses eixos são: o vertical, o longitudinal e o lateral com relação ao trator. Nota-se que, para o homem a faixa de frequência de maior sensibilidade entre 4 a 8 Hz para a vibração vertical e abaixo de 2 Hz para a vibração longitudinal e lateral. A tolerância humana é maior para baixas frequências na vertical do que longitudinal e lateral e que para altas frequências é o inverso, dentro de um determinado tempo de exposição (ISO 2631/1, 1985),

Segundo SkogForsk (1999), a vibração de corpo inteiro deve causar apenas um risco baixo de dano ao pescoço e ombros quando o operador está operando os controles e de dano à parte inferior das costas. Nem deveria causar um aumento da fadiga ou mais do que um leve

desconforto. A máquina também deve ser projetada de forma que o operador seja submetido à mínima vibração durante a operação normal da máquina.

A diretiva da União Européia em máquinas (CEE 83/190 – ISO 5007, 2003), recomenda que novas máquinas sejam testadas para vibração. Detalhes documentados dos valores da vibração têm que acompanhar máquinas que tem um valor de freqüência.

2.4.7. Ruído

As pesquisas realizadas nos últimos anos sobre o efeito do ruído no corpo humano evidenciaram: a aceleração da pulsação, o aumento da pressão sanguínea, a redução na sensibilidade auditiva e o estreitamento dos vasos sanguíneos. Estas alterações aparecem em forma de mudanças de comportamento, como nervosismo, fadiga mental, frustração e prejuízo no desempenho do trabalho e provoca, também, altas taxas de ausências no trabalho (LIMA, 1998)

A legislação brasileira de atividades e operações insalubres, a NR-15, estabelece que o nível máximo de ruído permitido no ouvido do operador é de 85 dB (A) em uma jornada de trabalho diário de 8 horas. A NBR-9999 (1987) trata da Medição do nível de ruído, no posto de trabalho, de tratores e máquinas agrícolas.

Para as operações agrícolas a Legislação Trabalhista na Espanha estabelece que quando um trator emitir um nível de ruído superior a 80 dBA, deverá ser especificado o uso de protetores auriculares aos usuários (DELGADO, 1991). O ruído em máquinas agrícolas e florestais é gerado principalmente pelo motor, sistemas de exaustão, ventiladores de resfriamento, transmissão, funções hidráulicas e os processos de trabalho.

De acordo com as diretrizes da União Européia (EU) em máquinas, o nível de som deve ser informado no Manual do Operador quando o nível exceder 70 dB(A) em certos casos, o pico do valor da pressão do som em

dB(C) e o nível da força do som também devem ser mencionados (SKOGFORSK, 1999).

Fernandes (1991) analisaram as fontes de ruídos em tratores agrícolas e concluiu ser o motor, e principalmente o sistema de exaustão dos gases a sua principal fonte. Entretanto, em operações agrícolas os implementos podem contribuir para o aumento do ruído, de duas formas: diretamente quando ele é uma fonte de ruído, ou indiretamente, quando o implemento faz o trator gerar ruído em função dos esforços que exige.

A definitiva solução para o problema do nível de ruído emitido por tratores, não consiste somente no isolamento acústico, mas de uma mudança na postura por parte dos fabricantes, passando a investir em pesquisar as fontes geradoras de ruído visando a minimizá-las (MIALHE, 1996).

Lima (1998) avaliou quantitativamente fatores ergonômicos que poderiam influenciar a saúde, o conforto, o bem-estar, a segurança e o rendimento dos operadores dos tratores florestais. O trabalho avaliou o nível de ruído emitido pelas máquinas de colheita de madeira, “*Feller-Buncher*” e “*Skidder*” e concluiu que o “*Feller-Buncher*” emite ruído acima do permitido pela norma NR-15.

2.4.8. Iluminação para o campo de trabalho

Com relação à iluminação, a grandeza utilizada é a iluminância (lux) sua dosagem correta é um fator que ajuda a reduzir acidentes de trabalho, a reter o pessoal treinado na empresa e a diminuir o número de erros operacionais.

A iluminação em uma máquina deve fazer com que seja possível para o operador desempenhar todas as tarefas que podem ser feitas a luz do dia. A intensidade luminosa deve ser alta o suficiente e a luz deve ser direcionada de forma tal que não haja ofuscamento por contrastes ou reflexos. Nem o operador deve ser ofuscado por partes iluminadas da máquina dentro do seu campo de visão. A cor da luz deve conduzir a uma

boa visibilidade quando as vizinhanças são escuras. Mesmo que essas diretrizes forem preenchidas, provavelmente o operador irá achar o trabalho mais exigente quando ele está operando a máquina em luz artificial do que à luz do dia. (SKOGFORSK, 1999).

As repercussões comprovadas de iluminação deficiente caracterizam o quadro de fadiga visual. Quando um objeto não estiver sendo adequadamente visualizado, isso pode ser devido a um tamanho muito pequeno para aquela distância, a uma iluminação deficiente, a um contraste inadequado de seus limites, a uma diferença importante de brilho no campo visual ou há um tempo insuficiente para sua focalização adequada (COUTO, 1987).

2.4.9. Exaustão de gases e poeiras

Muitas máquinas florestais em uso no Brasil apresentam problemas com relação a posicionamento, altura e distancia do escapamento até o operador. Em muitas situações, durante o deslocamento da máquina, sem presença de vento direcionado ao posto de trabalho, os gases de exaustão atingem o operador (FIEDLER, 1995). A inalação de gases de exaustão pode causar fadiga, dores de cabeça, náusea, irritação do sistema respiratório e membranas mucosas e também pode afetar os pulmões.

O projeto da cabine deve manter do lado externo os gases de exaustão e a poeira o quanto possível. A migração destes gases para dentro da cabine ocorre em razão do mau posicionamento do sistema de exaustão e da inadequada vedação da cabine (FIEDLER, 1995).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Áreas de Estudo

Os estudos foram conduzidos nas máquinas de 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. Em Santa Bárbara a temperatura média anual de 17,4° C, precipitação média anual de 2.018,3 mm, tipo de clima tropical de altitude. A vegetação original dominante era de campos a margem do rio Paraíba do Sul e o solo é classificado como Latossolo vermelho (Prefeitura de Santa Bárbara, 2006).

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.

3.2. Sistemas de colheita florestal na empresa

A empresa executa diferentes processos de mecanização da colheita florestal. A colheita por "toras longas" é realizada por uma frente de trabalho que utiliza o "*Feller-Buncher*" para a derrubada, a extração com *Skidders* e a toragem com a Garra-Traçadora. A colheita de "toras curtas" com o corte das árvores sendo feito com o *Harvester* e a extração por *Forwarders*.

3.3. Amostragem e população

Foi utilizada uma amostra de três modelos de “*Feller-Bunchers*” com rodado de esteiras: da marca Timberjack, modelo 608L, da marca Valmet, modelo 425EXL e um da marca John Deere, modelo 759C.

A população pesquisada foi constituída por todos os operadores de “*Feller-Bunchers*” da empresa totalizando 21 operadores.

3.4. Caracterização das máquinas

O “*Feller-Buncher*” é uma máquina desenvolvida para executar o corte e o acúmulo de árvores em feixes tombados ao solo. O corte é executado por um sistema de disco, duas garras de fixação e um braço acumulador. O ciclo de trabalho do “*Feller-Buncher*” inicia-se quando ela se desloca em direção à árvore; em seguida sua parte frontal é encaixada na árvore, executando-se o corte com o fechamento da garra (A). Após esta fase, a máquina se movimenta em direção a outra árvore, executa o corte novamente e acumula em seu braço, e assim sucessivamente até a formação completa do feixe, (C) seguindo-se o tombamento do feixe ao solo (D), em posição que facilita o trabalho da próxima máquina na etapa subsequente (Figura 6).

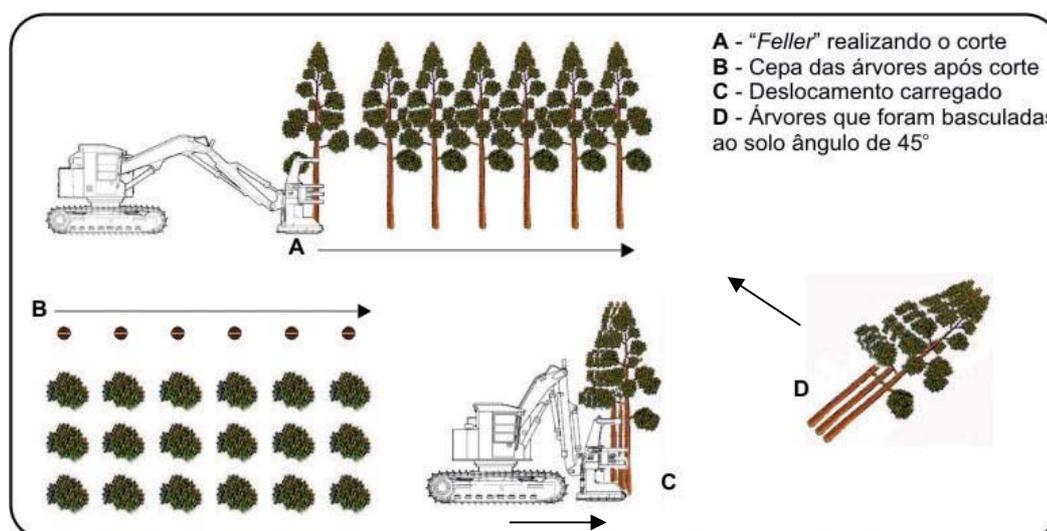


Figura 6 – Um exemplo de modo de trabalho do “*Feller-Buncher*”

As Figuras (7, 8 e 9) mostram as três marcas e modelos de “*Feller-Bunchers*” analisadas e estudadas.



Figura 7 – “*Feller-Buncher*” Timberjack 608L



Figura 8 – “*Feller-Buncher*” Valmet 425EXL



Figura 9 – “Feller-Buncher” John Deere 759C

O Quadro 2 relaciona as principais características de cada uma das máquinas analisadas.

Quadro 2 – Principais especificações técnicas dos “Feller-Bunchers” analisados

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	---	7,24

3.5. Avaliação Ergonômica

A coleta de dados foi efetuada mediante testes e medições realizados nos operadores e nas máquinas e o uso de questionários apresentados no Quadro 4.

3.5.1. Análise antropométrica

Para esta análise foram determinadas 33 medidas corporais de 21 operadores, sendo todos operadores de máquinas de colheita florestal.

Para a coleta destas medidas no operador, utilizou-se uma trena e réguas adaptadas, conforme propõe Petroski (2003).

As medidas foram efetuadas em três etapas distintas: (Quadro 3, Figura 10) 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.

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.

1º Etapa: preenchimento da ficha de dados gerais do operador
 Quadro 3 – Ficha de coleta de dados gerais e antropométricos

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	

2º Etapa: coleta das medidas antropométricas dos operadores em pé - As medidas antropométricas na posição em pé foram obtidas através de trena adaptada conforme Petroski (2003) que consiste em uma fita métrica com hastes. As medidas obtidas estão esquematizadas na figura abaixo:

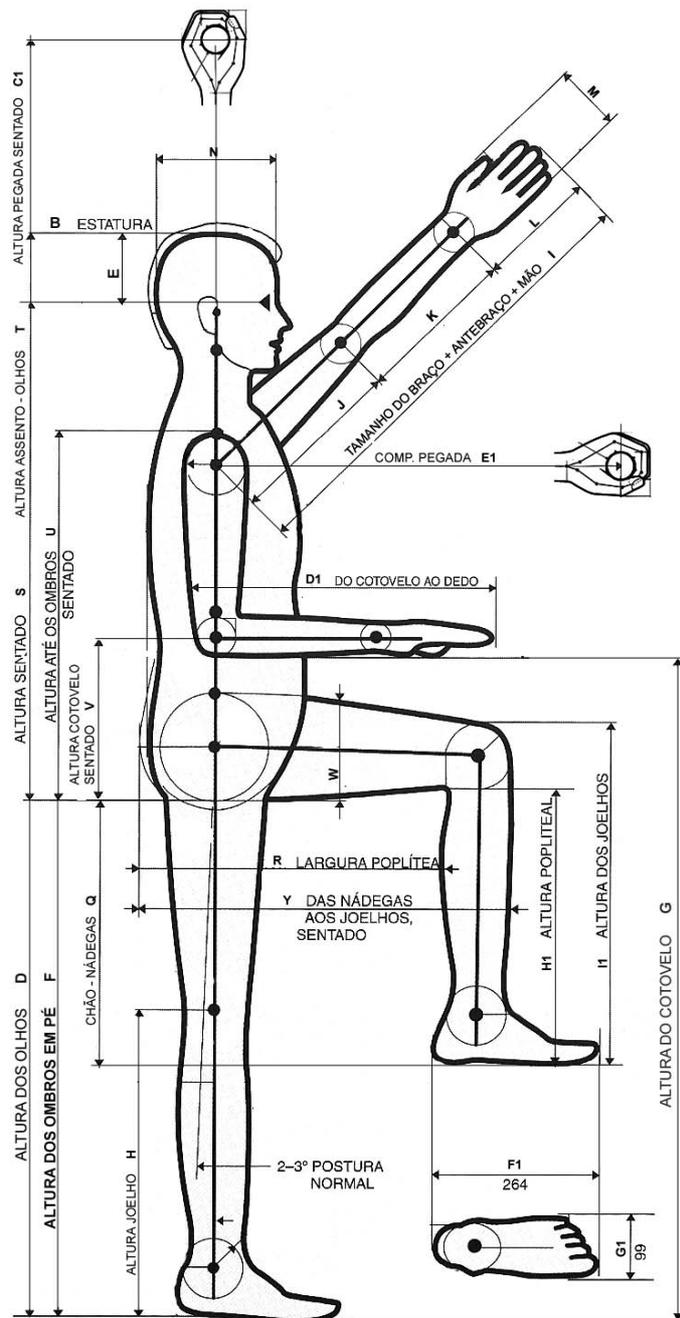


Figura 10 – Medidas antropométricas obtidas dos operadores.

3º Etapa: coleta das medidas antropométricas dos operadores sentados - As medidas antropométricas na posição sentado foram obtidas através de trena adaptada conforme Petroski (2003) que consiste em uma fita métrica com hastes. As medidas obtidas também estão esquematizadas na Figura 10.

3.5.1.1. 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% da 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.

Tabela 1 – Fatores para computar percentis a partir do desvio-padrão (fonte: Moraes, 1983)

Percentis %	Fatores
0,5-99,5	2,57
1-99	2,32
2,5-97,5	1,96
5-95	1,64
10-90	1,28
15-85	1,03
20-80	0,84
25-75	0,67
30-70	0,52

3.5.2. Avaliação geral da opinião dos operadores

Foi realizado um levantamento, através de questionário (Quadro 4), da opinião dos operadores sobre os aspectos ergonômicos das máquinas de colheita da empresa. As entrevistas foram realizadas no horário de trabalho com o operador ao lado da máquina, para que facilitasse a visualização dos problemas existentes. Todas as respostas foram consideradas afirmativas ou negativas (Sim - S), (Não - N) ou (Não respondeu - NR)

Por meio deste questionário, fez-se um levantamento da opinião dos operadores a respeito dos seguintes problemas ergonômicos das máquinas (Quadro 5), proposto por Skogforsk (1999).

Neste questionário, os operadores atribuíram valores de 1 a 10, em ordem crescente de avaliação, onde o maior valor indica uma avaliação ótima e um menor valor um pior resultado. O questionário foi aplicado em 21 operadores de "*Feller-Buncher*" com idade média de 31,3 anos e com 7,9 anos de experiência.

Para os resultados obtidos foram calculadas as médias dos valores atribuídos pelos operadores a cada item e cruzados com os aspectos ergonômicos proposto pelas normas e avaliação dos postos de trabalho. O objetivo foi confrontar as regiões de ótimo acesso aos comandos e diversos aspectos ergonômicos da cabine determinadas na avaliação ergonômica com a opinião dos operadores.

Quadro 4 – Modelo de ficha de avaliação de questionário com perguntas diretas

Questão	S ¹	N ²	NR ³
Os controles desta máquina são fáceis de operar?			
Os controles mais utilizados estão em posição de fácil alcance?			
As funções dos controles no painel são indicadas claramente?			
Os controles são compatíveis com a posição de movimento deles?			
Tem algo na máquina que afeta a visão de trabalho?			
A iluminação fornecida para o campo de trabalho é adequada?			
No trabalho noturno, você sente alguma dificuldade em visualizar externamente o campo de trabalho?			
Com relação ao ruído produzido por esta máquina, você o considera excessivo?			
O ruído atrapalha execução do trabalho?			
Já lhe causou algum problema?			
Esta máquina tem muita vibração?			
Você sente problemas decorrentes dela?			
Os ajustes no assento desta máquina são compatíveis com as necessidades de mudança de posição?			
O material usado na construção do assento permite boa segurança e conforto na execução do trabalho?			
O encosto permite conforto e segurança, sem causar dores lombares?			
O apoio para os braços é bem ajustado às suas necessidades?			
O acesso a esta máquina é facilitado por sua posição e suas dimensões?			
O material de revestimento do piso facilita o trabalho mesmo em condições difíceis			
O posto de trabalho aquece muito durante a execução do trabalho			
Existe muita poeira, gases de exaustão, fuligens no posto de trabalho?			
Os instrumentos do modo em que estão distribuídos são adequados?			

¹ Sim (S);

² Não (N);

³ Não Respondeu (NR).

Quadro 5 – Modelo de ficha de avaliação “*Feller-Buncher*”
(Adaptado de SkogForsk, 1999)

Máquina:						
Ano de fabricação:			Número de série:			
Total de horas de operação (leitura de medidor):						
Seção	Notas					Obs.
	1	3	5	7	10	
Acesso á cabine (entrada e saída)	<input type="checkbox"/>					
Postura de trabalho	<input type="checkbox"/>					
Cabine (espaço interno)	<input type="checkbox"/>					
Visibilidade	<input type="checkbox"/>					
Conforto do assento	<input type="checkbox"/>					
Posicionamento dos Controles	<input type="checkbox"/>					
Operação de máquina	<input type="checkbox"/>					
Informações	<input type="checkbox"/>					
Ruído	<input type="checkbox"/>					
Vibração	<input type="checkbox"/>					
Controle de clima na cabine	<input type="checkbox"/>					
Gases e partículas	<input type="checkbox"/>					
Iluminação (faróis)	<input type="checkbox"/>					
Instruções e treinamento	<input type="checkbox"/>					
Manutenção	<input type="checkbox"/>					
Freios e segurança do operador	<input type="checkbox"/>					

Foi aplicado um questionário para os mesmos operadores sobre símbolos gráficos visando obter-se informações sobre o grau de conhecimento de símbolos que identificam os comandos e controles das operações e manutenção dos “*Feller-Bunchers*”. Foram fornecidos somente os símbolos e ao operador foi solicitado que dissesse qual o significado de cada símbolo. Este questionário foi composto de 16 símbolos. Foram considerados para avaliação o número de acertos (A), número de erros (E) e não respondidos (NR), (Quadro 6).

Quadro 6 – Modelo de ficha de avaliação de símbolos utilizados nos “Feller-Bunchers”

Símbolo	Resposta correta	A ¹	E ²	NR ³
	(Ignição)			
	(Ar condicionado)			
	(ventilador)			
	(Disco de corte)			
	(Indicador de temperatura no motor)			
	(Filtro de ar seco)			
	(Pressão de óleo no motor)			
	(Restrição filtro do óleo)			
	(Temperatura entrada de ar)			
	(Nível de líquido de refrigeração)			
	(Retorno do óleo no filtro)			
	(Estrangulador do motor)			
	(Início de operação)			
	(Freio de estacionamento)			
	(Velocidade angular do motor)			
	(Início de atividade do motor)			

¹ Número de acertos (A); ² Número de erros (E); ³ Não Respondeu (NR)

3.5.3. Análise ergonômica das cabines

Os diversos componentes e características dimensionais das cabines das máquinas pesquisadas foram avaliados de forma qualitativa e quantitativa.

3.5.3.1. Análise das dimensões internas

A análise ergonômica dos “*Feller-Bunchers*” foi realizada por meio de medidas a partir do ponto de referência de assento (PRA – SRP “seat reference point”), que de acordo com o manual de ergonomia para máquinas florestais do Skogforsk (1999) é um ponto situado no plano médio longitudinal central do assento, onde o plano tangencial do encosto intersecciona um plano horizontal.

Para determinação das dimensões da cabine as medidas foram coletadas com auxílio de esquadro, uma régua, uma trena e uma fita métrica, onde se mensurou as distâncias do PRA até os órgãos de comando nas três dimensões (x, y, z) e posteriormente os dados foram representadas em gráficos contendo as áreas de máximo e ótimo acesso aos comandos, esquematizados de acordo com um grupo de trabalhadores que operam estas máquinas na empresa.

Para esta avaliação ergonômica foram coletados os dados com o assento em duas posições distintas classificadas como limites: assento próximo e assento extremo, adotando-se como referência o painel das máquinas em estudo. Desta maneira foi realizada a avaliação espacial da distribuição dos comandos para as duas posições de assento, atribuindo conceitos conforme classificação no Quadro 7. Já as ilustrações das áreas de acesso bem como sua classificação se encontram na Figura 11.

