

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE  
PRODUÇÃO**

**ANÁLISE ERGONÔMICA PARA A CONCEPÇÃO DE CABINES  
DE TRATORES DE FLORESTA**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina  
para obtenção do grau de mestre em Engenharia de Produção

**CLAUDIA CECILIA COLOMO DE ROJAS**



0.227.314-1

UFSC-BU

**Florianópolis - Santa Catarina - Brasil**

**Novembro de 1994**

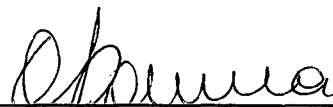
**ANÁLISE ERGONÔMICA PARA A CONCEPÇÃO DE CABINES  
DE TRATORES DE FLORESTA**

**CLAUDIA CECILIA COLOMO DE ROJAS**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de

**"MESTRE EM ENGENHARIA"**

especialidade Engenharia de Produção e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-graduação



**Prof. Osmar Possamai, Dr.  
Coordenador do Programa**

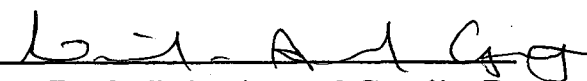
**BANCA EXAMINADORA:**



**Prof. Neri dos Santos, Dr. Ing.  
Presidente**



**Prof. Ingeborg Sell, Dr. rer. nat.**



**Prof. Leila Amaral Gontijo, Dr.**

Dedico este trabalho

a meu esposo *Ricardo*, a meu filho *André*, pelos seus sorrisos, e por aceitar as minhas ausências.

aos meus pais, *Adolfo* e *Namy*, pela base da minha vida.

a minha família que ainda na distância souberam ficar perto.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi desenvolvido com o constante incentivo e apoio decisivo de meu orientador Prof. Neri dos Santos. A ele agradeço não apenas os ensinamentos acadêmicos, mas também a transmissão de uma filosofia profissional e de conduta.

As minhas amigas Ana, Eliete, e Oneida, por ter ficado sempre do meu lado nas horas mais difíceis. A elas agradeço o apoio, o incentivo, a troca de idéias e sobremaneira, a constante amizade.

A Mônica, Dilamar, Carlos Miguel, Socorro e Sevastião, pelo empenho na revisão do texto.

Aos colegas da baía por sua companhia nas horas de trabalho.

Às Empresas Iochppe Maxion, Aracruz e Papel e Celulose Catarinense, por ter aberto as suas portas para o desenvolvimento do trabalho.

Ao CNPq pelo apoio financeiro no decorrer do trabalho.

## LISTA DE FIGURAS

		Pág.
FIGURA 2.1	Sistematização da adaptação do trabalho o homem	11
FIGURA 2.2	Senibilidade humana às vibrações	18
FIGURA 3.1	Desenvolvimento de um posto de trabalho	19
FIGURA 3.2	Planejamento do corte	22
FIGURA 3.3	A largura do plano de trabalho	23
FIGURA 3.4	Madeira bem empilhada	23
FIGURA 3.5	Posição de corte	24
FIGURA 3.6	Dados de operários brasileiros, pesquisa realizada pela Philips do Brasil (1965)	28
FIGURA 3.7	Dados de operadores de trator florestal (PCC- Lages)	29
FIGURA 3.8	Valores médios de rotações voluntárias do corpo	30
FIGURA 3.9	Zonas de alcances preferenciais e máximas para a posição sentada	31
FIGURA 3.10	O espaço de trabalho e o alcances que envolvem o posicionamento dos controles	32
FIGURA 3.11	Dimensões a serem consideradas no projeto de cabine	33
FIGURA 3.12	Dimensões a serem consideradas no projeto de cabine	34
FIGURA 3.13	Posição ótima para o acionamento dos pedais	36
FIGURA 4.1	Distribuição de pressões sobre o assento	42
FIGURA 4.2	Postura adotada por tratorista, onde os comandos estão muito afastados	43
FIGURA 4.3	Contato do corpo com a superfície do assento	44

<b>FIGURA 4.4</b>	Medidas dos diferentes tipos de assentos encontrados no posto do tratorista	50
<b>FIGURA 4.5</b>	Situação recomendada para dimensionamento do assento do tratorista (Vista lateral)	51
<b>FIGURA 4.6</b>	Situação recomendada para dimensionamento do assento do tratorista (Vista frontal)	51
<b>FIGURA 4.7</b>	Tabela antropométrica	57
<b>FIGURA 4.8</b>	Tratorista Médio-Manequim	58
<b>FIGURA 5.1</b>	Máquina base de trator florestal	72
<b>FIGURA 5.2</b>	Braço telescópico ou grua	73
<b>FIGURA 5.3</b>	Cabeçote	74
<b>FIGURA 5.4</b>	Layout da cabine	75
<b>FIGURA 5.5</b>	Painel de instrumentos	76
<b>FIGURA 5.6</b>	Painel de controle I	77
<b>FIGURA 5.7</b>	Painel de controle II	77
<b>FIGURA 5.8</b>	Painel de controle III	78
<b>FIGURA 5.9</b>	Comandos manuais Joysticks	78
<b>FIGURA 5.10(a)</b>	Descrição do comando manual direito	79
<b>FIGURA 5.10 (b)</b>	Descrição do comando manual esquerdo	79
<b>FIGURA 5.11</b>	Volante de direção	80
<b>FIGURA 6.1</b>	Escala de ruídos em decibéis (dB(A)), como os níveis correspondentes das pressões sonoras e alguns exemplos típicos	83
<b>FIGURA 6.2</b>	Corte da Cóclea	85
<b>FIGURA 6.3</b>	Efeito do ruído nos organismos do corpo humano	97
<b>FIGURA 6.4</b>	Caminhos de transmissão do ruído	99
<b>FIGURA 7.1</b>	O corpo Humano como sistema mecânico	108
<b>FIGURA 7.2</b>	Tipos de cinemática utilizada em testes de assentos	110
<b>FIGURA 7.3</b>	Suspensão pneumáticas	111
<b>FIGURA 7.4</b>	Tipos de vibrações em assentos	112
<b>FIGURA 8.1</b>	Carta Psicométrica	117
<b>FIGURA 8.2</b>	Atividade metabólica em função da resistência térmica da roupa	125
<b>FIGURA 8.3</b>	Diagrama de conforto	126
<b>FIGURA 9.1</b>	Localização dos pontos medidos	134

<b>FIGURA 9.2</b>	Superfícies escolhidas para o cálculo da luminância	136
<b>FIGURA 9.3</b>	Teste de acuidade visual	138
<b>FIGURA 10.1</b>	Regulagem do assento	144
<b>FIGURA 10.2</b>	Tratorista com problemas na coluna pela má postura	145
<b>FIGURA 10.3</b>	Encosto com duas almofadas adicionais para manter a postura da coluna reta	146
<b>FIGURA 10.4</b>	Região vertebral mais atingida nos trabalhos em tratores florestais	146
<b>FIGURA 10.5</b>	PPD em função do PMV	159