Quadro 7 – Conceitos de avaliação espacial dos comandos nas coordenadas x-y e x-z

Conceito	Descrição
Ótimo	Comando situado na região de ótimo acesso nos dois planos
Muito bom	Comando situado na região de ótimo em um plano e de máximo em outro plano
Bom	Comando situado na região de máximo nos dois planos
Regular	Comando situado na região de máximo em um plano e de fora em outro plano
Ruim	Comando situado em região externa aos dois planos

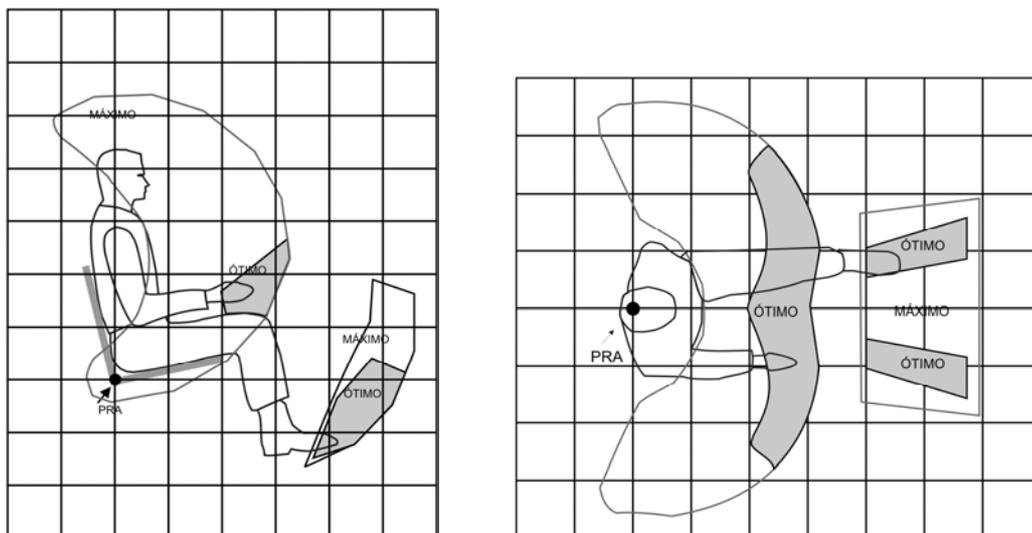


Figura 11 – Áreas de máximo e ótimo de acesso aos órgãos de comando, nas três dimensões (x, y, z).

O posto de trabalho das máquinas também foi mensurado de acordo com as normas suecas do guia Skogforsk (1999), especificamente proposto para máquinas florestais e está na Figura 12 e Quadro 8.

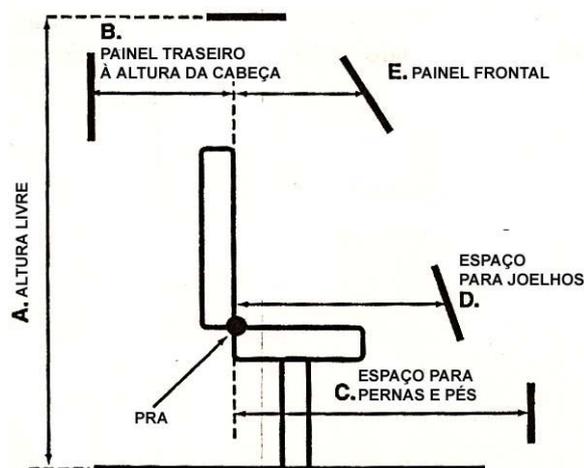


Figura 12 – Variáveis de medição da cabine.

Quadro 8 – Variáveis de medição da cabine

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	

3.5.3.2. Análise do posicionamento visual dos instrumentos

Para determinar o campo visual ótimo e de máxima visão dos operadores quanto ao posicionamento dos instrumentos marcadores (relógios de temperatura de arrefecimento, combustível, pressão de óleo, por exemplo), luzes de advertência e mostradores em geral, foram utilizados procedimentos semelhantes aos descritos no item (3.5.3.1) de medições da parte interna da cabine. Nesta avaliação foram inseridos os ângulos de visão ótima e máxima, com o auxílio do *software* AutoCad 2000[®]. Desta maneira foi avaliado a distribuição espacial dos

instrumentos marcadores, luzes de advertência e mostradores para as duas posições de assento, atribuindo conceitos conforme classificação do Quadro 9 e Figura 13.

Quadro 9 – Conceitos de avaliação espacial dos instrumentos de verificação nas coordenadas x-y e x-z

Conceito	Descrição
Ótimo	Comando situado na região de ótima visão nos dois planos
Muito bom	Comando situado na região de ótima em um plano e de máxima em outro plano
Bom	Comando situado na região de máxima nos dois planos
Regular	Comando situado na região de máxima em um plano e de fora em outro plano
Ruim	Comando situado em região externa aos dois planos

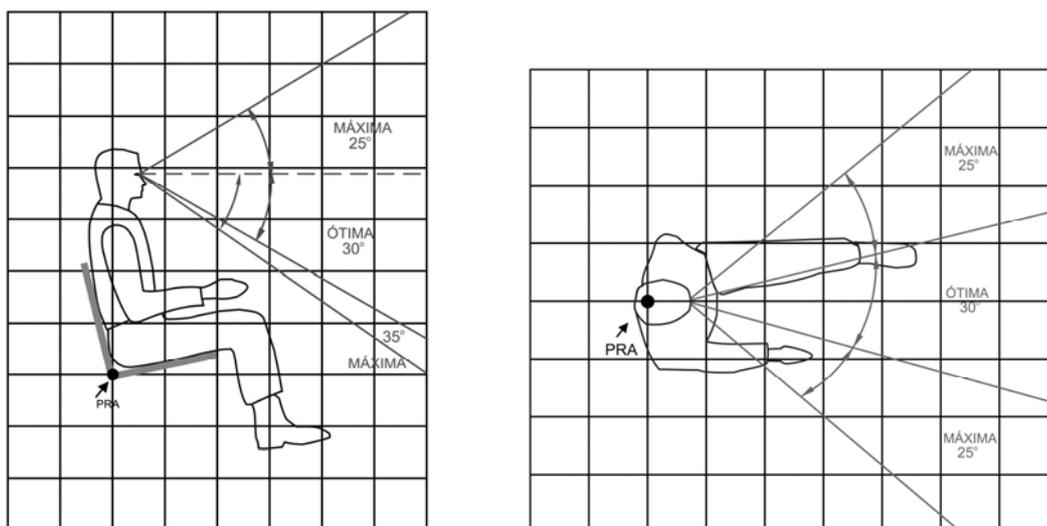


Figura 13 – Áreas de ótima e máxima visão de comandos, nas três dimensões (x, y, z).

3.5.3.3. Acesso ao Posto de Trabalho

Para as variáveis do acesso ao posto de trabalho, foram utilizados os valores das medidas antropométricas definidas pelos percentis correspondentes a cada variável, citadas por, Fiedler (1995), Grandjean (1998), Skogforsk (1999), Iida (2003) e Dreyfuss (2003). As variáveis de acesso citadas foram medidas em todas as máquinas analisadas e estão descritas na Figura 14 e Quadro 10.

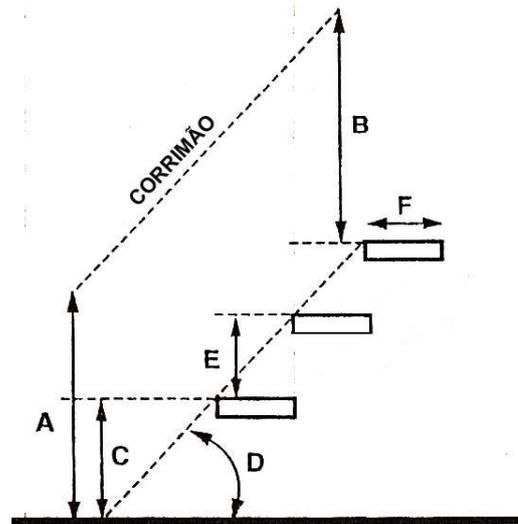


Figura 14 – Variáveis acesso

Quadro 10 – Variáveis de medição do acesso.

Dimensões
A Solo para corrimão
B Degrau para corrimão
C Solo para o primeiro degrau (mínimo)
D Ângulo máximo
E Elevação
F Profundidade mínima (degrau)
L Largura mínima do degrau
Altura máxima porta
Maior largura porta
Menor largura porta
Ângulo abertura total porta

3.5.3.4. Assento do Posto de Trabalho

Para as variáveis do assento das máquinas, foram utilizados os valores das medidas antropométricas definidos pelos percentis correspondentes a cada variável citadas por, Fiedler (1995), Skogforsk (1999), Iida (2003) e Dreyfuss (2003). Foi realizada a avaliação qualitativa e quantitativa juntamente, conforme Quadro 11.

Quadro 11 – Avaliação quali-quantitativa de assentos de “*Feller-Bunchers*”

Itens de inspeção Assento	
Assento estofado	
Altura do assento mínimo	
Altura do assento máximo	
Acionamento fácil de regulagem de altura	
Posicionamento assento próximo	
Posicionamento assento extremo	
Largura do Assento	
Comprimento do assento	
Forma do assento (plana, côncava, convexa)	
Borda anterior arredondada	
Inclinação do assento	
Material de revestimento (tipo, cor)	
Encosto	
Largura do encosto	
Altura do encosto	
Tipo de apoio dorsal (só lombar, apoio mediano, apoio de todo dorso)	
Forma de apoio dorsal (convexo, plano, acompanhando a curvatura da coluna)	
Assento- Encosto	
Possui espaço livre entre assento encosto	
Ângulo assento encosto	
Apoio braços	
Altura do apoio	
Largura do apoio	
Comprimento do apoio	
Apoio fixo/móvel	
Tipo de mobilidade frente/lado/vertical/horizontal	
Tipo de revestimento	
Inclinação do apoio	
Base do assento	
Formato da base do assento	
Material da base	
Base móvel ou fixa ao chão	
Estabilidade da base	

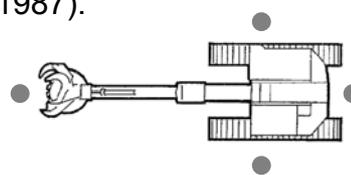
3.5.3.5. Nível de Ruído emitido pelos “*Feller-Bunchers*”

Nesta avaliação utilizou-se a escala de medida do nível de ruído dos tratores em decibel dB (A). Os níveis de ruído foram determinados em um medidor de pressão sonora (decibelímetro) da marca MINIPA, no circuito de resposta lenta (“slow”) e de equalização “A”.

As determinações dos níveis de ruído foram baseadas na NBR – 9999 (1987) (Medição do nível de ruído, no posto de operação, de tratores e máquinas agrícolas) que é uma Norma específica para a medição e registro de ruídos no posto de operação de tratores e máquinas usadas na agricultura.

Para as medições externas o estudo foi realizado nos tratores “*Feller-Buncher*” posicionados em frente ao talhão onde estavam realizando suas operações. Os tratores estavam estacionados com as portas e janelas da cabine fechadas e ar condicionado ligado na regulagem de trabalho. Os tratores foram acionados e colocados na condição máxima de aceleração do motor e disco de corte na máxima rotação.

As leituras dos níveis de ruído externo foram realizadas em raios de afastamento a partir de um metro (1m) de distância dos tratores em cada um dos quatro (4) lados, até dez (10m) metros de distância conforme Quadro 12. As leituras foram tomadas em cada lado em período de cinco segundos (5s). A média aritmética de três leituras foi considerada como resultado segundo NBR 9999 (1987).



Quadro 12 – Nível ruído externo

Posição máquina	Raio de afastamento (m)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Frontal										
Direito										
Esquerdo										
Traseiro										

3.5.3.5.1. Nível de ruído no ouvido do operador

Neste estudo foram consideradas duas situações:

- tratores parados dentro da área de corte;
- tratores realizando atividades que compõem o ciclo operacional de corte das árvores.

- **Tratores parados** – As leituras para o nível de ruído interno foram tomadas nas seguintes condições de funcionamento: Motor, disco de corte na máxima rotação e ar condicionado na regulagem de trabalho para o operador.

- **Tratores em operação** – trator realizando seu ciclo operacional de corte da madeira, compreendido dos elementos: corte, deslocamento carregado, basculamento das árvores e deslocamento sem carga.

3.6. Metodologia de Redesenho

A metodologia de desenho adaptada para este trabalho é a *systematic approach to engineering design*, proposta por Pahl & Beitz (1996) conforme Figura 15, é distribuída em quatro fases principais: **Clarear a tarefa** (*clarifying the task*): especificação do problema; **Projeto conceitual** (*conceptual design*): especificação do princípio; **Projeto preliminar** (*embodiment design*): especificação do leiaute; **Projeto detalhado** (*detailed design*): especificação para a produção;

Na primeira fase: **Clarear a tarefa**, envolve a coleta de informações sobre os requisitos que devem ser implementados à solução e também às restrições envolvidas. Nesta fase será elaborado a especificação detalhada da cabine que supra as condições antropométricas dos operadores brasileiros. Durante esta fase serão coletadas informações sobre as exigências e restrições que o operador do “*Feller-Buncher*” sofre.

Na segunda fase: **Projeto conceitual**, envolve o estabelecimento de uma estrutura de funções, a procura por princípios de soluções viáveis, e suas combinações em variantes de concepção. Nas fases seguintes, projeto preliminar e projeto detalhado, é muito difícil ou impossível corrigir problemas fundamentais da concepção. Uma solução de sucesso é mais provável de surgir a partir da escolha de princípios mais apropriados, do que da concentração exagerada nos pontos finos.

Na terceira fase: **Projeto preliminar** será desenvolvido a concepção dos itens da cabine, determinando o leiaute e as formas, e será desenvolvido um posto de trabalho de acordo com considerações técnicas e econômicas. Obtido o melhor leiaute, poderá se checar as funções, esforços, compatibilidade espacial, etc..

Na quarta fase: **Projeto detalhado** o processo de projeto na qual o arranjo, a forma, as dimensões e as propriedades das superfícies de todas partes individuais são especificadas. Nesta fase serão elaborados todos os desenhos e organizados outros documentos de fabricação.

As adequações serão realizadas durante esta fase visando melhoramentos nas montagens e componentes e aperfeiçoamentos para o modelo de fabricação. O resultado da simulação visual e desenhos técnicos serão elaborados em programa computacional especializado em projeto de produto.

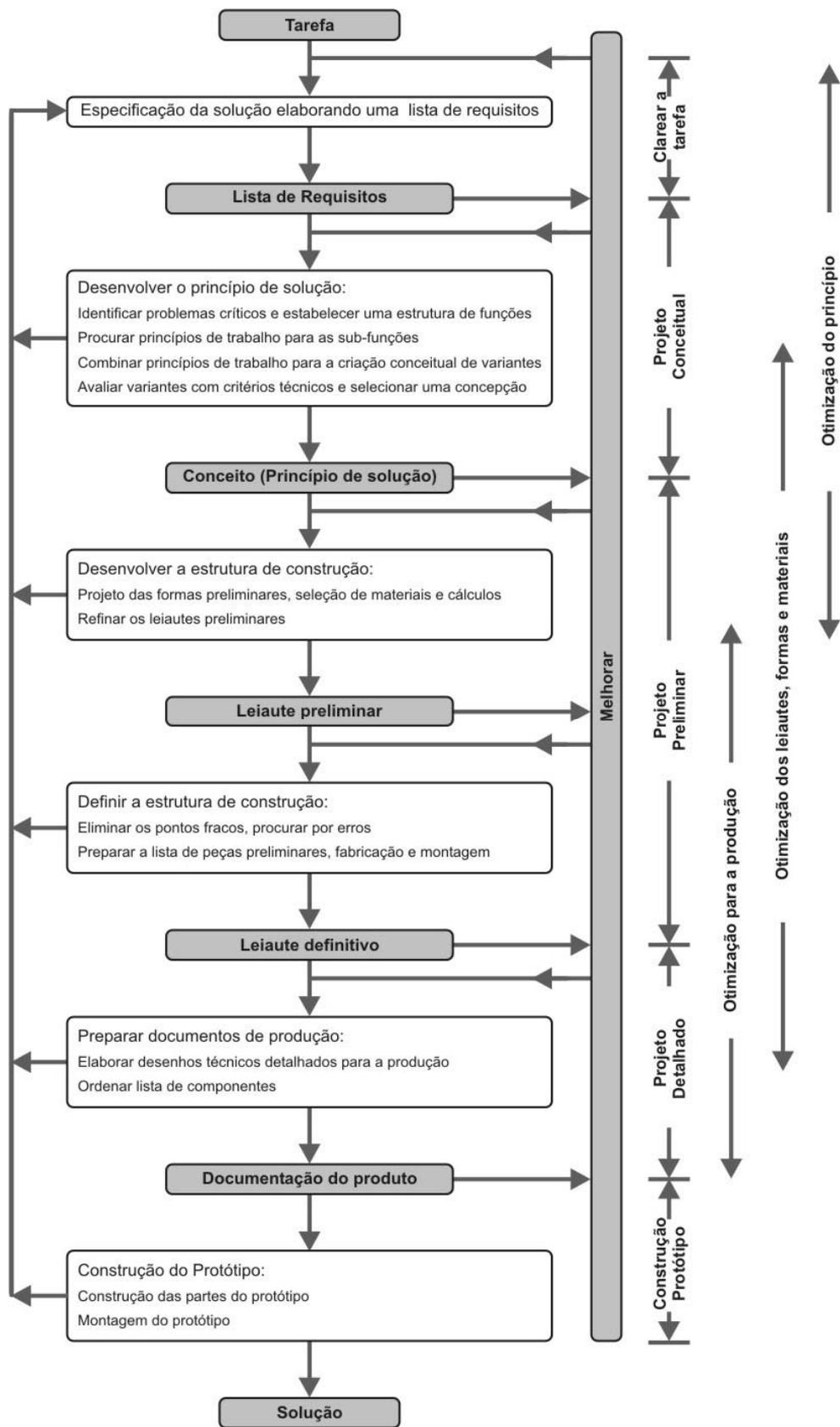


Figura 15 – Fases do projeto de produto. Adaptado de Pahl & Beitz (1996)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Antropometria

Os dados antropométricos obtidos na amostragem de 21 operadores de máquinas de colheita de madeira são apresentados na Tabela 2. Nesta tabela também, encontram-se analisados os percentis 5%, 50% e 95%, a média, o desvio padrão e o coeficiente de variação.

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. Os percentis foram calculados para determinar as variações antropométricas dos operadores e posteriormente serem utilizados no redesenho da cabine

Na Tabela 3, observa-se a comparação do padrão antropométrico entre os operadores de máquinas florestais dos EUA e da empresa em estudo (THOMAS *et al.* 2001).

Observa-se na Tabela 4, a análise estatística do teste t de comparação realizada pelo programa *Statistica* versão 7 (2004).

Tabela 2 – Padrão antropométrico dos operadores de máquinas de colheita de madeira da empresa em estudo.

	Posição	Média (cm)	Desvio Padrão	C.V%	Percentil			
					5%	50%	95%	
Em pé	A. Massa corpórea *	75,9	13,3	17,5	54,0	75,9	97,7	
	B. Estatura	175,0	4,8	2,7	167,1	175,0	182,9	
	C. Altura Total (braço levantado)	217,8	9,1	4,2	202,8	217,8	232,8	
	D. Altura dos olhos	166,3	4,8	2,9	158,4	166,3	174,3	
	E. Altura do ouvido	163,3	4,6	2,8	155,7	163,3	170,9	
	F. Altura ombro	148,2	5,6	3,7	139,0	148,2	157,3	
	G. Altura cotovelo	113,9	8,3	7,3	100,2	113,9	127,5	
	H. Altura joelho	50,6	2,4	4,7	46,6	50,6	54,5	
	I. Braço + antebraço + mão	76,5	4,0	5,2	69,9	76,5	83,0	
	J. Tamanho do braço	57,8	3,0	5,1	52,9	57,8	62,7	
	K. Tamanho do antebraço	27,5	1,7	6,3	24,7	27,5	30,3	
	L. Tamanho da mão	20,0	1,4	7,0	17,7	20,0	22,3	
	M. Largura mão	11,9	0,9	7,7	10,4	11,9	13,3	
	N. Largura cabeça	19,8	1,1	5,4	18,0	19,8	21,6	
	O. Largura tórax, entre axilas	36,0	3,1	8,7	30,9	36,0	41,1	
	P. Largura quadril	35,9	2,9	8,1	31,0	35,9	40,6	
	Sentado	Q. Chão – nádegas	43,5	4,7	10,9	35,7	43,5	51,3
		R. Largura poplíteia	43,1	2,3	5,4	39,3	43,1	47,0
S. Altura sentado		84,0	3,2	3,8	78,7	84,0	89,2	
T. Altura assento - olhos		73,5	5,1	6,9	65,1	73,5	81,8	
U. Altura até os ombros sentado		54,3	3,9	7,2	47,9	54,3	60,8	
V. Altura do cotovelo sentado		20,9	5,2	25,0	12,3	20,9	29,5	
W. Altura da coxa		15,8	1,7	10,7	13,0	15,8	18,6	
X. Comprimento do antebraço		28,9	1,5	5,3	26,3	28,9	31,4	
Y. Coluna – joelho		58,2	3,1	5,3	53,1	58,2	63,2	
A1. Largura dos ombros		42,7	2,6	6,1	38,4	42,7	47,0	
B1. Largura total costas + braços		51,4	3,7	7,3	45,2	51,4	57,6	
C1. Altura de pegada sentado		117,4	6,1	5,2	107,3	117,4	127,5	
D1. Comp. cotovelo ao dedo		47,8	1,9	3,9	44,7	47,8	50,9	
E1. Comp. pegada - costas		68,6	4,7	6,9	60,8	68,6	76,4	
F1. Comprimento do pé descalço		27,3	0,9	3,2	25,7	27,3	28,9	
G1. Largura do pé descalço	11,1	0,6	4,9	10,0	11,1	12,0		
H1. Altura poplíteal	46,6	1,9	4,1	43,5	46,6	49,8		
I1. Altura dos joelhos	56,9	2,6	4,6	52,5	56,9	61,1		

* Massa Corpórea em Kg

Tabela 3 – Comparação do padrão antropométrico entre os operadores de máquinas florestais dos EUA e da empresa em estudo.

	Posição	EUA**			Estudo			Δ %	
		Média (cm)	Intervalo 90%		Média (cm)	Intervalo 90%			
Em pé	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	----	
	Sentado	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 poplíteal	-----	-----	-----	46,6	43,5	49,8	-----		
I1 Altura dos joelhos	-----	-----	-----	56,9	52,6	61,2	-----		

* Massa Corpórea em Kg

** Thomas *et al.* (2001)

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

Tabela 4 – Comparação das variáveis antropométricas mensuradas e dos EUA (teste 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

Adotou-se os padrões antropométricos americanos (THOMAS et al. 2001) 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 3), confirmando os dados obtidos por Minette (1996), Schlosser et al., (2002), lida (2003) e Fontana (2005).