## LISTA DE TABELAS

		<b>Pág.</b>
<b>TABELA 2.1</b>	Limites de tolerância à tensão física ocasionada pelo calor nos trabalhos florestais	13
<b>TABELA 2.2</b>	Alterações da produtividade em trabalhos florestais dado à tensão física ocasionada pelo calor	14
<b>TABELA 2.5</b>	Taxa metabólica do operários florestais	15
<b>TABELA 2.6</b>	Clasificação de cargas de trabalho em função das reações fisiológicas	21
<b>TABELA 3.1</b>	Valores encontrados no posto e valores recomendados pela norma ISO 4253	34
<b>TABELA 3.2</b>	Valores dos alcances mínimos e máximos dos tratoristas	35
<b>TABELA 4.1</b>	Dados obtidos referentes aos operadores de trator florestal	46
<b>TABELA 4.2</b>	Procesamento dos dados antropométricos	47
<b>TABELA 4.3</b>	Faixa etária em porcentagem	49
<b>TABELA 4.4</b>	Situação No.1	52
<b>TABELA 4.5</b>	Situação No.2	53
<b>TABELA 4.6</b>	Situação No.3	54
<b>TABELA 4.7</b>	Situação No.4	55
<b>TABELA 4.8</b>	Dados antropométricos que não podem er normalizados	56
<b>TABELA 4.9</b>	Consequências de um mau projeto de assento	59
<b>TABELA 6.1</b>	Limites do NPS-Portaria 3214/1978	92
<b>TABELA 6.2</b>	Avaliação da dose diária de ruído	93



<b>TABELA 6.3</b>	Condições de inteligibilidade em função da distância	98
<b>TABELA 7.1</b>	Porcentagem de danos causados pela vibração	105
<b>TABELA 7.2</b>	Frequência de ressonância de diversas partes do corpo humano	108
<b>TABELA 7.4</b>	Riscos da saúde em tratores sem controle de vibração	109
<b>TABELA 8.1</b>	Escala de sensação térmica	114
<b>TABELA 8.2</b>	Tabela de taxas metabólicas	118
<b>TABELA 8.3</b>	Vestuário do tratorista	118
<b>TABELA 8.4</b>	Resultados obtidos nas medições	119
<b>TABELA 8.5</b>	Resultados obtidos do programa FANGER.basica	120
<b>TABELA 8.6</b>	Resultados obtidos do programa FANGER.basica	121
<b>TABELA 8.7</b>	Resultados obtidos do programa FANGER.basica	122
<b>TABELA 8.8</b>	Simulação de condições de inverno	127
<b>TABELA 8.9</b>	Simulação de condições de verão	127
<b>TABELA 9.1</b>	Capacidade visual em determinadas circunstâncias	131
<b>TABELA 9.2</b>	Iluminancias pontuais da cabine do trator florestal	135
<b>TABELA 9.3</b>	Luminâncias da cabine do trator florestal	136
<b>TABELA 9.7</b>	Níveis de refletividade	137
<b>TABELA 9.5</b>	Valores da acuidade	138
<b>TABELA 10.1</b>	Forças máximas para manobrar os comandos	151
<b>TABELA 10.2</b>	Requisitos de conforto recomendado	159
<b>TABELA 10.3</b>	Parâmetros para uma cabine preurizada	160

# SUMÁRIO

Pág.

## RESUMO ABSTRACT

### CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

1.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1.2	JUSTIFICATIVA DO ESTUDO	3
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	4
1.4	RELEVÂNCIA DO TRABALHO	5
1.5	DEMANDA DO TRABALHO	5
1.6	LIMITAÇÕES DO TRABALHO	5
1.7	HIPÓTESES DO TRABALHO	6
1.8	OBJETIVOS DO ESTUDO	6
1.6	METODOLOGIA	7

### CAPÍTULO 2: CONSIDERAÇÕES ERGONÔMICAS SOBRE O TRABALHO FLORESTAL

2.1	OBJETIVO DA ERGONOMIA	9
2.2	O TRABALHO HUMANO E SEU DESEMPENHO	9
2.3	ASPECTOS ERGONOMICOS NA EXPLORAÇÃO FLORESTAL	10
2.4.	MEDIDAS A SEREM CONSIDERADAS DURANTE O TRABALHO	12
2.5	POSIÇÕES DE TRABALHO	14
2.6	APORTE CALÓRICO	14
2.7	FREQUÊNCIA CARDÍACA	15
2.8	ATIVIDADES MUSCULARES	15
2.9	ATIVIDADES MENTAIS	16

2.10	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	16
------	-------------------------	----