Dos 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 4.

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), variação de 1,8%.

A Largura poplítea (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 encontra-se submetido durante a jornada de trabalho, conforme expõem MÁRQUEZ (1990) e PETROSKI (2003).

A altura ao nível dos olhos sentado (T) interfere diretamente no campo visual do operador. As diferenças encontradas no perfil antropométrico com relação a esta variável, implicam 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 pés sempre apoiados e tenha fácil acesso aos controles operados pelos pés.

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

O comprimento do braço+antebraço+mão e do cotovelo ao dedo (L, 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 distancia vertical máxima do nível do ombro do operador ate 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 que definem o intervalo que abrange 90% dos operadores são, respectivamente, os valores de 5% e 95% percentis (Tabela 2). 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.

4.2. Ergonomia na cabine

Os resultados da avaliação final da ergonomia da cabine são apresentados na Tabela 5 e Figura 16, por item observado. Estes resultados são baseados em avaliações qualitativas e quantitativas.

4.2.1. Dimensões internas da cabine

O posto de trabalho das máquinas foi avaliado de acordo com a norma sueca do Skogforsk (1999). Todas as medidas são em relação ao PRA (Ponto de referência de assento).

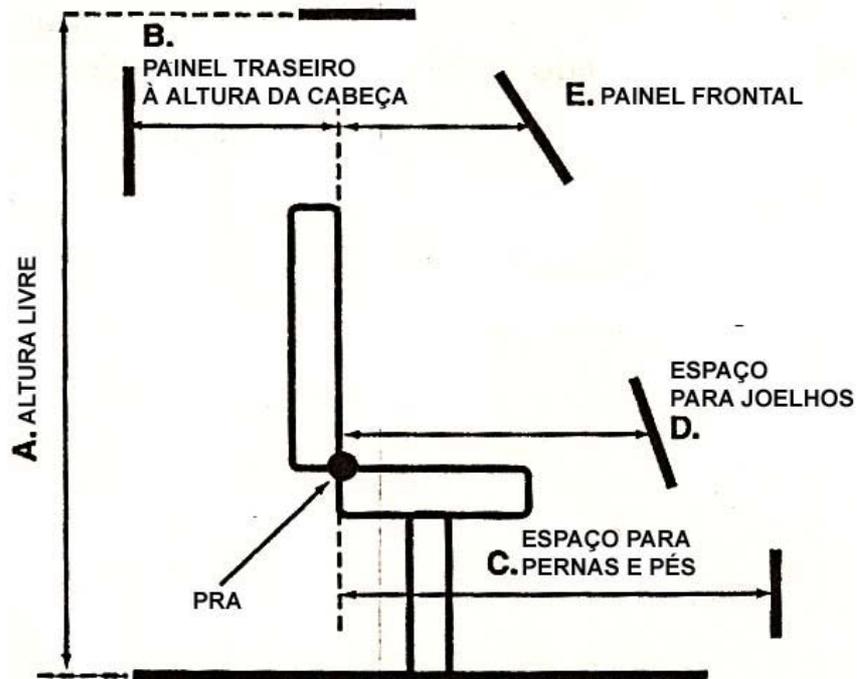


Figura 16 – Variáveis de dimensões na cabine

Tabela 5. Dimensões cabine em relação ao PRA

Medidas em cm	Timberjack 608L		Valmet 425EXL		John Deere 759C	
	próximo	extremo	próximo	extremo	próximo	extremo
A – Altura livre	162,0		170,0		177,0	
B – Painel traseiro à altura da cabeça	42,0	39,0	46,0	40,0	55,0	50,0
C – Espaço para as pernas (e pés)	98,0	112,0	104,0	109,0	100,0	110,0
D – Espaço para os joelhos	68,0	73,0	86,0	98,0	70,0	75,0
E – Painel frontal à altura do descanso dos braços	32,0	36,0	102,0	108,0	87,0	89,0
Largura cabine	86,0		97,0		100,0	
Comprimento cabine	120,0		162,0		145,0	
Dist. pedais até carcaça	20,0		26,0		22,0	
Dist.banco até a carcaça	21,0d	21,0e	15,0d	25,0e	26,0d	23,0e

d= direita; e= esquerda

Para que a altura livre da cabine seja considerada adequada, o Skogforsk (1999) sugere um espaço de 180 cm, as medidas de todas as máquinas foram inferiores a recomendada, no entanto pode-se estimar para este espaço a soma da medida do operador mais alto sentado (S) somada com a altura do chão até as nádegas do maior operador (Q), além desta medida deve-se adicionar mais espaço, 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. O espaço adicional requerido é de, pelo menos, 15 cm. Entretanto, para os operadores mensurados estas diferenças não constituem em problemas, pois, se utilizarmos os maiores valores das variáveis $S+Q+15$ cm teremos um valor aproximado de 157 cm o que para os operadores analisados neste levantamento as alturas das cabines estariam adequadas.

Para o espaço para as pernas e pés a norma sueca aconselha utilização de 115 cm, as medidas de todas as máquinas mensuradas foram inferiores a este valor, 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 poplíteia (H1) o que para esta amostra o valor estimado seria de 95 cm. Assim o operador analisado nesta pesquisa, dispõe de mais espaço pra pernas e pés nos tratores analisados.

Para o espaço dos joelhos a norma sugere a utilização de 70 cm, das máquinas analisadas somente uma medida se encontra dentro do recomendado. Para estimar este valor se utiliza a medida antropométrica coluna Joelho (Y) acrescida de um espaço de pelo menos 20 cm, onde a cabine ideal deveria ter pelo menos 88 cm para atender a esta gama de operadores brasileiros, já que para os operadores analisados a maior é de 68 cm tornando-se inadequado para o espaço dos joelhos as cabines analisadas.

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 se encontram dentro do valor mínimo.

4.2.2. Controles e visibilidade

Tabela 6 – Controles e visibilidade da cabine dos “Feller-Bunchers” analisados

Medidas	Timberjack 608L	Valmet 425EXL	John Deere 759C
comprimento x largura do painel controle (cm)	73,0x9,0	93,0x13,0	52,0x13,0
Numero de funções (un)	26	29	26
Visibilidade frontal (cm)	72,0x95,0	83,0x111,0	86,0x102,0
Visibilidade lateral direita (cm)	----	81,0x120,0	----
Visibilidade lat. Esquerda (cm)	68,0x95,0	----	80,0x93,0
“joysticks” ao PRA (cm)	44,0	58,0	54,0

O Valmet 425EXL possui um painel de controle mais amplo que os outros tratores mensurados. Para o número de funções tem-se esta máquina com o maior número, todos estes controles mensurados são de instrumentos acionados com as mãos (Tabela 6).

Para a visibilidade segundo Skogforsk (1999), o operador deve ter uma visão livre da zona de operação sem ter que ajustar sua postura. Isto significa, por exemplo, que a cabeça não deve ser virada mais do que 30° para os lados e nem se inclinar mais do que 5° para cima ou 25° para baixo. Os vidros das janelas devem ser fáceis de manter limpos e devem ser equipados com limpadores e lavadores que cubram a área total do vidro. Grades protetoras não devem constituir obstáculos para manter a janela limpa. O trator Valmet 425EXL possui melhor área de visibilidade seguido do John Deere 759C e Timberjack 608L.

Os tratores “*Feller-Bunchers*” possuem problema de visibilidade para o operador em vários lados de dentro da máquina. Na frente do trator existem grades de proteção do pára-brisa contra queda de galhos e de um dos lados o cabeçote de corte (Timberjack 608L e John Deere 759C do lado direito e Valmet 425EXL lado esquerdo), que pode estar vazio ou carregado de árvores.

Também as partículas em suspensão provenientes de fragmentos do corte das árvores pelo disco de corte associam-se a poeira do ambiente juntamente com o orvalho no pára-brisa em noites frias dificultando a visibilidade.

Os tratores analisados possuem faróis em linha, o Timberjack 608L possui somente três faróis na parte superior frontal dificultando a visão dos operadores no trabalho noturno. Já o Valmet 425EXL possui um total de dez faróis, oito localizados na parte frontal da máquina e dois na lateral. O John Deere 759C possui seis faróis sendo cinco localizados na parte frontal da máquina, dois inferiores e 3 na parte superior.

4.2.3. Posicionamento visual dos instrumentos

Nas Figuras de 17 a 22, faz-se a representação de distribuição visual dos comandos onde se utilizou a posição de assento extremo para representação.

A utilização do símbolo da função marcado sobre cada comando, ou em proximidades, condiciona a facilidade de acionamento e esforços que o operador necessita fazer para o entendimento da tarefa.

Os pedais não devem obstruir os acessos. Sua superfície deve ser antideslizante e seu movimento mais paralelo possível. Os pedais de deslocamento devem cumprir sua função sem precisar de grandes esforços. Recomenda-se que os esforços necessários para acionar os comandos estejam de acordo com sua posição relativa e a forma de atuação.

4.2.3.1. “Feller-buncher” Timberjack 608L

Na Tabela 7 é apresentada a avaliação espacial das coordenadas x-y e x-z, dos vinte e seis (100%) comandos avaliados nas respectivas posições do assento mostrados na Figura 17.

Tabela 7. Distribuição espacial dos vinte e seis comandos do “Feller-Buncher” Timberjack 608L na avaliação espacial das coordenadas x-y e x-z

Timberjack 608L Conceito	Posicionamento do assento	
	Próximo	Extremo
Ótimo	10 (38,4%)	7 (26,9%)
Muito bom	5 (19,2%)	----
Bom	4 (15,4%)	5 (19,2%)
Regular	2 (07,8%)	1 (03,9%)
Ruim	5 (19,2%)	13 (50,0%)
Total	26 (100,0%)	26 (100,0%)

Analisando-se a distribuição espacial do posicionamento dos comandos com o assento nas duas regiões avaliadas, observa-se que os principais comandos utilizados durante a jornada de trabalho, no caso os

“joysticks”, indiferente do posicionamento do assento, receberam o conceito de “ótimo”, fato explicado por estarem fixos ao assento da máquina. (Figura 18)

Para o posicionamento de assento próximo, o que é pouco comum para esta máquina que tem o espaço restrito, a maioria dos comandos (38,4%) receberam o conceito “ótimo”, encontram-se os “joysticks” de comando do cabeçote de corte do lado esquerdo e direito, luz de advertência do nível óleo do hidráulico, luz de filtro óleo do hidráulico, pressão óleo hidráulico, nível do líquido de refrigeração, luzes frontais, luzes laterais, controle do freio balanço e controle de velocidade. Nenhum comando na posição “extremo” recebeu o conceito muito bom, esta posição de assento é a mais comum utilizada por mais de 90% dos operadores, uma vez que o posicionamento do assento próximo reduz muito o espaço para as pernas.

O pedal esquerdo e direito (deslocamento para frente e trás) receberam conceito “ruim” nas duas situações avaliadas, exigindo um esforço adicional para que o operador consiga manipulá-los. 50% dos comandos receberam conceito “ruim” com a posição extremo. Ressalta-se, porém, que a maioria dos comandos contidos neste conceito, a não ser os pedais esquerdo e direito, são instrumentos medidores, luzes de advertência e indicadores não necessitando acionamento, mas, somente observação.

Observa-se que para o posicionamento do assento localizado em “próximo” e “extremo”, existe uma diferença na distribuição dos comandos, quando se considera a somatória dos conceitos “ótimo”, “muito bom” e “bom”, a maior porcentagem foi obtida com o posicionamento em próximo (73%).

Tabela 8 – Localização no campo visual das onze funções visuais no painel do “*Feller-Buncher*” Timberjack 608L.

Timberjack 608L Conceito	Posicionamento do assento	
	Próximo	Extremo
Ótimo	----	----
Muito bom	----	----
Bom	----	1 (09,0%)
Regular	3 (27,2%)	6 (54,5%)
Ruim	8 (72,8%)	4 (36,5%)
Total	11 (100,0%)	11 (100,0%)

Considerando a área de ótima e máxima visão dos instrumentos luzes de advertência e medidores (Tabela 8), observou-se um campo visual diferenciado em função do posicionamento do assento. Para o posicionamento próximo 27,2% obtiveram o conceito regular e 72,8% conceito ruim. Para o posicionamento extremo apenas 9,0% receberam conceito bom, 54,5% regular e 36,5% ruim. O posicionamento extremo do assento nesta máquina facilita a visualização dos instrumentos e medidores, porém dificulta o acionamento de comandos como foi comentado anteriormente.

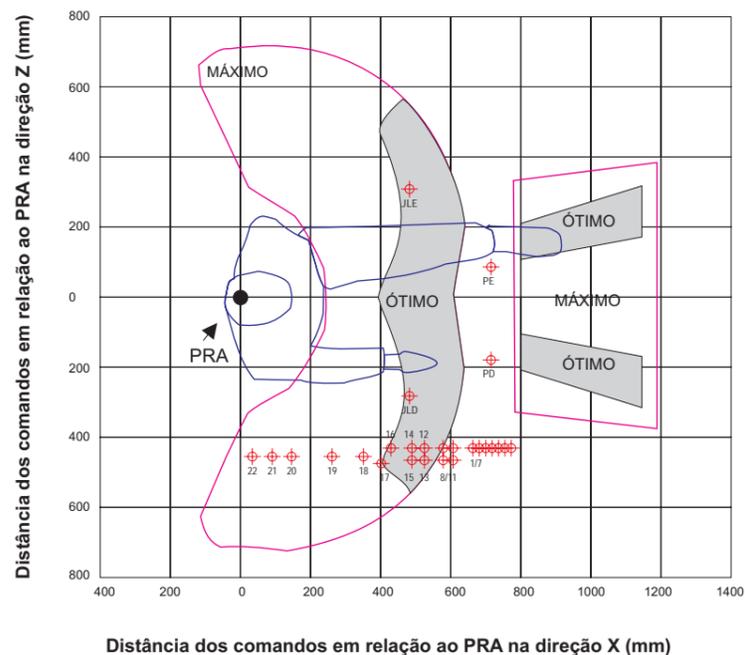
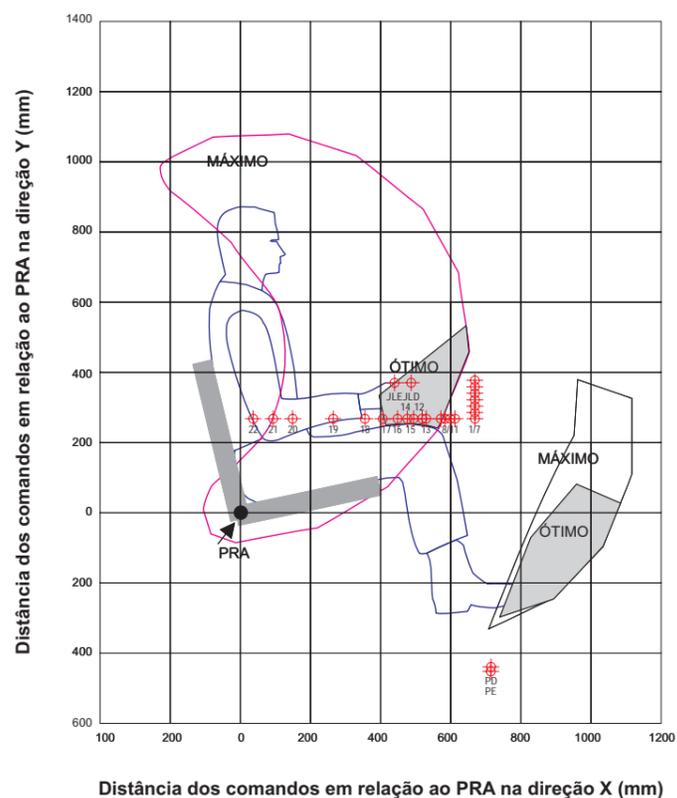


Figura 17 - Localização dos órgãos de comandos do "Feller-Buncher" Timberjack 608L, nas três dimensões

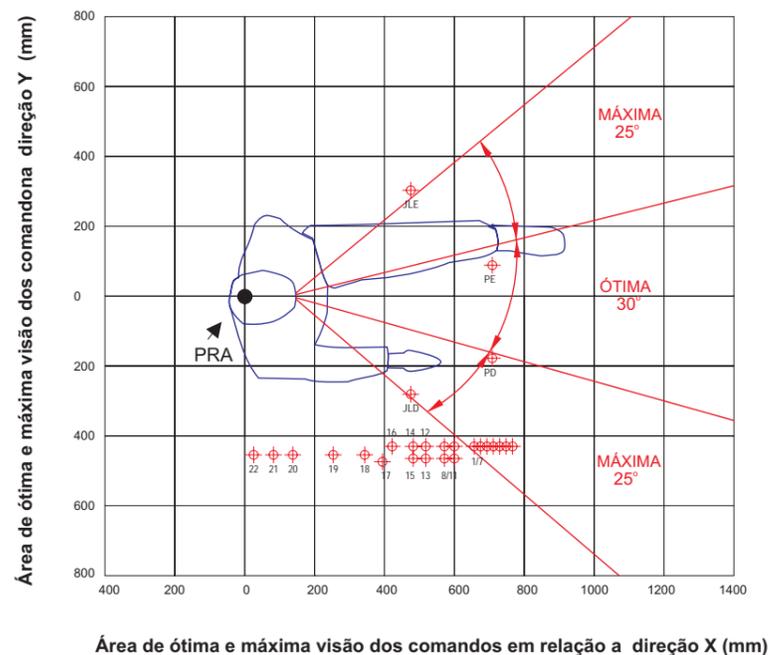
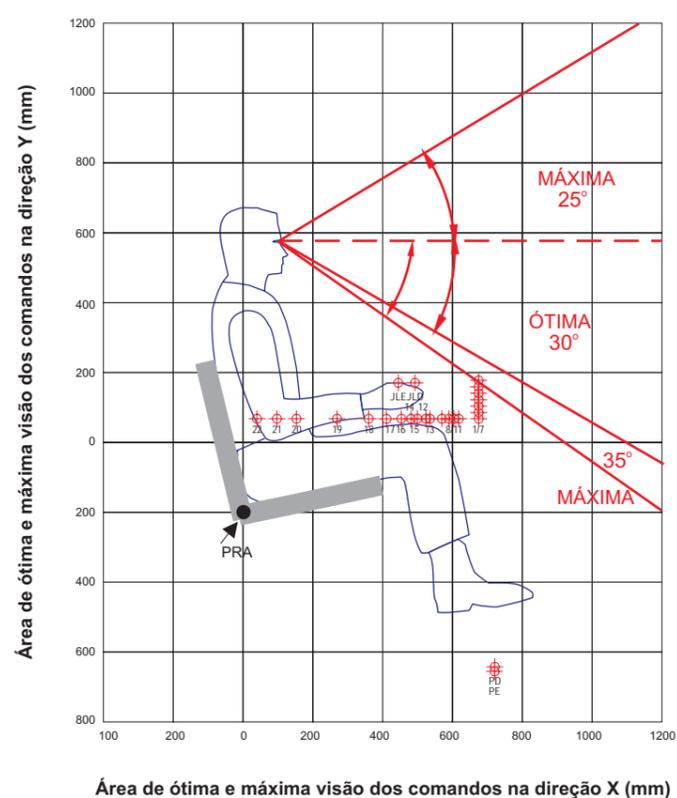


Figura 18 - Área de visão ótima e máxima de comandos do "Feller-Buncher" Timberjack 608L

1. Tacômetro
2. Temperatura água
3. Pressão Óleo motor
4. Temperatura óleo no hidráulico
5. Bateria
6. Nível combustível
7. Contador horas
8. Luz de advertência do nível óleo do hidráulico
9. Luz filtro óleo do hidráulico
10. Luz pressão óleo hidráulico
11. Luz Nível do líquido de refrigeração
12. Faróis frontais
13. Faróis laterais
14. Controle cabeçote
15. Controle de velocidade
16. Anula operação
17. Ignição
18. Liga e desliga serra corte
19. Alavanca de controle de deslocamento
20. Ar condicionado
21. Ventilador
22. Regulador temperatura
- JLD Joystick lado direito
- JLE Joystick lado esquerdo
- PD Pedal Direito
- PE Pedal esquerdo

Instituição:	UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA		Departamento:	Departamento de Engenharia Agrícola		
Desenho:	Andréia Bordini de Brito		Orientador:	Haroldo Carlos Fernandes	Data:	12/2006
Descrição:	Prancha de Distribuição de Comandos "Feller-Buncher" Timberjack 608L				Página:	78

4.2.3.2. “Feller-Buncher” Valmet 425EXL

Em relação à distribuição dos vinte e nove (100%) comandos nas duas posições de assento (Tabela 9), observa-se que em ambas as posições de assento a maioria dos comandos receberam conceito ruim, 44,8% em assento próximo e 55,1% em extremo. Pode-se perceber que o tamanho da cabine do Valmet 425EXL, em relação às outras máquinas analisadas, é bem maior explicando assim o distanciamento dos comandos, fato este, que poderiam vir a ocasionar algum desconforto para o operador durante a operação (Figura 19).

Nenhum comando foi classificado como ótimo em nenhuma das posições de assento. Observa-se que os principais comandos utilizados durante a jornada de trabalho, no caso os “*joysticks*”, indiferente do posicionamento do assento, receberam o conceito de “bom”, mesmo estes estando fixos ao assento da máquina.

Comparando a distribuição espacial dos comandos conforme o posicionamento do assento, observa-se que, com o posicionamento em próximo, 48,2% dos mesmos conseguiram conceitos entre muito bom e bom, em posição extremo foram 34,5% do total dos comandos.

Tabela 9 – Distribuição espacial dos vinte e nove comandos do “Feller-Buncher” Valmet 425EXL na avaliação espacial das coordenadas x-y e x-z

Valmet 425EXL Conceito	Posicionamento do assento	
	Próximo	Extremo
Ótimo	----	----
Muito bom	5 (17,2%)	1 (03,5%)
Bom	9 (31,0%)	9 (31,0%)
Regular	2 (07,0%)	3 (10,4%)
Ruim	13 (44,8%)	16 (55,1%)
Total	29 (100,0%)	29 (100,0%)

Analisando a distribuição espacial dos instrumentos, medidores e luzes de advertência (Tabela 10), observou-se que no posicionamento de assento próximo, sete (77,8%) dos nove comandos encontram-se com

conceito bom. Para o posicionamento extremo os indicadores receberam distribuição uniforme em cada um dos conceitos bom, regular e ruim, ou seja, 33,3% (Figura 20).

Tabela 10 – Localização no campo visual das nove funções visuais no painel do “*Feller-Buncher*” Valmet 425EXL.

Valmet 425EXL Conceito	Posicionamento do assento	
	Próximo	Extremo
Ótimo	----	----
Muito bom	----	----
Bom	7 (77,8%)	3 (33,3%)
Regular	1 (11,1%)	3 (33,3%)
Ruim	1 (11,1%)	3 (33,3%)
Total	9 (100,0%)	9 (100,0%)

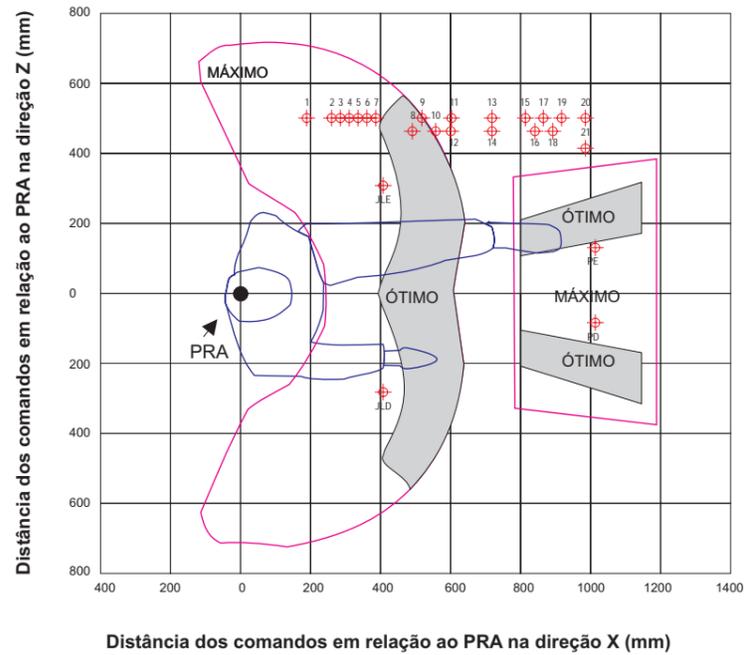
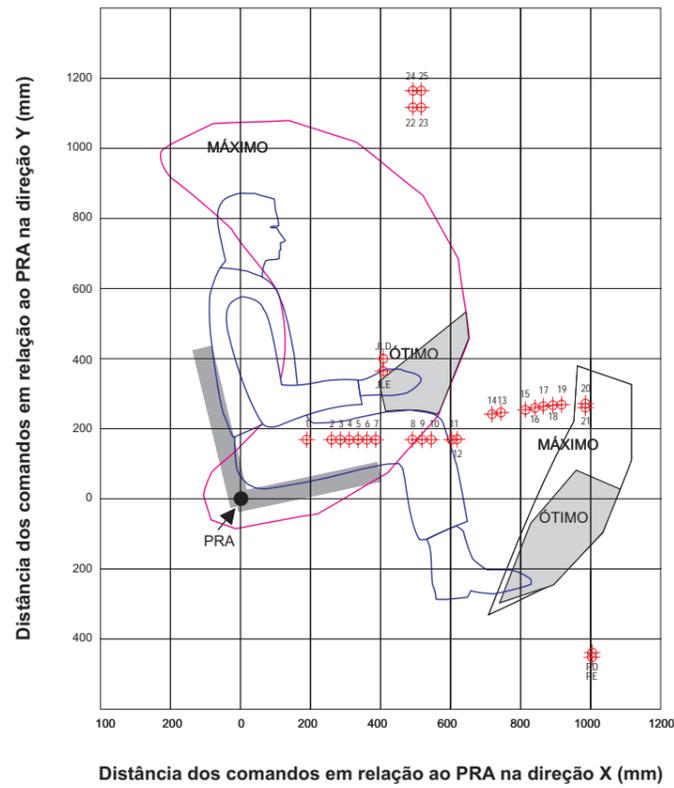


Figura 19 - Localização dos órgãos de comandos do "Feller-Buncher" Valmet 425EXL, nas três dimensões

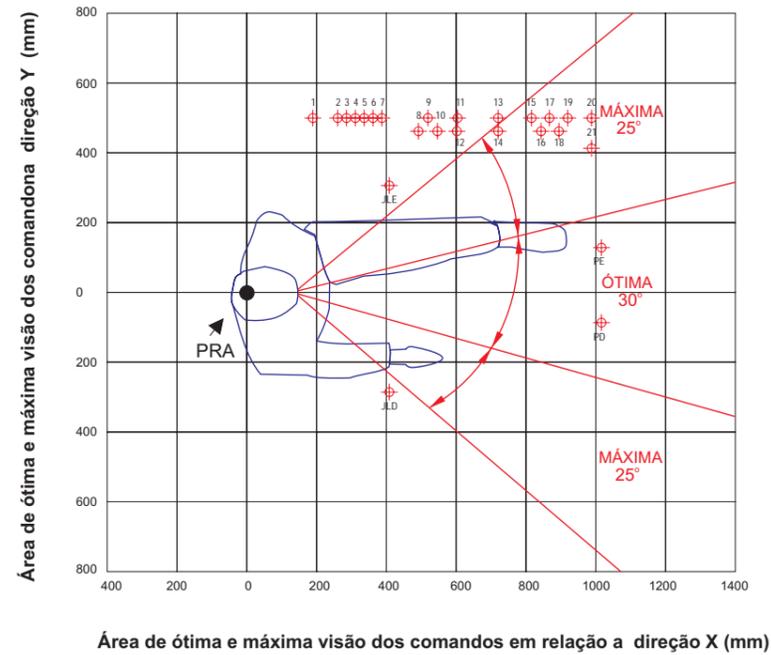
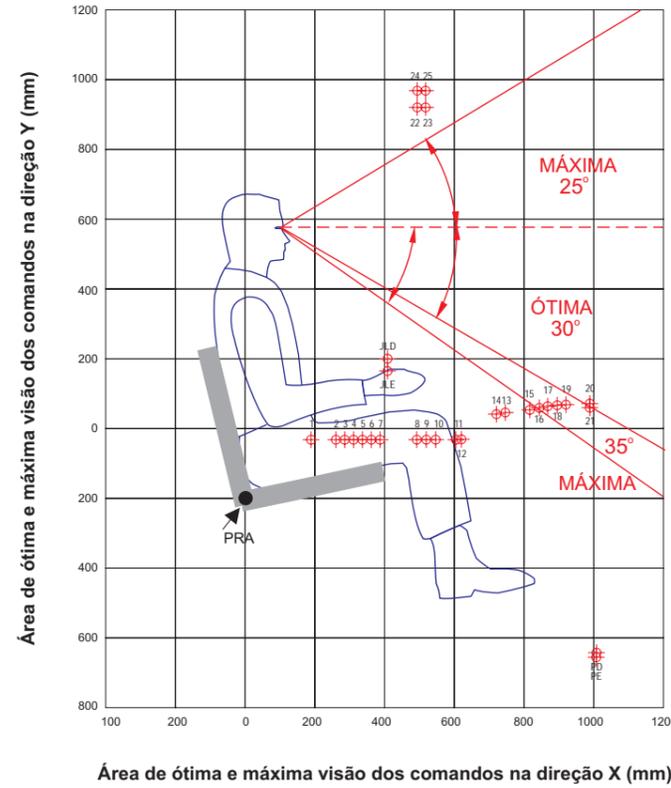


Figura 20 - Área de visão ótima e máxima de comandos do "Feller-Buncher" Valmet 425EXL

1. Contador de horas
2. Flúidos
3. Disco Serra
4. Faróis
5. Faróis
6. Auxiliar aquecedor cabine
7. Auxiliar refrigeração óleo
8. Carga de reforço
9. Carga de reforço
10. Carga de reforço
11. Alarme
12. Ignição
13. Luz óleo do Hidráulico/Bateria
14. Acionamento de parada
15. Temperatura água
16. Tacômetro
17. Temperatura Hidráulica
18. Hidráulico
19. Temperatura motor
20. Armar sistema
21. Luz de advertência de sobrecarga sistema
22. Ventilador
23. Regulagem ar quente
24. Ar condicionado
25. Regulagem ar frio
- JLD Joystick lado direito
- JLE Joystick lado esquerdo
- PD Pedal Direito
- PE Pedal esquerdo

Instituição:	UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA		Departamento:	Departamento de Engenharia Agrícola		
Desenho:	Andréia Bordini de Brito		Orientador:	Haroldo Carlos Fernandes	Data:	12/2006
Descrição:	Prancha de Distribuição de Comandos "Feller-Buncher" Valmet 425EXL				Página:	81

4.2.3.3. “Feller-Buncher” John Deere 759C

Analisando-se o “Feller-Buncher” John Deere 759C em relação ao posicionamento espacial dos comandos nas duas posições do assento, observa-se que dos vinte e seis comandos, seis (23,2%) foram classificados como “bom” (Tabela 11). Os principais comandos de operação da máquina os “joysticks”, em ambas as posições de assento receberam conceito ótimo, estes se encontram fixos ao assento da máquina. Dos outros comandos que receberam o conceito ótimo destacam-se o comando de rotação do motor, de acionamento de parada, acionamento de grua e para posicionamento próximo e extremo o acionamento do disco de corte. O pedal esquerdo e direito receberam o conceito “ruim” nas duas situações avaliadas, exigindo um esforço maior para o acionamento por parte do operador.

Observando-se a distribuição espacial dos comandos, constatou-se que 46,2% receberam conceito de “ótimo”, “muito bom” e “bom” para assento posicionado em extremo e 38,5% em próximo. No entanto, 46,1% dos comandos receberam conceito “ruim” para assento posicionado em extremo e 50% em próximo. Apesar da quantidade de comandos que receberam conceito classificado “ruim” há de se considerar que a maioria destes comandos são luzes de advertência, indicadores e mostradores comandos de visualização de tarefa e não de acionamento (Figura 21).

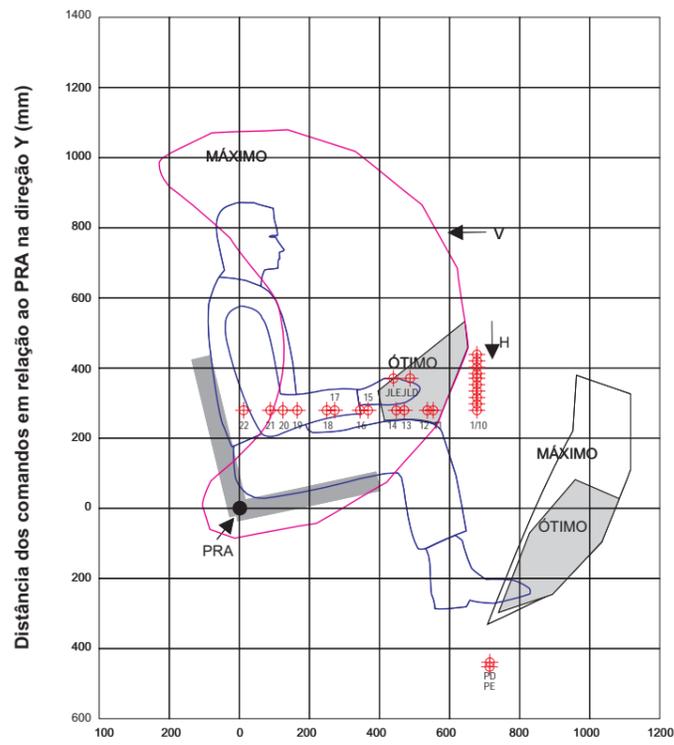
Tabela 11 – Distribuição espacial dos vinte e seis comandos do “Feller-Buncher” John Deere 759C na avaliação espacial das coordenadas x-y e x-z

John Deere 759C Conceito	Posicionamento do assento	
	Próximo	Extremo
Ótimo	4 (15,3%)	3 (11,5%)
Muito bom	----	3 (11,5%)
Bom	6 (23,2%)	6 (23,2%)
Regular	3 (11,5%)	2 (07,7%)
Ruim	13 (50,0%)	12 (46,1%)
Total	26 (100,0%)	26 (100,0%)

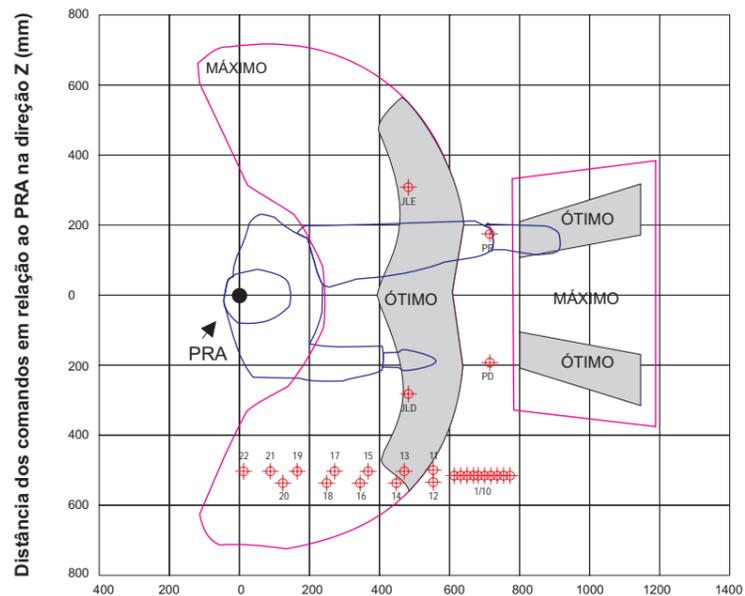
Considerando a área de ótima e máxima visão dos instrumentos no campo visual como o posicionamento de assento nas duas posições em estudo (Tabela 12), observa-se que com o assento na posição próxima 90% dos medidores e luzes de advertência receberam conceito ruim. No posicionamento extremo 40% dos medidores e luzes de advertência receberam conceito bom, e 60% ruim. Todas as luzes de advertência, instrumentos e mostradores estavam posicionados à lateral direita do operador (Figura 22).

Tabela 12 – Localização no campo visual das dez funções visuais no painel do “*Feller-Buncher*” John Deere 759C.

John Deere 759C Conceito	Posicionamento do assento	
	Próximo	Extremo
Ótimo	----	----
Muito bom	----	----
Bom	----	4 (40,0%)
Regular	1 (10,0%)	----
Ruim	9 (90,0%)	6 (60,0%)
Total	10 (100,0%)	10(100,0%)

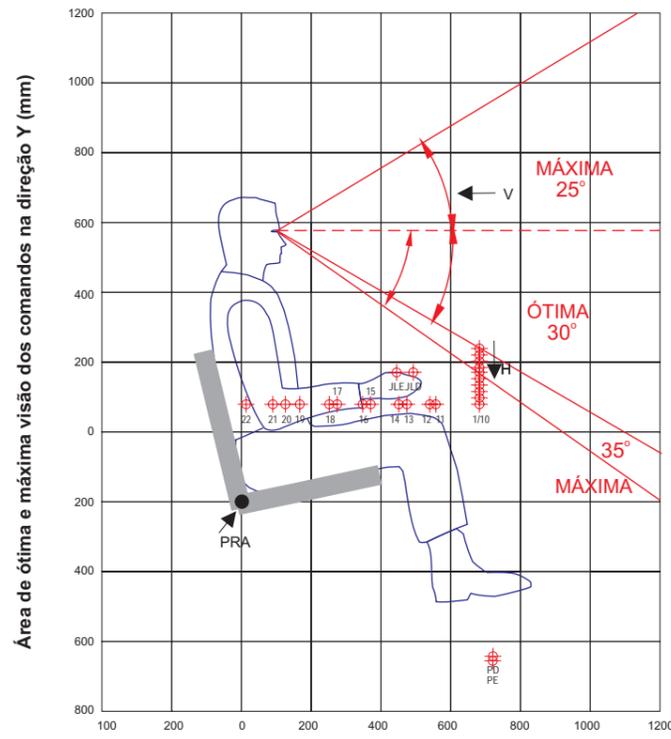


Distância dos comandos em relação ao PRA na direção X (mm)

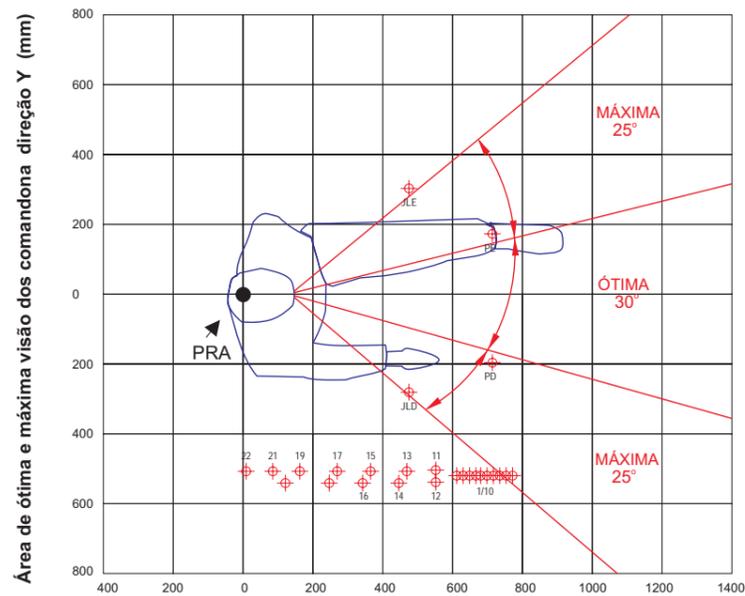


Distância dos comandos em relação ao PRA na direção X (mm)

Figura 21 - Localização dos órgãos de comandos do "Feller-Buncher" John Deere 759C, nas três dimensões



Área de ótima e máxima visão dos comandos na direção X (mm)



Área de ótima e máxima visão dos comandos em relação a direção X (mm)

Figura 22 - Área de visão ótima e máxima de comandos do "Feller-Buncher" John Deere 759C

1. Indicador de restrição de filtro de ar
 2. Óleo do hidráulico
 3. Bateria e restrição filtro de ar
 4. Atenção
 5. Tacômetro
 6. Temperatura motor
 7. Indicador
 8. Temperatura água no motor
 9. Combustível
 10. Contador de horas
 11. Rotação motor
 12. Parada
 13. Acionamento grua
 14. Hidráulico
 15. Controle som alerta
 16. Buzina
 17. Controle balanço
 18. Controle de velocidade
 19. Ventilador
 20. Ar condicionado
 21. Regulador temperatura
 22. Ignição
- JLD Joystick lado direito
 JLE Joystick lado esquerdo
 PD Pedal Direito
 PE Pedal esquerdo

Instituição:	UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA		Departamento:	Departamento de Engenharia Agrícola		
Desenho:	Andréia Bordini de Brito		Orientador:	Haroldo Carlos Fernandes	Data:	12/2006
Descrição:	Prancha de Distribuição de Comandos "Feller-Buncher" John Deere 759C				Página:	84

4.2.3.4. Análise comparativa entre os modelos de “*Feller-Buncher*”

Os resultados da localização dos comandos com o assento na posição extremo (mais utilizada pelos operadores estudados) (Tabelas 7, 9, 11 da análise das três máquinas), foram agregados em dois únicos conceitos mais amplos : A (“ótimo”, “muito bom” e “bom”) e B (“regular” e “ruim”) Tabela 13.

Tabela 13. Avaliação da localização dos comandos (%) com o assento localizado na posição “extremo” .

“ <i>Feller-Bunchers</i> ”	Conceito	
	A ^(*)	B ^(**)
Timberjack 608L	46,1	53,9
Valmet 425EXL	34,5	65,5
John Deere 759C	38,5	61,5

(*) A = (“ótimo”, “muito bom” e “bom”)

(**) B = (“regular” e “ruim”)

Do ponto de vista ergonômico, foi levantada a hipótese que o “*Feller-Buncher*” John Deere 759C seria a máquina melhor projetada por ser a máquina mais nova, contudo de acordo com a avaliação feita neste estudo esta hipótese foi descartada. Com base nos dados da Tabela 13, o Timberjack 608L foi o que apresentou a maior porcentagem dos comandos bem localizados, seguido do John Deere 759C e por último o Valmet 425EXL

Observa-se ainda que em todas as máquinas avaliadas a porcentagem de comandos que se encontram localizados em posições “regular” e “ruim” eram, na maioria das vezes, interruptores de farol de trabalho, ar condicionado entre outros, geralmente pouco acionados durante a jornada de trabalho.

Quanto à localização no campo visual das luzes de advertência e mostradores, as Tabelas 8, 10, 12 foram sintetizadas na Tabela 14, com o posicionamento de assento localizado na posição extrema.

Tabela 14 – Avaliação da localização das luzes de advertência e mostradores (%) com o assento localizado na posição “extremo” .

“Feller-Bunchers”	Conceito	
	A^(*)	B^(**)
Timberjack 608L	9,0	91,0
Valmet 425EXL	33,3	66,7
John Deere 759C	40,0	60,0

(*) A = (“ótimo”, “muito bom” e “bom”)

(**) B = (“regular” e “ruim”)

Na Tabela 14, observa-se que nenhuma das máquinas avaliadas apresentou distribuição visual satisfatória das luzes de advertência e mostradores, a máquina com melhores resultados foi o John Deere 759C, seguido do Valmet 425EXL e Timberjack 608L.