**CAPÍTULO 3: ANÁLISE ERGONÔMICA DO POSTO DE CONDUÇÃO DE UM TRATOR FLORESTAL**

3.1	ANÁLISE DA TAREFA	20
3.2	ANÁLISE DAS ATIVIDADES DE CONDUÇÃO DE UM TRATOR DE FLORESTA	25
3.3	ANÁLISE ANTROPOMÉTRICA E BIOMECÂNICA DO POSTO DE CONDUÇÃO DE UM TRATOR DE FLORESTA	27
3.4	ESTUDO DE CASO	32

**CAPÍTULO 4: PRINCÍPIOS GERAIS PARA A CONCEPÇÃO ERGONÔMICA DO ASSENTO DE UM POSTO DE CONDUÇÃO DE UM TRATOR FLORESTAL**

4.1	PRINCÍPIOS ERGONÔMICOS GERAIS SOBRE OS ASSENTOS	40
4.2	FINALIDADE DO ASSENTO	41
4.3	ASPECTOS ANTROPOMÉTRICOS PARA A CONSEPÇÃO DO ASSENTO	45
4.4	CONSEQUÊNCIAS DO MAU PROJETO DO ASSENTO	58

**CAPÍTULO 5: PRINCÍPIOS GERAIS PARA A CONCEPÇÃO DE COMANDOS E CONTROLES DE UM POSTO DE CONDUÇÃO DE UM TRATOR DE FLORESTA**

5.1	DEFINIÇÃO	60
5.2	OBJETIVO	60
5.3	REQUISITOS	61
5.4	DISCRIMINAÇÃO DOS COMANDOS	61
5.5.	OS COMANDOS E A INFLUÊNCIA EXTERNA	62
5.6	TIPOS DE COMANDOS	63
5.7	FUNÇÕES DOS COMANDOS	63
5.8	VARIAÇÕES DOS COMANDOS	64
5.9	PROCESSO DE ESCOLHA PARA A CONFIGURAÇÃO E SELEÇÃO DOS COMANDOS	64

5.10	QUESTÕES A SEREM CONSIDERADAS PARA REALIZAR UMA BOA SELEÇÃO DOS COMANDOS	65
5.11	MOVIMENTO DOS COMANDOS	65
5.12	DISPOSIÇÃO DOS COMANDOS NO ESPAÇO	63
5.13	PRINCÍPIOS FUNCIONAIS PARA ARRANJO DE COMANDOS	67
5.14	FACILIDADE DE DESLOCAMENTO	68
5.15	AJUSTE DOS COMANDOS	68
5.16	MANEJO DOS COMANDOS	69
5.17	TIPOS DE MANEJO	69
5.18	ORGÃOS EFERENTES E POSTURAS	70
5.19	COMPARAÇÃO ENTRE COMANDOS DE PÉ E MANUAIS	70
5.20	ACOPLAMENTO ENTRE O CORPO E O COMANDO	71
5.21	ESTUDO DE CASO DA CABINE DO TRATOR FLORESTAL	72

**CAPÍTULO 6: PRINCÍPIOS GERAIS SOBRE A CONCEPÇÃO ERGONÔMICA DO AMBIENTE SONORO DE CABINES DE TRATORES DE FLORESTA**

6.1	MECANISMOS DE AUDIÇÃO	84
6.2	MÉTODOLOGIA UTILIZADA PARA A AVALIAÇÃO DO NÍVEL SONORO EM TRATORES FLORESTAIS CABINADOS	85
6.3	LEVANTAMENTO DE DADOS	86
6.4	ANÁLISE DOS RESULTADOS	94
6.5	EFEITOS DO RUÍDO NOS TRATORISTA	94
6.6	PROTETORES AUDITIVOS	99