Os resultados obtidos com as avaliações foram comparados entre si, a fim de gerar subsídios para o projeto proposto neste estudo, visando buscar o aperfeiçoamento da maquinaria florestal, priorizando a ergonomia como parte integrante desta tecnologia. Neste caso, o “*Feller-Buncher*” Timberjack 608L apresenta a melhor distribuição de comandos, de acordo com o biótipo da amostra de operadores considerados neste estudo e o John Deere 759C apresenta melhor distribuição de luzes e mostradores.

4.2.4. Acesso ao posto de trabalho

As dimensões das variáveis de acesso aos “*Feller-Bunchers*” estão apresentados na Figura 23 e Tabela 15.

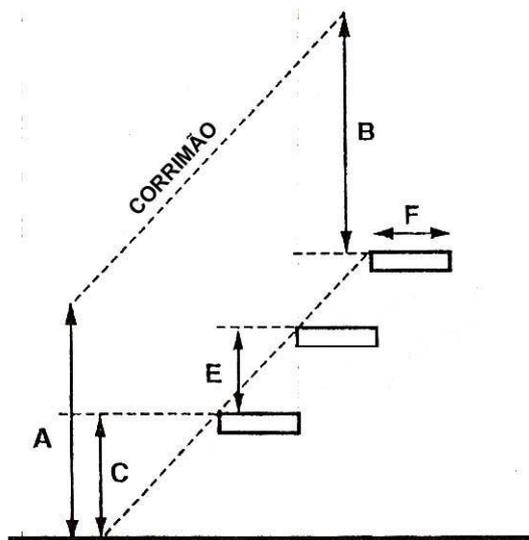


Figura 23 – Variáveis de acesso

Tabela 15 – Dimensões das variáveis de acesso dos “*Feller-Bunchers*” estudados com relação aos dados da norma NBR-ISO 4252 (2000) e Skogforsk (1999).

Medidas em cm	Timberjack 608L	Valmet 425EXL	John Deere 759C	NBR-ISO 4252	Skogforsk (1999)
A Solo para corrimão	180,0	190,0	194,0	----	120,0
B Degrau para corrimão	155,0	135,0	194,0	----	85,0
C Solo para primeiro degrau (min)	58,0	55,0	59,0	≤ 50	35,0
E Elevação (esteira)	56,0	44,0	84,0	----	25,0
F Profundidade mínima (degrau)	9,0	10,0	9,0	≥15,0	20,0
Largura mínima do degrau	47,0	45,0	46,0	≥20,0	----
Altura máxima porta	150,0	145,0	162,0	----	----
Maior largura porta	84,0	90,0	85,0	≥47	----
Menor largura porta	75,0	83,0	62,0	≥15	----
Ângulo abert. total porta*	110°	80°	80°	----	----

* medida em ângulo

O acesso aos “*Feller-Bunchers*” pode ser feito somente por um dos lados da máquina, para o Timberjack 608L e o John Deere 759C o acesso é feito pelo lado esquerdo, oposto ao lado do cabeçote de corte. Já para o Valmet 425EXL o acesso se dá pelo lado direito. Para todas as máquinas a saída de emergência é na janela traseira da cabine. O primeiro degrau em todas as máquinas é na própria esteira de rolagem dificultando o primeiro acesso às máquinas e tornando arriscada a operação. O

posicionamento do primeiro degrau em todas as máquinas se encontra acima dos padrões das normas utilizadas para comparação.

Segundo as diretrizes do Skogforsk (1999) os degraus devem ser mantidos limpos, o que não acontece com as referidas máquinas, que tem seus degraus com terra acumulada, prejudicando o equilíbrio necessário ao operador. A profundidade mínima dos degraus também se encontra fora das normas em todas as máquinas dificultando o posicionamento do pé de apoio do operador. É necessário também, em todas as máquinas, a realização de um grande esforço para abrir e fechar a porta das máquinas, em virtude da presença do amortecedor. O acesso ao Timberjack 608L foi considerado ruim em virtude da altura e profundidade dos degraus e também por possuir somente uma barra de apoio para subida. Já os tratores Valmet 425EXL e John Deere 759C possuem o acesso mais facilitado contando com três barras de apoio cada. Silva et al., (2003) ao analisar o trator florestal Timberjack 608 L constatou que o mesmo se encontra fora dos padrões ergonomicamente aceitos.

4.2.5. Assento do posto de trabalho

O levantamento dos dados das variáveis dos assentos dos tratores mensurados se encontra na Tabela 16, em comparação com os valores indicados com base nas medidas antropométricas dos operadores analisados. Um dos requisitos mais importantes a ser satisfeito consiste em assegurar que o operador fique em uma posição confortável sem ter que modificar sua posição de trabalho e ser obrigado a manobrar simultaneamente dois comandos, colocados diante dele, em posições extremas. O assento deve ter ajuste em altura, distância e comprimento. A inclinação assento/encosto deve ser ajustável de 90 a 110 graus (Skogforsk, 1999).

Tabela 16 – Levantamento de dados das variáveis dos assentos dos “*Feller-Bunchers*” e valores indicados de acordo com o levantamento antropométrico da população de operadores mensurados.

Itens de inspeção Assento	Timberjack 608L	Valmet 425EXL	John Deere 759C	Valores indicados (cm)
Assento estofado	sim	sim	sim	----
Altura do assento mínimo (cm)	55,0	44,0	40,0	45,0
Altura do assento máximo (cm)	61,0	44,0	49,0	50,0
Acionamento fácil de regul. altura	não	não possui	não	----
Posicionamento assento próximo	71,0	86,0	75,0	----
Posicionamento assento extremo	75,0	98,0	80,0	----
Largura do Assento (cm)	48,0	44,0	45,0	41,0
Comprimento do assento (cm)	44,0	45,0	45,0	40,0
Forma assento (plana, cônc. conv.)	côncava	plana	côncava	----
Borda anterior arredondada	sim	sim	sim	----
Inclinação do assento	não	não	15°	----
Material de revestimento (tipo, cor)	estofado cinza	curvim preto	estofado preto	----
Encosto				
Largura do encosto (cm)	45,0	47,0	48,0	42,0
Altura do encosto (cm)	55,0	58,0	72,0	55,0
Tipo de apoio dorsal (só lombar, mediano, apoio de todo dorso)	total + cabeça	todo dorso	total + cabeça	----
Forma de apoio dorsal (convexo, plano, acomp. curvatura da coluna)	côncavo	côncavo	côncavo	----
Assento- Encosto				
Possui espaço livre entre assento encosto	não	não	1,0	----
Ângulo assento encosto (cm)	95°	95°	100°	90°-110°
Apoio braços				
Altura do apoio (cm)	37,0	16,0	30,0	13,0-30,0
Largura do apoio (cm)	13,0	11,0	9,0	----
Comprimento do apoio (cm)	22,0	36,0	22,0	27,0
Apoio fixo/móvel	móvel	móvel	móvel	----
Tipo de mobilidade frente/lado/vertical/horizontal	lado/ frente	pouca	frente vertical	----
Tipo de revestimento	estofado	curvim	curvim	
Inclinação do apoio (°)	10°	20°	10°	
Presença de batente para o apoio	sim	sim	sim	
Base do assento				
Formato da base do assento	trapézio	quadrado	quadrado	
Material da base	aço	aço	aço	
Base móvel ou fixa ao chão	fixa	fixa	fixa	
Estabilidade da base	estável	estável	estável	

Nenhum dos tratores mensurados possui ajuste de altura de assento dentro dos valores indicados com base nas medidas antropométricas dos operadores analisados. A largura e o comprimento de todos os assentos são acima do valor indicado. Para determinação das

variáveis de altura, comprimento e largura de assento tomam-se como referência as medidas antropométricas da altura e largura poplíteia e largura dos quadris, respectivamente.

Somente o trator Timberjack 608L tem o encosto com a altura dentro do indicado. Os demais estão com encosto alto. A largura de todos os encostos está acima do indicado. Para largura do encosto a variável antropométrica é a largura do quadril no percentil 95%

Segundo Skogforsk (1999) o recomendado é que o ângulo assento-encosto tenha variação, no caso todas as máquinas mensuradas possuem ângulo fixo. A altura de descanso para os braços deve ser variável. As máquinas analisadas que possuem o assento com este descanso encontram-se fora das dimensões estabelecidas. O comprimento do descanso de braços do Timberjack 608L e do John Deere 759C é menor que o indicado em todas as máquinas.

Os suportes de braço de todas as máquinas oferecem apoio, não restringindo os movimentos, podendo-se classificar como ergonomicamente bom nesse aspecto, segundo as diretrizes ergonômicas.

Todos os assentos permitem uma variação da distância em relação ao painel, em função do deslizamento, da base do assento, em trilhos.

4.2.6. Ruído

Na avaliação dos “*Feller-Bunchers*”, parados, com a cabine fechada, ar-condicionado ligado e com o motor na máxima rotação, obteve-se um nível de ruído interno de 75, 76 e 76 dB (A) respectivamente para os três tratores analisados. Em ciclo operacional de corte, deslocando carregado, basculando as árvores e deslocando sem carga para o Timberjack 608L foi de 77 dB (A), 77 dB (A), 79 dB (A) e 75 dB (A) respectivamente já para o Valmet 425EXL foi de 77 dB (A), 76 dB (A), 76dB (A), 76 dB (A), e para o John Deere 759C foi de 79 dB (A), 78

dB (A), 78 dB (A), 77dB (A), todos dentro do valor permitido pela NR – 15 para oito horas de trabalho. Tabela 17.

Os operadores dos “*Feller-Bunchers*”, de qualquer forma, recebem da empresa florestal protetores auriculares para utilização durante as operações visando minimizar os efeitos causados pelos níveis de ruído.

Tabela 17 – Níveis de ruído interno (dB (A)) com máquina parada e em ciclo operacional de corte

dB (A)	Timberjack 608L	Valmet 425EXL	John Deere 759C
Maquina parada em funcionamento	75	76	76
Em ciclo operacional de corte	77	77	79
Deslocando carregado	77	76	78
Basculando as árvores	79	76	78
Deslocamento sem carga	75	76	77

4.2.6.1. Nível de ruído em função do lado e do raio de afastamento do trator (externo).

Com as máquinas paradas, o motor e o disco de corte na máxima rotação, os níveis de ruídos externos emitidos a 1 e a 10 m de distância, nos quatro lados dos tratores estas descritas nas Tabelas 18, 19 e 20.

No Timberjack 608L e John Deere 759C os lados que emite maior nível de ruído são os da parte frontal e direita, em virtude do posicionamento do motor e escapamento nestes modelos de máquinas. Já no Valmet 425EXL os lados que emitem maior nível de ruído são o frontal e esquerdo, também em função do posicionamento do motor e do escapamento. Para o Timberjack 608L e John Deere 759C observa-se um aumento dos valores de ruído em 4 metros de distância isto se dá em função da aproximação ao disco de corte que estava em máxima rotação.

Pode-se notar que as medições nas três máquinas monitoradas mostraram que o nível de ruído se encontra acima dos 85 dB (A) permitidos.

Tabela 18 – Variação dos níveis de ruído dB (A) em função do lado e do raio de afastamento do Timberjack 608L

Timberjack 608L	Raio de afastamento (m)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Posição máquina										
Frontal	95,3	96,3	99,2	<u>100,2</u>	97,4	96,8	97,1	96,3	96,7	95,6
Direito	97,0	95,1	94,3	93,8	93,2	92,2	91,2	90,7	90,1	89,3
Esquerdo	89,4	86,7	85,5	84,8	84,7	84,1	82,4	82	80,9	79,9
Traseiro	89,0	89,6	89,9	89,2	87,3	86,2	85,1	84,7	84,6	83,5

Tabela 19 – Variação dos níveis de ruído dB (A) em função do lado e do raio de afastamento do Valmet 425EXL

Valmet 425EXL	Raio de afastamento (m)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Posição máquina										
Frontal	97,0	96,6	96,1	94,3	94,1	91,5	89,6	89,0	88,3	87,3
Direito	90,6	90,9	89,9	88,9	87,5	85,5	83,8	83,2	83,2	83,2
Esquerdo	98,2	96,2	94,7	94,0	93,1	92,3	91,5	90,5	89,1	88,1
Traseiro	89,3	87,6	87,3	86,7	86,0	87,0	84,1	81,3	80,1	79,3

Tabela 20 – Variação dos níveis de ruído dB (A) em função do lado e do raio de afastamento do John Deere 759C.

John Deere 759C	Raio de afastamento (m)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Posição máquina										
Frontal	100,0	102,3	103	<u>105,8</u>	105,4	104,1	101,9	100,1	99,4	99,1
Direito	98,5	97,5	95,4	93,5	92,5	91,9	90,7	88,7	88,6	88,3
Esquerdo	92,6	92,3	91,6	90,2	88,0	87,0	86,4	85,1	84,3	83,7
Traseiro	88,4	88,0	87,3	86,6	86,3	85,8	84,5	83,6	83,3	82,4

Lima (1998) analisou nível de ruído externo em um “*Feller-Buncher*” sem cabine e constatou que estava acima do nível de ruído permitido pela legislação.

4.3. Avaliação geral dos operadores

A avaliação por parte dos operadores foi realizada para o “*Feller-Buncher*” Timberjack 608L (Tabela 21 e 22) por ser a única máquina comum a todos os operadores analisados. Os “*Feller-Bunchers*” Valmet 425EXL e o John Deere 759C não haviam sido operadas por todos os operadores e por este motivo, não foram avaliadas.

As entrevistas serviram para identificar o perfil e caracterizar as condições de trabalho dos operadores, além de possíveis problemas ergonômicos da máquina. Quando comparadas as avaliações ergonômicas com as notas atribuídas pelos operadores, notou-se uma divergência de informações, se observarmos a média das características ergonômicas, pela avaliação dos operadores, aparentemente a máquina estaria bem projetada em todos os itens, no entanto, não é o que demonstra a avaliação técnica ergonômica em algumas das características.

Tabela 21 – Médias atribuídas pelos operadores Timberjack 608L

“Feller-Buncher” Timberjack 608L	
Características	Média
Acesso á cabine (entrada e saída)	7,67
Postura de trabalho	7,24
Cabine (espaço interno)	6,05
Visibilidade	7,33
Conforto do assento	6,86
Posicionamento dos controles	7,71
Operação de máquina	8,05
Informações	7,71
Ruído	6,38
Vibração	6,10
Controle de clima na cabine	7,67
Gases e partículas	7,57
Iluminação (faróis)	7,71
Instruções e treinamento	8,43
Manutenção	7,05
Freios e segurança do operador	8,76

Tabela 22 – Agrupamento dos vinte e um operadores por notas atribuídas às questões aplicadas relativas ao Timberjack 608L.

“Feller-Buncher” Timberjack 608L						
Características	Conceitos					Total
	Ruim (1)	Regular (3)	Bom (5)	Muito Bom (7)	Ótimo (10)	
Acesso á cabine	----	----	5 (23,8%)	8 (38,1%)	8 (38,1%)	21 (100%)
Postura de trabalho	----	----	5 (23,8%)	11 (52,3%)	5 (23,8%)	21 (100%)
Cabine (espaço interno)	1 (04,7%)	5 (23,8%)	6 (28,5%)	3 (14,2%)	6 (28,5%)	21 (100%)
Visibilidade	----	1 (04,7%)	5 (23,8%)	8 (38,1%)	7 (33,3%)	21 (100%)
Conforto do assento	----	2 (09,5%)	5 (23,8%)	9 (42,8%)	5 (23,8%)	21 (100%)
Posicionamento Controles	----	2 (09,5%)	2 (09,5%)	8 (38,1%)	9 (42,8%)	21 (100%)
Operação de máquina	----	----	4 (19,0%)	7 (33,3%)	10 (47,6%)	21 (100%)
Informações	----	----	3 (14,2%)	11 (52,3%)	7 (33,3%)	21 (100%)
Ruído	----	3 (14,2%)	5 (23,8%)	10 (47,6%)	3 (14,2%)	21 (100%)
Vibração	----	3 (14,2%)	4 (19,0%)	13 (61,9%)	1 (04,7%)	21 (100%)
Controle de clima cabine	----	1 (04,7%)	3 (14,2%)	9 (42,8%)	8 (38,1%)	21 (100%)
Gases e partículas	----	----	5 (23,8%)	8 (38,1%)	8 (38,1%)	21 (100%)
Iluminação (faróis)	1 (04,7%)	2 (09,5%)	2 (09,5%)	5 (23,8%)	11 (52,3%)	21 (100%)
Instruções e treinamento	----	1 (04,7%)	1 (04,7%)	7 (33,3%)	12 (57,1%)	21 (100%)
Manutenção	----	2 (09,5%)	2 (09,5%)	12 (57,1%)	5 (23,8%)	21 (100%)
Freios e seg. do operador	----	----	1 (04,7%)	7 (33,3%)	13 (61,9%)	21 (100%)

As notas dos operadores para os aspectos ergonômicos foram agregadas em dois únicos conceitos mais amplos: A (“ótimo”, “muito bom” e “bom”) e B (“regular” e “ruim”), Tabela 23.

Tabela 23 – Agrupamento dos conceitos das características ergonômicas.

Timberjack 608L	Conceito %	
	A^(*)	B^(*)
Acesso á cabine (entrada e saída)	100,0	0,0
Postura de trabalho	100,0	0,0
Cabine (espaço interno)	71,2	28,5
Visibilidade	95,3	4,7
Conforto do assento	90,5	9,5
Posicionamento dos Controles	90,5	9,5
Operação de máquina	100,0	0,0
Informações	100,0	0,0
Ruído	85,8	14,2
Vibração	85,8	14,2
Controle de clima na cabine	95,3	4,7
Gases e partículas	100,0	0,0
Iluminação (faróis)	85,8	14,2
Instruções e treinamento	95,3	4,7
Manutenção	90,5	9,5
Freios e segurança do operador	100,0	0,0

Referente às questões agrupou-se as respostas dos vinte e um operadores e obteve-se a porcentagem representativa desta amostra, observaram-se algumas divergências com as respostas do questionário referente aos aspectos ergonômicos. Neste questionário descritivo (Quadro 4, Tabela 24) os operadores responderam a questões, também referentes à ergonomia, porém, mais diretas, a fim de confirmar as respostas das questões feitas no questionário da Tabela 21.

Tabela 24 – Avaliação de questionário descritivo com vinte e uma questões referentes ao Timberjack 608L aplicados aos operadores

“Feller-Buncher” Timberjack 608L			
Questões	Sim	Não	Não responderam
1	18 (85,7%)	3 (14,2%)	----
2	20 (95,2%)	----	1 (04,7%)
3	19 (90,4%)	1 (04,7%)	1 (04,7%)
4	21 (100%)	----	----
5	6 (28,5%)	15 (71,4%)	----
6	14 (66,6%)	3 (14,2%)	4 (19,0%)
7	2 (09,5%)	17 (80,9%)	2 (09,5%)
8	6 (28,5%)	14 (66,6%)	1 (04,7%)
9	3 (14,2%)	17 (80,9%)	1 (04,7%)
10	1 (04,7%)	19 (90,4%)	1 (04,7%)
11	6 (28,5%)	13 (61,9%)	2 (09,5%)
12	3 (14,2%)	8 (38,0%)	10 (47,6%)
13	15 (71,4%)	4 (19,0%)	2 (09,5%)
14	15 (71,4%)	5 (23,8%)	1 (04,7%)
15	17 (80,9%)	2 (09,5%)	2 (09,5%)
16	15 (71,4%)	5 (23,8%)	1 (04,7%)
17	19 (90,4%)	1 (04,7%)	1 (04,7%)
18	10 (47,6%)	10 (47,6%)	1 (04,7%)
19	12 (57,1%)	8 (38,0%)	1 (04,7%)
20	3 (14,2%)	17 (80,9%)	1 (04,7%)
21	12 (57,1%)	3 (14,2%)	6 (28,5%)

Nas questões referentes a controles, funções e comandos a maioria dos operadores respondeu que estes eram de fácil acesso e de fácil entendimento. Quando se questionou (questão 3) sobre se existe a clareza das funções dos controles no painel, 90,4% dos operadores

responderam que sim, no entanto comparando com a resposta do levantamento de conhecimento de símbolos (Tabela 25), que a maioria não responde ou errou o significado da simbologia.

Quando se questionou (questão 5) se algum elemento na máquina afeta a visão de trabalho 28,5% responderam que sim e 71,4% responderam que não, sabe-se que o cabeçote de corte dificulta a visibilidade em um dos lados do trator. Do lado esquerdo para o Valmet 425EXL e lado direito para Timberjack 608L e John Deere 759C.

Quando se perguntou se o operador sente problemas decorrentes da vibração (questão 12) 14,2% responderam que sim, 38,0% que não, e 47,6% não responderam.

Para o material de revestimento do piso, (questão 18), se adequado ou não, 47,6% responderam se adequado e a mesma porcentagem respondeu que não. Para a questão 19, se o posto de trabalho aquece muito durante a execução do trabalho 57,1% responderam que sim.

No que diz respeito ao levantamento de conhecimento de símbolos, constatou-se que a falta de padronização, aliada ao desconhecimento dos símbolos utilizados para identificar comandos e controles nos “*Feller-Buncher*” geram dificuldades nas operações interferindo negativamente na tomada de decisões.

Os símbolos, na maioria das vezes, se repetem nas máquinas, mas não seguem um padrão, umas máquinas utilizam mais a informação visual, ou seja, mais simbologia para identificar um comando, outras acabam se utilizando da linguagem escrita para identificação do mesmo, no entanto a maioria das máquinas, como não são fabricadas no Brasil, tem seus controles indicados na linguagem em inglês, o que dificulta o entendimento dos operadores.

O levantamento destas informações serviu para identificar as dificuldades dos operadores e orientar a proposição do projeto desenvolvido visando uma uniformização das informações. Observou-se

que poucos operadores conhecem a maioria dos símbolos que compõem estas máquinas sendo grande o índice que erro, (Quadro 6, Tabela 25).