**CAPÍTULO 7: PRINCÍPIOS GERAIS SOBRE A CONCEPÇÃO ERGONÔMICA DO AMBIENTE VIBRATÓRIO EM CABINES DE TRATORES DE FLORESTA**

7.1	TIPOS DE VIBRAÇÕES EXISTENTES NOS TRATORES FLORESTAIS	103
7.2	EXPOSIÇÃO DO TRATORISTA À VIBRAÇÃO E OS EFEITOS SOBRE O ORGANISMO	104
7.3	ENSAIOS DE TESTES DE ASSENTOS DE TRATORES FLORESTAIS	110

**CAPÍTULO 8: PRINCÍPIOS GERAIS SOBRE A CONCEPÇÃO  
ERGONÔMICA DO AMBIENTE TÉRMICO EM  
CABINES DE TRATOR FLORESTAL**

<b>8.1</b>	MÉTODOLOGIA UTILIZADA PARA AVALIAR O AMBIENTE TÉRMICO DA CABINE DO TRATOR FLORESTAL	114
<b>8.2</b>	EFEITOS CAUSADO PELAS MÁ S CONDIÇÕES NO AMBIENTE TÉRMICO	120
<b>8.3</b>	PROGRAMA FANGER.BASICA	154

**CAPÍTULO 9: PRINCÍPIOS GERAIS SOBRE A CONCEPÇÃO  
ERGONÔMICA DO AMBIENTE LUMINOSO EM  
CABINES DE TRATORES DE FLORESTA**

<b>9.1</b>	FONTES LUMINOSAS	130
<b>9.2</b>	AS UNIDADES DE MEDIDA	130
<b>9.3</b>	ILUMINAÇÃO E DESEMPENHO	131
<b>9.4</b>	MÉTODOLOGIA DA AVALIAÇÃO DO AMBIENTE LUMÍNICO NA CABINE DO TRATOR FLORESTAL	132
<b>9.5</b>	ACUIDADE VISUAL	138
<b>9.6</b>	EFEITOS DE UMA MÁ ILUMINAÇÃO	139

**CAPÍTULO 10: CADERNO DE ENCARGOS DE RECOMENDAÇÕES  
ERGONÔMICAS**

<b>10.1</b>	RECOMENDAÇÕES ERGONÔMICAS RELATIVAS AO POSTO DA CABINE DO TRATOR FLORESTAL	141
<b>10.2</b>	RECOMENDAÇÕES ERGONÔMICAS RELATIVAS AO ASSENTO DO TRATOR FLORESTAL	144
<b>10.3</b>	RECOMENDAÇÕES ERGONÔMICAS RELATIVAS AOS COMANDOS DO TRATOR FLORESTAL	148
<b>10.4</b>	RECOMENDAÇÕES ERGONÔMICAS RELATIVAS AO AMBIENTE SONORO DA CABINE DO TRATOR FLORESTAL	155
<b>10.4</b>	RECOMENDAÇÕES ERGONÔMICAS RELATIVAS AO AMBIENTE VIBRATÓRIO DA CABINE DO TRATOR FLORESTAL	157
<b>10.4</b>	RECOMENDAÇÕES ERGONÔMICAS RELATIVAS AO AMBIENTE TÉRMICO DA CABINE DO TRATOR FLORESTAL	159

**10.4 RECOMENDAÇÕES ERGONÔMICAS RELATIVAS ÀS  
CONDIÇÕES DO AMBIENTE LUMÍNICO**

161

**CONCLUSÕES**

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

**ANEXOS**

## RESUMO

A Ergonomia para realizar o estudo no setor florestal auxilia-se, principalmente, das ciências relacionados ao trabalho humano tais como a medicina, a psicologia, a fisiologia do trabalho e a engenharia, sendo agrupados em fatores humanos, técnicos e sociais. No trabalho florestal, os parâmetros mais influentes, são os fatores ambientais, climáticos e mecânicos, tendo seus principais efeitos negativos oriundos dos ruídos, vibrações, temperatura e ambiente em geral.

Esta dissertação apresenta uma avaliação ergonômica de cabines de tratores florestais, que permitira realizar mudanças a partir do projeto, também visando proporcionar ao tratorista melhores condições de trabalho e como consequência natural, tornar mais produtivos seus resultados.