Tabela 25 – Simbologia de comandos do Timberjack 608L

<i>"Feller-Buncher"</i> Timberjack 608L	%
Número de acertos	34,8
Número de erros	24,2
Não respondidos	41,0

Somados os erros e os não respondidos têm-se uma porcentagem de 65,2% de erros que dificultam as operações, porcentagem grande e contrastante com a questão 3 que questiona sobre a clareza das informações do painel e onde 90,4% dos operadores respondeu que eram de fácil entendimento e clareza.

4.4. Redesenho da Cabine de *"Feller-Buncher"*

No processo de desenvolvimento do redesenho da cabine do *"Feller-Buncher"*, cujo centro de atenção foi a ergonomia, procurou-se analisar e discutir os princípios metodológicos do desenvolvimento de produto. Assim sendo, usou-se para geração e desenvolvimento de alternativas um design ergonômico que pudesse atender os requisitos do posto de trabalho do operador de tratores de colheita florestal.

Neste tópico, tem-se como problematização, para clarear a tarefa de projeto, o redesenho de elementos da cabine do *"Feller-Buncher"*:

- Adequação das medidas antropométricas dos operadores pesquisados;
- Dimensões internas da cabine adequadas ao operador brasileiro
- Painel de controle, posicionamento visual:
 - falta de informações nos comandos;

- controles e comandos fora do alcance do operador dificultando o acionamento dos mesmos;
 - falta de seqüência operacional dos controles e mostradores
 - ponteiros encobrimdo informações;
 - falta de informações nos controles e quando estes as possuem são em inglês dificultando o entendimento de todos;
 - uso de controles inadequados para certos comandos.
- Adequação do acesso à cabine;
 - Adequação do assento.

Na segunda fase tem-se o projeto conceitual, onde a partir da definição da problematização definiu-se a estrutura da análise de funções do projeto a fim de obter princípios de soluções viáveis para o redesenho (Figura 24).

Nas Figuras 25 a 40 são apresentadas as matrizes morfológicas de cada um dos controles, mostradores e luzes de advertência que compõem o painel da máquina, a fim de se identificar os aspectos contidos em cada comando para geração de alternativas dos painéis e definição da melhor solução de projeto. O método da matriz morfológica é utilizado para através de uma pesquisa sistemática de novas combinações de seus elementos ou parâmetros encontrar a melhor solução para o problema. A matriz morfológica é especialmente útil em redesenhos já que permite gerar e combinar soluções de funções parciais, onde unicamente são envolvidas as partes que pretende-se mudar, permitindo estabelecer relações com as partes que terão que permanecer. Nas matrizes morfológicas apresentadas são estabelecidas combinações, adotando o principio de solução de uma linha cinza que vai compondo a alternativa escolhida para cada comando.

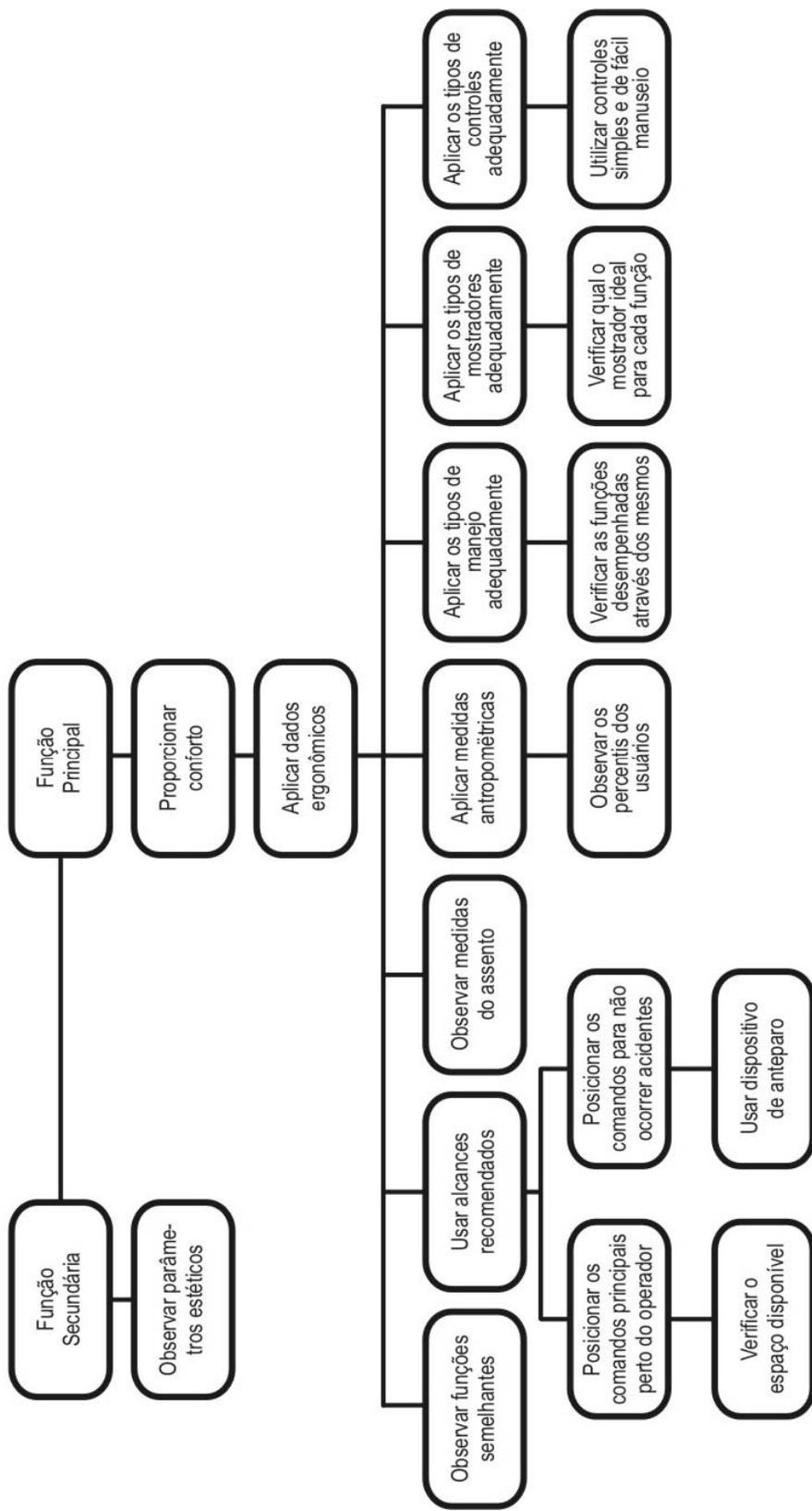


Figura 24 – Análise das Funções do posto de trabalho do “Feller-Buncher”

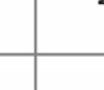
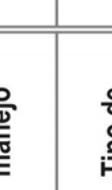
	Timberjack 608L	Valmet 425EXL	John Deere 759C	Controle selecionado				
Material	Ferro	Ferro	Ferro	Ferro	Plástico	Borracha	Outro	
Posição	Mais de duas	Mais de duas	Mais de duas	Duas	Mais de duas			
Tipo de manejo	Fino	Fino	Fino	Fino	Grossoiro			
Tipo de botão	Chave	Chave	Chave	Alavanca 	Rotativo 	Interruptor 	Basculante 	Empurar 
Letreiros	----	Fonte START SWITCH	----	Pontos 	Segmentos 	Fonte 		
Símbolo		----						

Figura 25 – Matriz morfológica. Controle: Ignição

	Timberjack 608L	Valmet 425EXL	John Deere 759C	Controle selecionado	
Material	Plástico	Plástico	Plástico	Ferro	Plástico Borracha Outro
Posição	Duas	Duas	Duas	Duas	Mais de duas
Tipo de manejo	Fino	Fino	Fino	Fino	Grossoiro
Tipo de botão	Interruptor 	Interruptor 	Interruptor 	Alavanca 	Rotativo 
Letreiros	----	Fonte DISC SAW	----	Pontos 	Segmentos 
Símbolo					Fonte 
					Empurar 

Figura 26 – Matriz morfológica. Controle: Disco de corte

	Timberjack 608L	Valmet 425EXL	John Deere 759C	Controle selecionado	
Material	Plástico	Ferro	Plástico	Ferro	Plástico Outro
Posição	Duas	Duas	Duas	Mais de duas	
Tipo de manejo	Fino	Fino	Fino	Grossoiro	
Tipo de botão	Interruptor 	Interruptor 	Interruptor 	Alavanca  Rotativo 	Interruptor  Basculante 
Letreiros	----	----	----	Pontos  Segmentos 	Fonte 
Símbolo					

Figura 27 – Matriz morfológica. Controle: Ar condicionado

	Timberjack 608L	Valmet 425EXL	John Deere 759C		Controle selecionado	
Material	Plástico	Ferro	Plástico	Ferro	Borracha	Outro
Posição	Mais de duas	Mais de duas	Mais de duas	Duas	Mais de duas	
Tipo de manejo	Fino	Fino	Fino	Fino	Grossoiro	
Tipo de botão	Rotativo 	Interruptor 	Rotativo 	Alavanca 	Rotativo 	Basculante 
Letreiros	----	----	----	Pontos 	Segmentos 	Fonte 
Símbolo						

Figura 28 – Matriz morfológica. Controle: Ventilador

	Timberjack 608L	Valmet 425EXL	John Deere 759C	Controle selecionado	
Material	----	Plástico	Plástico	Ferro	Borracha
Posição	----	Mais de duas	Mais de duas	Mais de duas	Outro
Tipo de manejo	----	Fino	Fino	Fino	
Tipo de botão	----	Rotativo 	Rotativo 	Alavanca 	Rotativo 
Letreiros	----	----	----	Pontos 	Segmentos 
Símbolo	----				Fonte 
					Empurar 
					Basculante 
					Interruptor 

Figura 29 – Matriz morfológica. Controle: Regulagem temperatura:

	Timberjack 608L	Valmet 425EXL	John Deere 759C	Controle selecionado	
Material	Ferro Plástico	Ferro Plástico	Ferro	Ferro Plástico	Borracha Outro
Posição	Mais de duas	Mais de duas	Mais de duas	Mais de duas	
Tipo de manejo	Grossoiro	Grossoiro	Fino	Fino Grossoiro	
Tipo de botão	Alavanca 	Alavanca 	Rotativo 	Alavanca  Rotativo 	Interruptor  Basculante  Empurar 
Letreiros	----	----	----	Pontos  Segmentos 	Fonte  G69 
Símbolo	 	----			

Figura 30 – Matriz morfológica. Controle: Rotação motor

	Timberjack 608L	Valmet 425EXL	John Deere 759C	Controle selecionado	
Material	Ferro	Plástico	Plástico	Ferro	Borracha
Posição	Duas	Duas	Duas	Mais de duas	Outro
Tipo de manejo	Fino	Fino	Fino	Grossoiro	
Tipo de botão	Basculante	Interruptor	Interruptor	Alavanca	Empurrar
Letreiros	----	Fonte Lighs	----	Rotativo	Fonte G69
Símbolo					

Figura 31 – Matriz morfológica. Controle: Faróis

	Timberjack 608L	Valmet 425EXL	John Deere 759C		Mostrador selecionado
Modelo	Analogico	Analogico	Analogico	Analogico Digital	
Mostrador	Quantitativo	Quantitativo	Quantitativo	Qualitativo Quantitativo	
Tipo de Escala	Fixa	Fixa	Fixa	Fixa móvel	Digito rotativo
Formato de mostrador	Circular 	Circular 	Circular 	Horizontal  Circular 	Semi-circular  Janela 
Letreiros	RPM X 100 TACH fonte s/ serifa 	----	RPM X 100 fonte s/ serifa	Pontos  Segmentos 	Fonte 
Símbolo		----			

Figura 32 – Matriz morfológica. Mostrador: Tacômetro

	Timberjack 608L	Valmet 425EXL	John Deere 759C		Mostrador selecionado
Modelo	Analógico	Analógico	Analógico	Analógico Digital	
Mostrador	Quantitativo	Quantitativo	Quantitativo	Qualitativo Quantitativo	
Tipo de Escala	Fixa	Fixa	Fixa	Fixa móvel	Digito rotativo
Formato de mostrador	Semi-circular 	Semi-circular 	Semi-circular 	Horizontal Circular	Vertical 
Letreiros	WATER TEMP. fonte s/ serifa 	WATER TEMP. fonte s/ serifa 	----	Pontos Segmentos	Fonte 
Símbolo					

Figura 33 – Matriz morfológica. Mostrador: Temperatura água motor

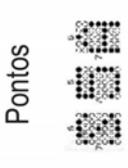
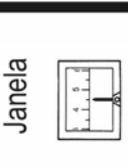
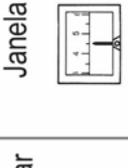
	Timberjack 608L	Valmet 425EXL	John Deere 759C	Mostrador selecionado	
Modelo	Analogico	Analogico	Analogico		
Mostrador	Quantitativo	Quantitativo	Quantitativo	Analógico	Digital
Tipo de Escala	Digito rotativo	Digito rotativo	Digito rotativo	Fixa	móvel
Formato de mostrador	Horizontal 	Horizontal 	Horizontal 	Horizontal 	Circular 
Letreiros	Hours fonte s/ serifa	Hours fonte s/ serifa	Hours fonte s/ serifa	Pontos 	Segmentos 
Símbolo	----	----	----	Fonte 	Fonte 
				Luz indicativa	Semi-circular 
					Janela 

Figura 36 – Matriz morfológica. Mostrador: Contador de horas

	Timberjack 608L	Valmet 425EXL	John Deere 759C		Mostrador selecionado	
Material	Plástico	----	Plástico	Plástico	Vidro	
Iluminação/ pisca	Fixa	----	Fixa	Legenda	Fundo	Fixa
Cor	Vermelha	----	Vermelha	Verde	Vermelha	Amarela
Formato	Circular	----	Quadrada	Quadrada	Circular	Retangular vertical
Indica	Cuidado	----	Cuidado	Atenção	Cuidado	Retangular horizontal
Símbolo		----				

Figura 37 – Matriz morfológica. Luz advertência: Pressão óleo hidráulico

	Timberjack 608L	Valmet 425EXL	John Deere 759C	Mostrador selecionado	
Material	Plástico	Plástico	Plástico	Plástico	Vidro
Iluminação/ pisca	Fixa	Fixa	Fixa	Legenda	Fundo
Cor	Vermelha	Amarela	Vermelha	Verde	Vermelha
Formato	Circular	Quadrada	Quadrada	Quadrada	Circular
Indica	Cuidado	Atenção	Cuidado	Atenção	Cuidado
Símbolo					

Figura 38 – Matriz morfológica. Luz advertência: Nível de óleo do hidráulico

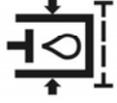
	Timberjack 608L	Valmet 425EXL	John Deere 759C	Mostrador selecionado	
Material	Plástico	----	Plástico	Plástico	Vidro
Iluminação/ pisca	Fixa	----	Fixa	Legenda	Fundo
Cor	Vermelha	----	Vermelha	Verde	Vermelha
Formato	Circular	----	Quadrada	Quadrada	Circular
Indica	Cuidado	----	Cuidado	Atenção	Cuidado
Símbolo		----			

Figura 39 – Matriz morfológica. Luz advertência: Retorno óleo do hidráulico

	Timberjack 608L	Valmet 425EXL	John Deere 759C	Mostrador selecionado	
Material	----	----	Plástico	Plástico	Vidro
Iluminação/ pisca	----	----	Fixa	Legenda	Fundo
Cor	Vermelha Branca	----	Vermelha	Verde	Vermelha
Formato	Circular	----	Quadrada	Quadrada	Circular
Indica	Quantitativo	----	Cuidado	Atenção	Cuidado
Símbolo		----			

Figura 40 – Matriz morfológica. Luz advertência: Bateria

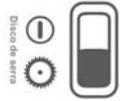
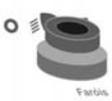
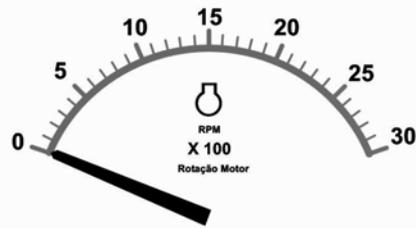
CONTROLES SELECIONADOS	
<p>Ignição</p> 	
<p>Disco de corte</p> 	
<p>Ar condicionado</p> 	<p>Ar condicionado</p> 
<p>Ventilador</p> 	
<p>Regulador de temperatura</p> 	<p>Temperatura</p> 
<p>Rotação do motor</p> 	<p>Rotação do motor</p> 
<p>Faróis</p> 	

Figura 41 – Controles selecionados nas tabelas morfológicas

MOSTRADORES SELECIONADOS

Tacômetro



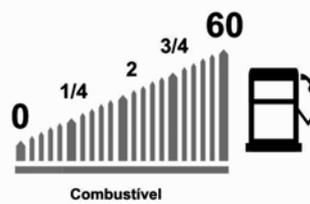
Temperatura do motor



Pressão do óleo no motor



Combustível



Contador



Figura 42 – Mostradores selecionados nas tabelas morfológicas

LUZES DE ADVERTÊNCIA SELECIONADAS	
Pressão do óleo no hidráulico	 <p>Pressão óleo hidráulico</p>
Nível do óleo no hidráulico	 <p>Nível de óleo hidráulico</p>
Retorno óleo	 <p>Retorno filtro de óleo</p>
Bateria	 <p>Bateria</p>

Figura 43 – Luzes de advertência selecionadas nas tabelas morfológicas

4.4.1. Diagnostico ergonômico

Com base nas análises chegou-se ao diagnóstico ergonômico do posto de trabalho do operador de “*Feller-Buncher*” e foram feitas recomendações para a ergonômização das zonas críticas. Assim, seguindo a metodologia utilizada pode-se entender como funciona o sistema onde o objeto se encontra, analisa-se, discrimina-se e sugere-se algumas soluções para os problemas. Para determinação do diagnóstico ergonômico utilizou-se a classificação de DRESH & RODRIGUES (2001):

Para os **Problemas espaciais** têm-se como características: deficiência de fluxo, circulação, insolação, iluminação, isolamento acústico, térmico.

Descrição: a má distribuição dos degraus e pontos de apoio dificulta o acesso nas máquinas. Espaço restrito na cabine para localização das pernas dos operadores brasileiros (Quadro 13, Figura 44).

Quadro 13 – Problemas espaciais

Espaciais	
Problema:	Dificuldade de acesso à máquina em função da falta de apoios e distanciamento de degraus
Exigências e constrangimento da tarefa	O operador é forçado a inclinar tronco e pescoço para subir na cabine além da força necessária para segurar e elevar o corpo na subida
Avaliação e opinião dos operadores	Mais de 35% dos operadores afirmaram ser ótimo e muito bom o acesso a cabine da máquina
Avaliação ergonômica	A maioria das medidas do acesso encontra-se fora da recomendação das normas
Recomendações:	Melhor distribuição dos degraus e pontos de apoio

Para os **Problemas acionais** as características: constrangimentos biomecânicos no ataque acional a comandos e empunhaduras; ângulos, movimentação e aceleração, que agravam as lesões por traumas repetitivos. Dimensões, conformação e acabamento, que prejudicam a apreensão e acarretam pressões localizadas e calos.

Descrição: Os operadores não possuem diferenciação dos controles para acionamento no período noturno podendo dificultar assim sua ação. Dificuldade na regulagem do assento por conta dos ajustes (Quadro 14, Figura 45 e 46).

Quadro 14 – Problemas acionais

Acionais	
Problema:	Dificuldade no ajuste de posicionamento do assento
Exigências e constrangimento da tarefa	Pouco espaço da cabine para regulagem do assento que não dá para ser feita com o operador na posição sentado devido aos controles
Avaliação e opinião dos operadores	Mais de 40% dos operadores declara ser muito bom o conforto do assento, no entanto, o ajuste deixa a desejar
Avaliação ergonômica	Dificuldade de acionamento, exigência de força
Recomendações:	Adequação de controles para ajuste do assento a fim de que o operador possa regular o assento na posição sentado e o manejo seja leve.

Acionais	
Problema:	Dificuldade de diferenciação dos controles para acionamento das tarefas no período noturno
Exigências e constrangimento da tarefa	Pausa no trabalho para certificação de acionamento de comando certo e erro no acionamento
Avaliação e opinião dos operadores	100% dos operadores acha ser de fácil entendimento e acionamento os comandos
Avaliação ergonômica	Dificuldade de acionamento em situações de emergência, principalmente à noite.
Recomendações:	Utilização da forma dos controles diferenciadas por categoria de atividades, que possam ser identificados pelo tato mesmo sem acompanhamento visual.

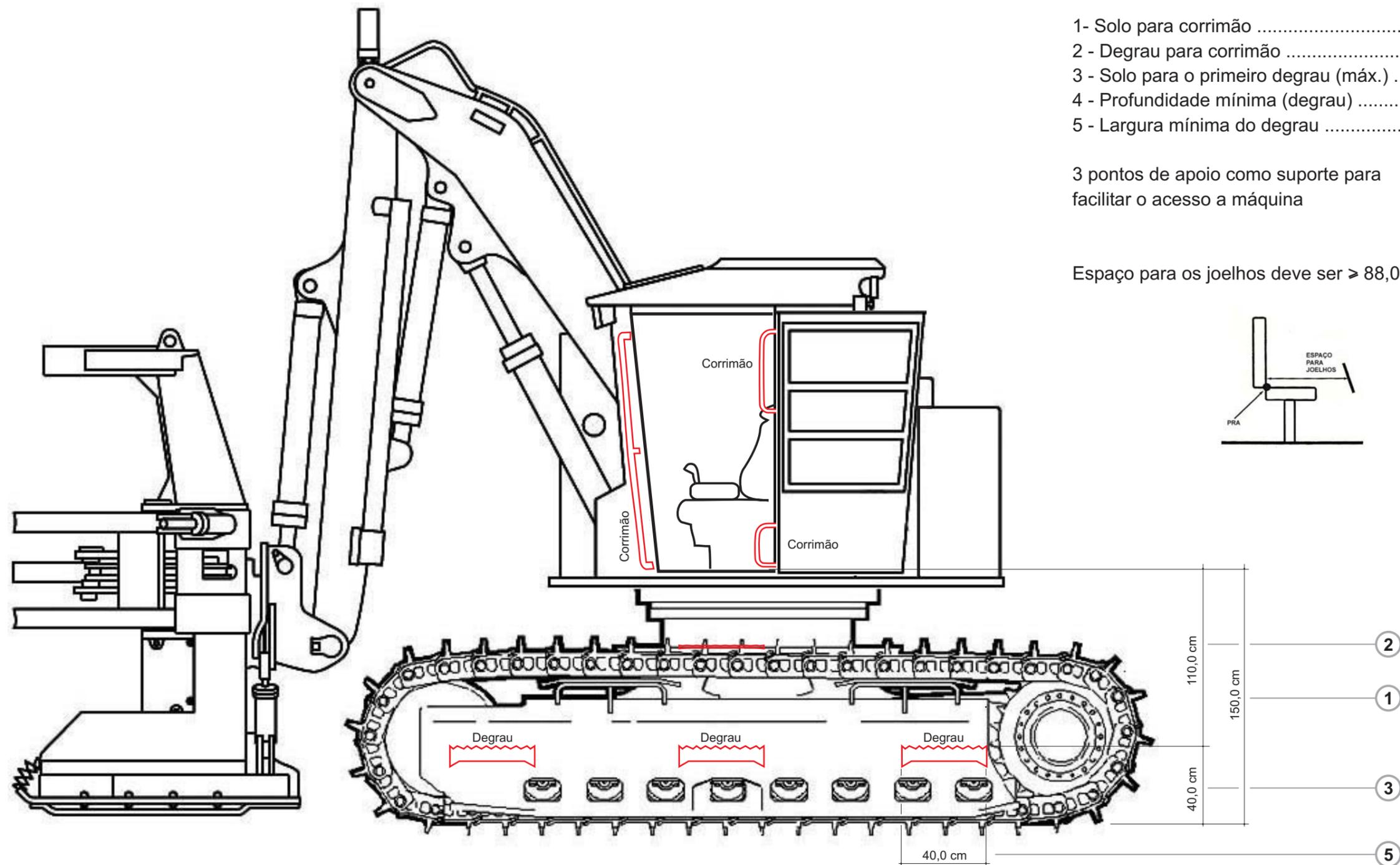


Figura 44 - Acesso "Feller-Buncher"

Instituição:	UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA	Departamento:	Departamento de Engenharia Agrícola	
Desenho:	Andréia Bordini de Brito	Orientador:	Haroldo Carlos Fernandes	Data: 12/2006
Descrição:	PROBLEMAS ESPACIAIS: Prancha de acesso "Feller-Buncher"			Página: 121

- 1 - Altura assento (min/máx) 45,0 à 50,0 cm
- 2 - Largura assento min. 41,0 cm
- 3 - Comprimento do assento 40,0 cm
- 4 - Largura do encosto 42,0 cm
- 5 - Altura do encosto 55,0 ± 5 cm
- 6 - Ângulo de inclinação do encosto 90° a 110°
- 7 - Altura apoio dos braços (min/máx) ... 13,0 à 30,0 cm
- 8 - Comprimento do apoio 27,0 ± 5 cm
- 9 - Deslizamento de apoio 25,0 ± 5 cm
- 10 - Espaço para pernas ± 10 cm
- 11 - Revestimento Estofado

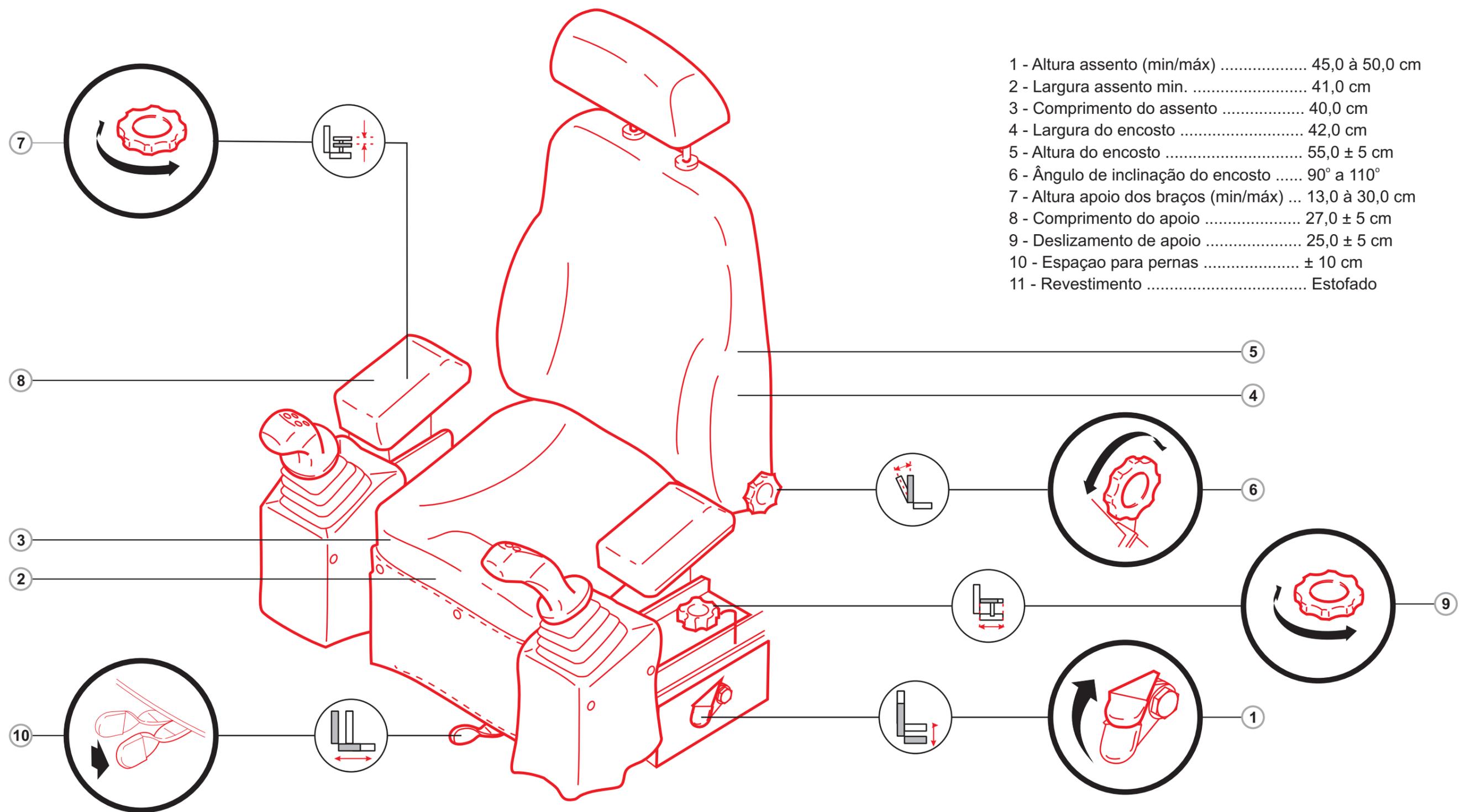
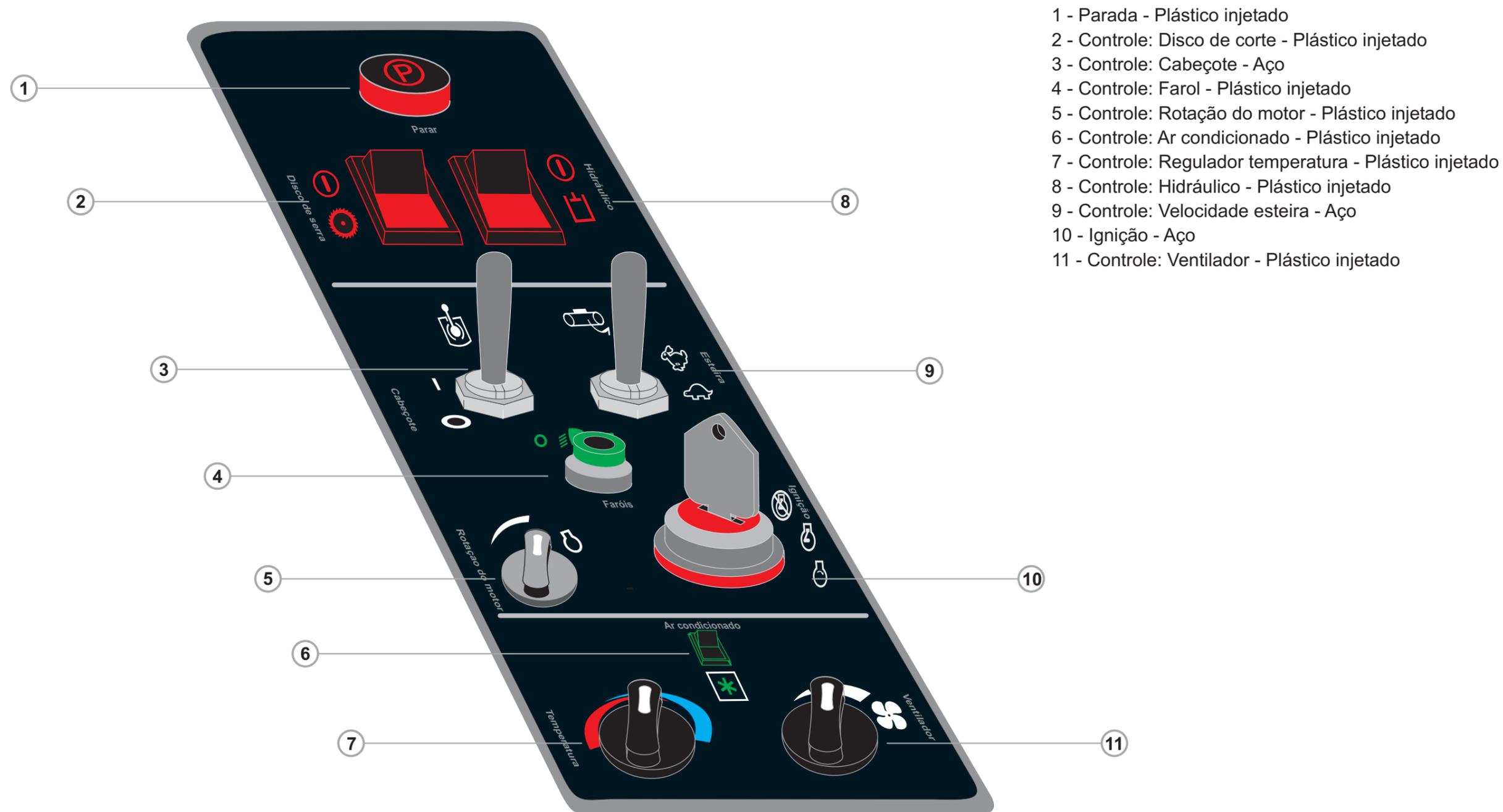


Figura 45 - Assento "Feller-Buncher"

Instituição: UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA		Departamento: Departamento de Engenharia Agrícola	
Desenho: Andréia Bordini de Brito		Orientador: Haroldo Carlos Fernandes	Data: 12/2006
Descrição: PROBLEMAS ACIONAIS: Prancha de assento "Feller-Buncher"			Página: 122



- 1 - Parada - Plástico injetado
- 2 - Controle: Disco de corte - Plástico injetado
- 3 - Controle: Cabeçote - Aço
- 4 - Controle: Farol - Plástico injetado
- 5 - Controle: Rotação do motor - Plástico injetado
- 6 - Controle: Ar condicionado - Plástico injetado
- 7 - Controle: Regulador temperatura - Plástico injetado
- 8 - Controle: Hidráulico - Plástico injetado
- 9 - Controle: Velocidade esteira - Aço
- 10 - Ignição - Aço
- 11 - Controle: Ventilador - Plástico injetado

Figura 46 - Formato de controles

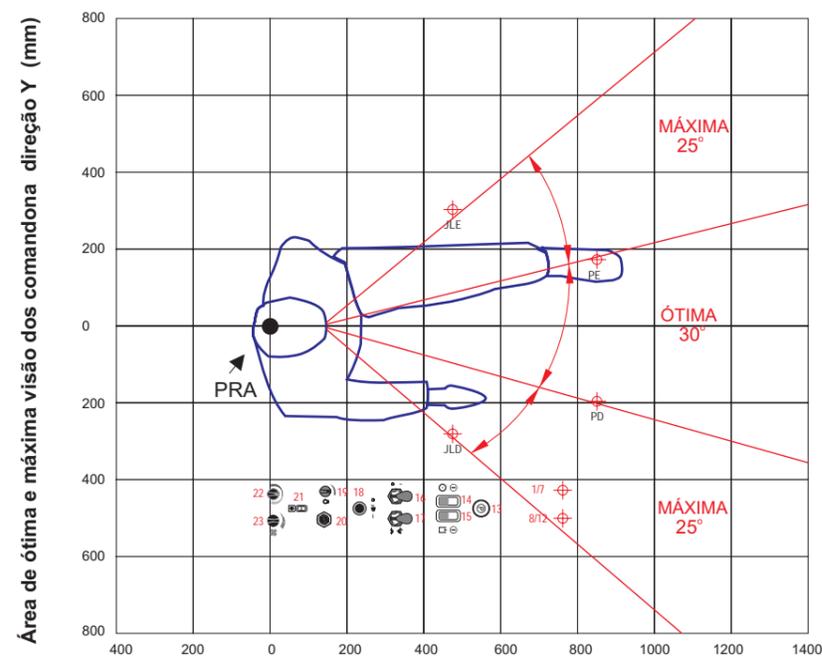
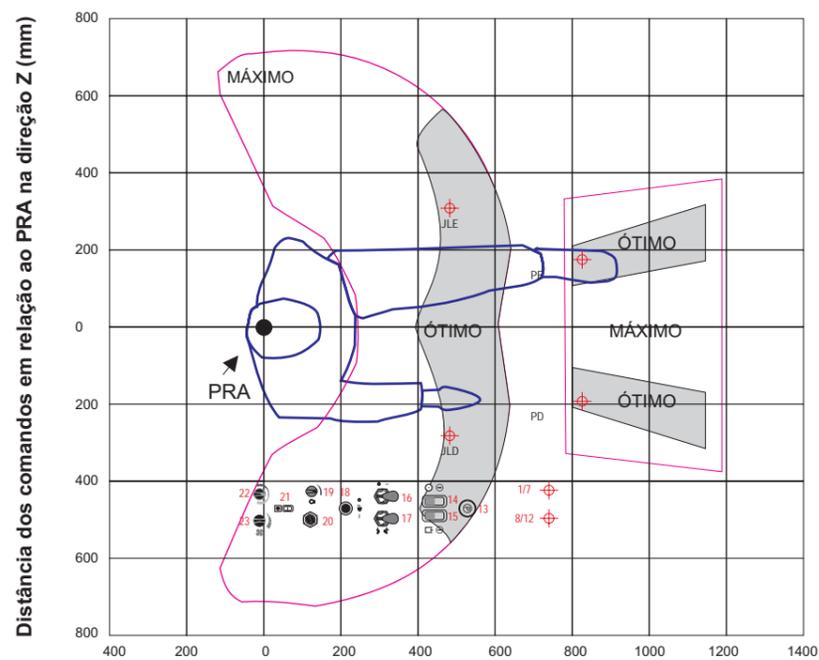
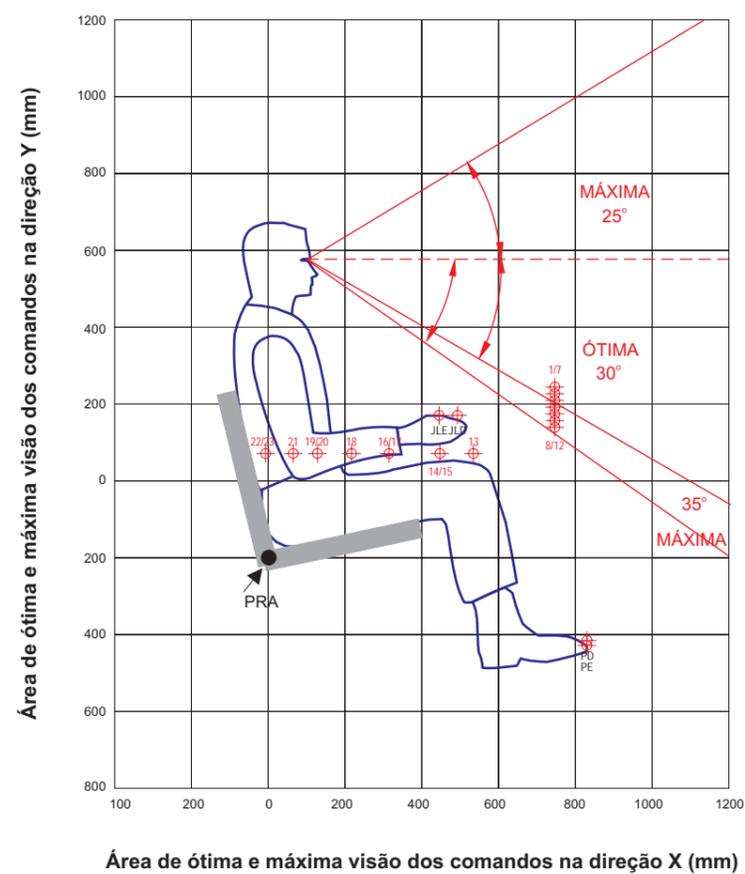
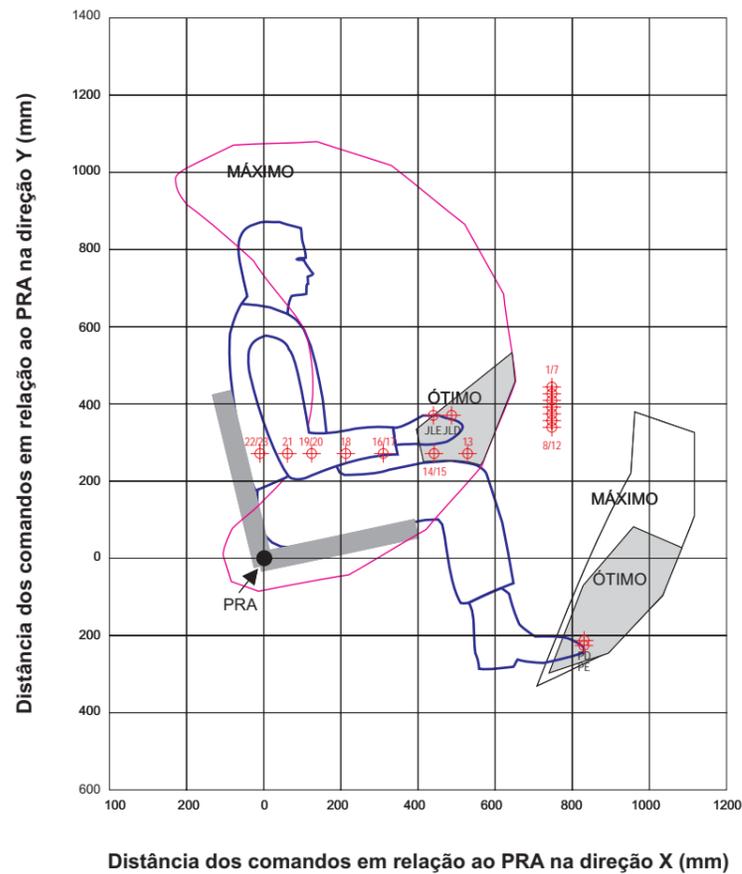
Instituição:	UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA	Departamento:	Departamento de Engenharia Agrícola
Desenho:	Andréia Bordini de Brito	Orientador:	Haroldo Carlos Fernandes
		Data:	12/2006
Descrição:	PROBLEMAS ACIONAIS: Prancha de formato de controles		Página:
			123

Problemas interfaciais, características: Posturas prejudiciais resultantes de inadequações: do campo de visão/tomada de informações; do envoltório acional/alcances; do posicionamento de componentes comunicacionais. Conseqüência da desconsideração das medidas antropométricas dos usuários brasileiros, com prejuízos para o sistema muscular e esquelético.

Descrição: Posturas prejudiciais devido a inadequação do posto de trabalho para com a tarefa; dificuldade de acionamento dos pedais, comandos, mostradores e luzes de advertência fazendo o operador assumir diferentes posturas durante a operação, assumindo, assim, uma torção e inclinação do tronco e maior pressão nas pernas (Quadro 15, Figura 47 E 48).

Quadro 15 – Problemas interfaciais

Interfaciais	
Problema:	Dificuldade na visualização de comandos, mostradores e luzes de advertência e acionamento de pedais
Exigências e constrangimento da tarefa	Para o operador manipular o acionamento de comandos é necessário uma torção do braço e tronco em função da localização dos comandos
Avaliação e opinião dos operadores	Entre os entrevistados, mais de 40% dos operadores afirmam que o posicionamento dos comandos é ótimo
Avaliação ergonômica	Majoria dos comandos e mostradores fora da área de alcance e visão
Recomendações:	Oferecer um painel com distribuição ordenada dos comandos e lógica de seqüência operacional nos limites das áreas de ótimo e máximo alcance e visão.



- 1 - Luz de advertência: Pressão óleo no hidráulico
 - 2 - Luz de advertência: Nível de óleo no hidráulico
 - 3 - Luz de advertência: Retorno filtro óleo
 - 4 - Luz de advertência: Bateria
 - 5 - Luz: Faróis
 - 6 - Luz: Cuidado
 - 7 - Luz: Máquina Parada
 - 8 - Mostrador: Tacômetro
 - 9 - Mostrador: Combustível
 - 10 - Mostrador: Temperatura água do motor
 - 11 - Mostrador: Pressão óleo do motor
 - 12 - Mostrador: Contador de horas
 - 13 - Parada
 - 14 - Controle: Disco de serra
 - 15 - Controle: Hidráulico
 - 16 - Controle: Cabeçote
 - 17 - Controle: Velocidade esteira
 - 18 - Controle: Farol
 - 19 - Controle: Rotação do motor
 - 20 - Ignição
 - 21 - Controle: Ar condicionado
 - 22 - Controle: Regulador temperatura
 - 23 - Controle: Ventilador
- JLD Joystick lado direito
 JLE Joystick lado esquerdo
 PD Pedal Direito
 PE Pedal esquerdo

Figura 47 - Localização dos órgãos de comando nas três dimensões.

Figura 48 - Área de visão ótima e máxima de comandos.

Instituição:	UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA		Departamento:	Departamento de Engenharia Agrícola		
Desenho:	Andréia Bordini de Brito		Orientador:	Haroldo Carlos Fernandes	Data:	12/2006
Descrição:	PROBLEMAS INTERFACIAIS: Prancha de distribuição controles				Página:	125

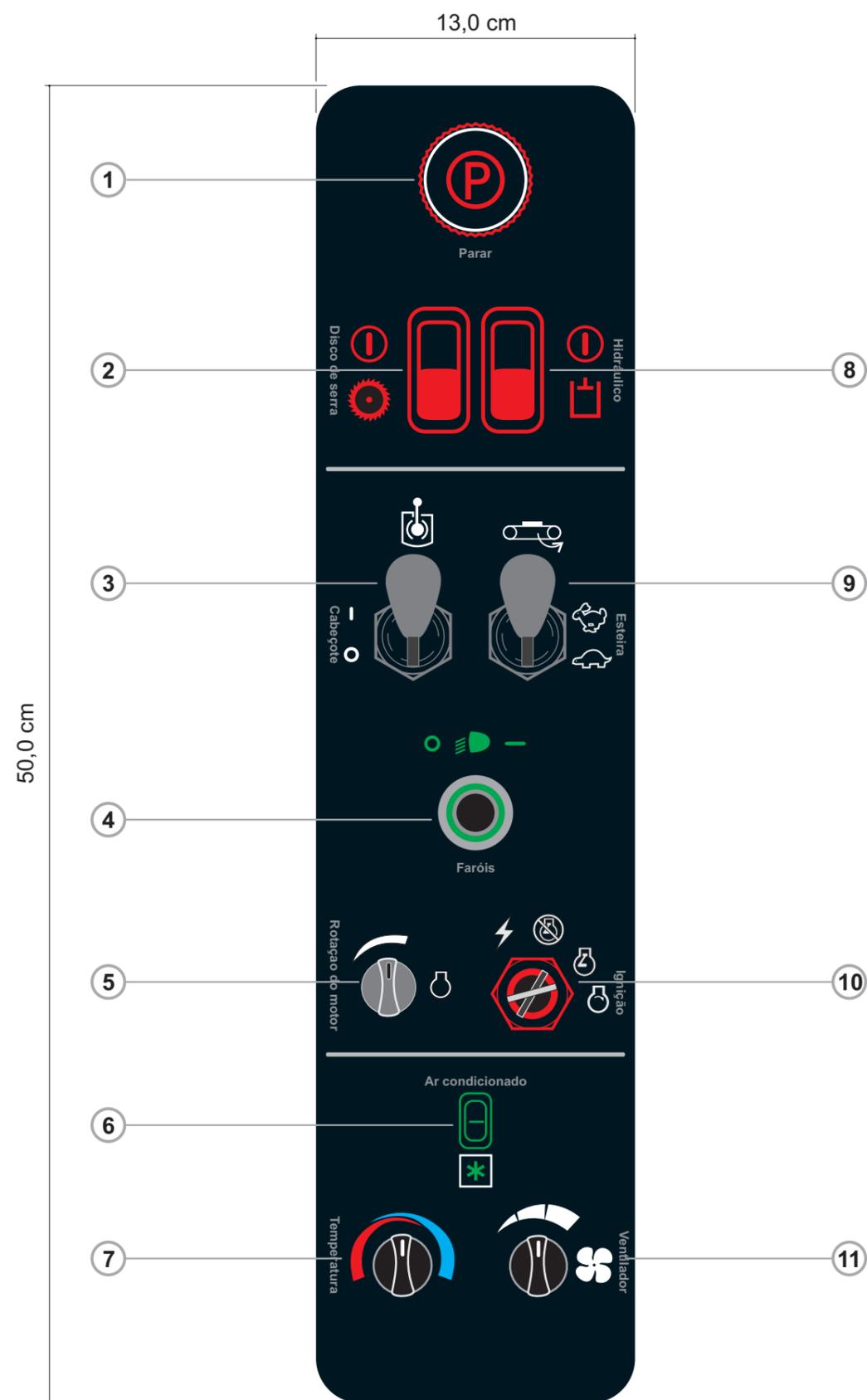
Problemas Informativos, características: deficiências na detecção, discriminação e identificação de informações, em telas, painéis, mostradores e placas. Resultantes da má visibilidade, legibilidade e compreensibilidade de signos visuais, com prejuízo para a percepção visual e a ação de várias atividades em conjunto na realização de uma mesma tarefa.

Descrição: dificuldade na leitura dos mostradores e controles devido à utilização de outra língua que não o português e de símbolos visuais de difícil entendimento (Quadro 16, Figura 49 e 50)

Quadro 16 – Problemas informativos

Informativos	
Problema:	Dificuldade na visualização e entendimento dos comandos e mostradores em função da língua estrangeira e símbolos utilizados para identificar comandos e mostradores
Exigências e constrangimento da tarefa	Inclinação do tronco, dificuldade na leitura dos símbolos e letras reduzidas, ocasionando vista cansada
Avaliação e opinião dos operadores	Mais de 50% dos operadores descreveu como muito bom as informações disponibilizadas
Avaliação ergonômica	Pela análise técnica ergonômica do campo visual e questionário de símbolos se identificou a falta de entendimento por parte dos operadores
Recomendações:	Melhorar a forma de apresentação dos comandos e mostradores, também dos símbolos e nomenclatura de controles que possibilitem garantir a confiabilidade de leitura

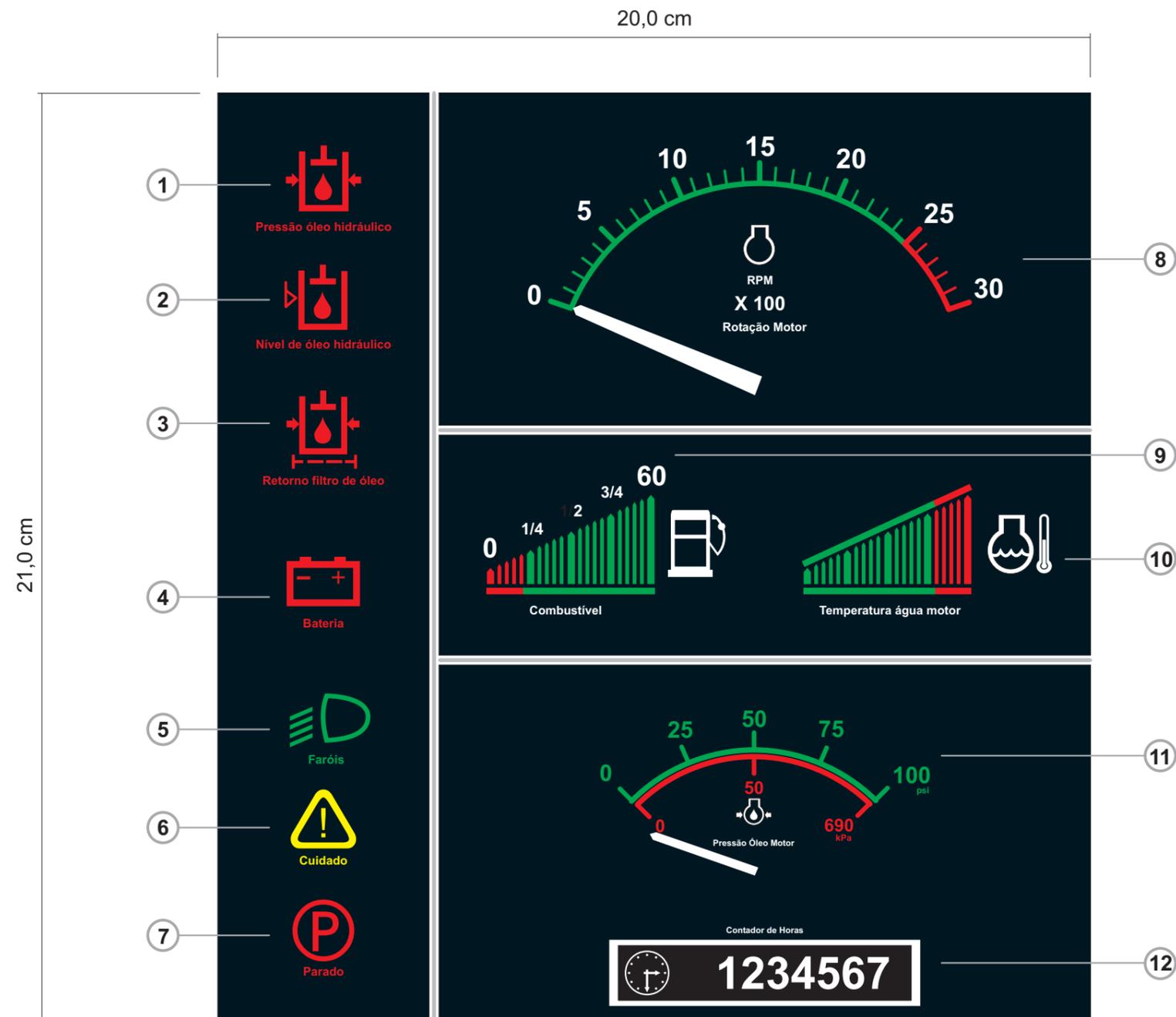
Na terceira fase do projeto preliminar definiu-se, através de geração de alternativas, o leiaute e a forma dos elementos que compõem a cabine de acordo com as considerações técnicas.



- 1 - Parada
- 2 - Controle: Disco de corte
- 3 - Controle: Cabeçote
- 4 - Controle: Farol
- 5 - Controle: Rotação do motor
- 6 - Controle: Ar condicionado
- 7 - Controle: Regulador temperatura
- 8 - Controle: Hidráulico
- 9 - Controle: Velocidade esteira
- 10 - Ignição
- 11 - Controle: Ventilador

Figura 49 - Arranjo e distribuição de controles

Instituição:	UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA	Departamento:	Departamento de Engenharia Agrícola
Desenho:	Andréia Bordini de Brito	Orientador:	Haroldo Carlos Fernandes
		Data:	12/2006
Descrição:	PROBLEMAS INFORMACIONAIS: Prancha de Arranjo, distribuição de controles		Página:
			127



- 1 - Luz de advertência: Pressão óleo no hidráulico
- 2 - Luz de advertência: Nível de óleo no hidráulico
- 3 - Luz de advertência: Retorno filtro de óleo
- 4 - Luz de advertência: Bateria
- 5 - Luz: Faróis
- 6 - Luz: Cuidado
- 7 - Luz: Máquina Parada
- 8 - Mostrador: Tacômetro
- 9 - Mostrador: Combustível
- 10 - Mostrador: Temperatura água do motor
- 11 - Mostrador: Pressão óleo do motor
- 12 - Mostrador: Contador de horas

Figura 50 - Arranjo e distribuição de mostradores

Instituição:	UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA		Departamento:	Departamento de Engenharia Agrícola		
Desenho:	Andréia Bordini de Brito		Orientador:	Haroldo Carlos Fernandes	Data:	12/2006
Descrição:	PROBLEMAS INFORMACIONAIS: Prancha de distribuição de Mostradores				Página:	128

5. CONCLUSÕES

O presente trabalho objetivou estudar a conformidade das máquinas derrubadoras-acumuladoras de madeira “*Feller-Bunchers*”, sob os aspectos antropométricos e ergonômicos, com vistas ao redesenho dos elementos da máquina que se encontram fora dos requisitos de normas e restrições antropométricas do operador brasileiro.

A avaliação confirmou a necessidade de se promover um ajustamento das condições do posto de trabalho ao operador brasileiro. Fato que pode ser explicado pela produção destas máquinas fora do Brasil, sendo, portanto direcionada a operadores que possuem uma compleição física diferente dos brasileiros. Assim, os comandos das máquinas exigem esforços extras dos operadores brasileiros, em termos de compreensão e acionamentos o que pode resultar em menores rendimentos nas operações de colheita e acarretar problemas na saúde.

Os Principais pontos no redesign do projeto da cabine são problemas: espaciais, acionais, interfaciais e informacionais. E os resultados obtidos neste estudo permitiram concluir que há necessidade de melhorias nos seguintes aspectos ergonômicos:

- Acesso a cabine – Melhor distribuição dos degraus e hastes, no mínimo três pontos para o apoio;

- Assento – recomendação e adequação às medidas antropométricas dos operadores mensurados com relação a regulagem e ajustes;

- Controles – alteração de controles por categoria de atividades no que diz respeito a forma e material;

- Painel de controle – distribuição ordenada do painel e mostradores por tarefa e lógica de seqüência operacional nos limites das áreas de ótimo e máximo alcance de visão;

- Simbologia e nomenclatura de comandos – são necessárias formas simples e linguagem clara para garantir a confiabilidade de leitura e entendimento.

Os níveis de ruído dentro das cabines, emitidos nos casos analisados, foram inferiores ao limite de 85 dB (A), para oito horas de exposição diária, estabelecido pela NR-15, para todas as etapas do ciclo operacional de colheita.

Para a coleta de informações dos operadores, as metodologias de análise antropométrica e questionários foram aptos a precisar um levantamento satisfatório no que diz respeito ao agrupamento de dados para análises.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Determinação do alcance de controles manuais em veículos rodoviários automotores**: NBR 650. Rio de Janeiro, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Medição da vibração transmitida ao operador - Tratores agrícolas de rodas e máquinas agrícolas** NBR 12319. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Medição do nível de ruído, no posto de operação, de tratores e máquinas agrícolas** NBR 9999. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Tratores agrícolas - Local de trabalho do operador, acesso e saída - Dimensões** : NBR ISO 4252. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Tratores e máquinas agrícolas e florestais - Recursos técnicos para garantir a segurança - Parte 3: Tratores**: NBR ISO 4254-3. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Tratores e máquinas agrícolas e florestais - Recursos técnicos para garantir a segurança - Parte 3: Tratores**: NBR ISO 3463. Rio de Janeiro, 1984. Botucatu, 1991.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora de Segurança e Saúde no Trabalho na Agricultura, Pecuária Silvicultura, Exploração Florestal e Aqüicultura** – NR 31. Portaria n. 86, de 04/03/05.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora de Ergonomia** – NR – 17. Portaria n. 117.000-7.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Atividades e operações insalubres** – NR – 15. Portaria n. 115.000-6.

COUTO, H.A. **Ergonomia aplicada ao trabalho: coletânea dos cadernos Ergo**. Belo Horizonte: Cultura, 1987. 432 p.

COUTO, H.A. **Ergonomia aplicada ao trabalho: o manual técnico da máquina humana**. Belo Horizonte: Ergo, 1995. v.1, 353p.

COUTO, H.A. **Ergonomia aplicada ao trabalho: o manual técnico da máquina humana**. Belo Horizonte: Ergo, 1996. v.2, 383p.

DELGADO, L. M. **El tractor agrícola características y utilizacion**. Madrid: Laboreo Solotractor, 1991. 235p.

DOMAINS OF SPECIALIZATION. In: **International Ergonomics Association**. USA: IEA Council, 2000. Disponível em: <<http://www.iea.cc/ergonomics/>>. Acesso em: 8 ago. 2006.

DRESH, A. M.; RODRIGUES N. B. Ergodesign da estação de trabalho de operadores de sistemas CAD – “cadistas”. In: MORAES, A. M.; FRISONI, B. C. (org.) **Ergodesign: produtos e processos**. Rio de Janeiro: 2AB, 2001. p. 169-194.

DREYFUSS, H. **Designing for people** 3. ed. Canadá: Allworth Press, Designing Management Intitute. 2003. 284 p.

FERNANDES, J.C. **Avaliação dos níveis de ruído em tratores agrícolas e seus efeitos sobre o operador**. 1991. 192 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Universidade Estadual Paulista,

FIEDLER, N. C. **Avaliação ergonômica de máquinas utilizadas na colheita de madeira**. 1995. 126 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 1995.

FONTANA, G. **Avaliação ergonômica do projeto interno de Cabines de forwarders e skidders**. 2005. 80 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, ESALQ, Piracicaba, SP.

GERTZ, Luiz Carlos. **Análise da Atividade de Digitação**. LMM - Laboratório de Medições Mecânicas – UFRGS, 1998.

GOMES FILHO, João. **Ergonomia do Objeto**: sistema técnico de leitura ergonômica. São Paulo: Escrituras, 2003.

GRANDJEAN, E. O Assento de Trabalho. In: **Manual de ergonomia**: Adaptando o Trabalho ao Homem, 4 ed. Porto Alegre: Bookman, p. 60-72, 1998.

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

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA-INT. **ERGOKIT - RJ. (Medidas para postos de trabalho)**. Rio de Janeiro.

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA-INT. **Pesquisa antropométrica e biomecânica dos operários da indústria de transformação - RJ. (Medidas para postos de trabalho)**. Rio de Janeiro, 1988. v.1, 128p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Agricultural tractors - operator's seating accommodation - dimensions**. ISO 4252-2000. Genève, 2000.17p.

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

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Agricultural wheeled tractors - Operator's seat - Laboratory measurement of transmitted vibration**. 2003. ISO - 5007.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Guide for the evaluation of human exposure to whole-body vibration**. Genève: 1985. ISO - 2631/1.

LIMA, J. S. S. **Avaliação da força de arraste, parâmetros ergonômicos e compactação do solo, em um sistema de colheita de madeira, utilizando os tratores florestais Feller-Buncher e Skidder**. Viçosa, MG, UFV, 1998. (Tese de doutorado)

LIMA, J. S. S; SOUZA, A. P; MACHADO, C. C; OLIVEIRA, R. B. **Avaliação de alguns fatores ergonômicos nos tratores "feller-buncher" e "skidder" utilizados na colheita de madeira**. Revista Árvore. v. 29, n. 2, p. 291-298, 2005.

MACHADO, C.C. **Colheita florestal**. Viçosa: UFV. 2002. 468 p.

MARQUES, R.T. **Otimização de um sistema de transporte florestal rodoviário pelo método PERT/COM**. 1994. 95 p. Dissertação (Mestrado Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MÁRQUEZ, L. **Solo tractor' 90**. Madrid: Laboreo, 1990. Cap.4: Ergonomía y seguridad en los tractores: p.146-207.

MENEZES, J.F.; MAZIERO, J.V.; YAMASHITA, R.Y. et al. **Avaliação de características de visibilidade apresentadas por um grupo de tratores de rodas**. Campinas: IAC, 1985. (Boletim Técnico, 101.) 17 p.

MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas: ensaios e certificação**. São Paulo: FEALQ, 1996.

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, MG.

MORAES, A. **Aplicação de dados antropométricos**: dimensionamento da interface homem – Máquina. 1983. 522 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1983.

PAHL, B & BEITZ, W. **Engineering Design**: a systematic approach. 2. ed. Londres : Springer, 1996.

PANERO, Julius e ZELNIK, Martin. **Las dimensiones humanas en los espacios interiores**: Estándares antropométricos. 5. ed. México: Gustavo Gili, 1991.

PETROSKI, Edio Luiz. **Antropometria**: Técnicas e padronizações. 2. ed. Porto Alegre: Pallotti, 2003. 160p.

ROBIN, P. **Segurança e ergonomia em maquinaria agrícola**. São Paulo: IPT, FUNDACENTRO, 1987. 24p.

PREFEITURA DE SANTA BÁRBARA. Informações Climáticas. In: Cidade. Disponível em:<<http://www.santabarbara.mg.gov.br/cidade/clima.asp>> Acesso em: 08 ago. 2006.

SCHLOSSER, J.F.; DEBIASI, H. **Acidentes com tratores agrícolas**: caracterização e prevenção. Santa Maria: UFSM, 2001. 86 p. (Caderno Didático, 8).

SCHLOSSER, J.F.; DEBIASI, H.; PARCIANELLO, G. et al. Antropometria aplicada aos operadores de tratores agrícolas. **Revista Ciência Rural**, v.32, n.6, p.983-988, 2002a.

SCHLOSSER, J.F.; DEBIASI, H.; PARCIANELLO, G. et al. Caracterização dos acidentes com tratores agrícolas. **Revista Ciência Rural**, v.32, n.6, p.977-981, 2002b.

SERRANO, R.C. **Novo equipamento de medições antropométricas**. São Paulo: FUNDACENTRO, 1996. 32 p.

SILVA, C.B. **Avaliação ergonômica de máquinas utilizadas na colheita de eucalipto**. 2002, 116 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2002.

SILVA, E.M. **Avaliação da preferência de cadeiras para diferentes tipos de trabalhos de escritório**. 2003 265 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

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 forestry research institute of Sweden. **Ergonomic guidelines for forest machines**. Uppsala, Sweden: Swedish National Institute for Working Life, 1999. 86 p.

SOARES, M. M. Contribuições da ergonomia do produto ao design de mobiliários escolares: “Carteira universitária”, um estudo de caso. **Estudos em Design**. v. 6, n. 1, p. 33-61, ago. 1998.

SOUZA, A. P.; MINETTI, L. J. Ergonomia aplicada ao trabalho. In: MACHADO, C.C. (Ed.), **Colheita florestal**. Viçosa - MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. p 293-309.

SOUZA, A. P.; MINETTI, L. J.; MARÇAL, M. A.; MAZZONI, C. F. **Levantamento ergonômico com o eletromiógrafo e o dinamômetro eletrônico do trabalho do operador de máquinas na colheita florestal**. Viçosa: Laboratório de ergonomia florestal – UFV, 2001. (Relatório Técnico), 58 p.

SOUZA, A.P. **Colheita e transporte florestal**. Viçosa: UFV, 1985. 104 p.

THOMAS, R.E.; TUCKER, D.P.W.; SMITH, L.A. et al. The anthropometry of Forest machine operators in the southern USA. **Journal of Forest Engineering**. v.5, n.2, p.33-41, 2001.