Para esta avaliação foram coletados dados dos diferentes fatores que influenciam no desenvolvimento da atividade. Com relação aos aspectos ambientais, foram avaliados: o ruído, a vibração, a iluminação e a temperatura. Quanto ao posto de trabalho avaliou-se: o assento (dimensões, material e amortecimento), os comandos e controles, o painel de controle (formas, tamanhos, cores, design), o espaço de trabalho (altura, largura, disposição e visibilidade) e medidas antropométricas. No que diz respeito ao tratorista o estudo considerou a fadiga, o desempenho, a carga de trabalho, a tensão e esforços físicos, a produtividade e um levantamento de dados das doenças próprias desta atividade. Finalmente, foram avaliados todos os riscos inerentes à esta atividade. Para diminuí-los propõe-se medidas de proteção como também um caderno de encargos para futuras modificações no projeto de tratores florestais cabinados.

Após a avaliação dos dados concluí-se que a área florestal, apesar de ser uma das mais antigas atividades humanas, ainda não tem tido um desenvolvimento tecnológico nos projetos de maquinarias que permitam evitar danos à saúde do operador e da sua integridade física.

## **ABSTRACT**

Ergonomics in the forest sector comprises especially knowledges selected to the human work such as the medicine and psychology, working physiology and engineering, which are grouped in human, technical and social social factors. In the forest work the most influent parameters are environmental, climactical and mechanical factors, with the main negative effects caused by noises, vibrations, temperature and environment in general.

The present work presents an ergonomic evaluation of general forest tractor cabs, aiming to provide the tractor driver better work conditions, and, as a natural cosequence, to make their results more productive.

For evaluation data were collected from the different factors that influence in the activity development. In relation to the environmental aspects, the following factors were evaluated: noise, vibration, illumination and temperature. In relation to the work station, the factors evaluated were: seat (dimension, material and shock absorver), commands and controls, dashboard (forms, size, colors and design), work space ( height, width, disposition and visibility), and anthropometric measures. In relation to the tractor driver, the study considered: fatigue, performance, hours of work, tension and physical effects, productivity and a data collection of diseases peculiar to this activity. Finally, all dangers inheunt this activity were evaluated.

In order to minimize these aspects, this work proposes ways of protection as well as a notebook of jobs assignment for future modification in the project of forest tractors cabs .

After data evaluation, this study concludes that the foret area, in spite of being one of the most ancient human activities has not yet had a technological development that allows workers to avoid damage to their health and to their physical integrity.



# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Numa análise ergonômica do trabalho diversas situações podem ser analisadas: trabalhos de natureza intelectual, tais como o trabalho de pesquisadores, escritores, etc, ou trabalhos de natureza física, tais como os dos tratoristas, pedreiros, mineiros, etc.

Por muitos séculos houve o predomínio do trabalho de natureza física já que as únicas fontes de energia disponíveis eram os músculos humanos ou animais e grande parte da população concentrava-se em zonas rurais.

Com a revolução industrial, uma alta percentagem da população rural deslocou-se para as cidades para trabalhar como mão-de-obra assalariada.

A partir de então, o trabalho físico tem sido transferido, gradativamente, às máquinas, em todos os setores da atividade humana. A mecanização agrícola, por exemplo, reduz consideravelmente a utilização da potência muscular, mas o trabalho humano continua tendo sua parcela e sendo, de primordial importância.

Com o desenvolvimento industrial, o homem passou a utilizar, cada vez mais, a madeira como matéria prima, por exemplo, na indústria de mobiliários e utensílios em geral, na indústria do papel para celulose, etc.

Para obter os produtos à partir da madeira, o homem começou a exploração florestal de forma artesanal, manualmente e em pequenas quantidades. Posteriormente, com o aparecimento das serras mecânicas, o trabalho passou a ser semi-manual, sendo realizado de forma pouco organizada, provocando um desflorestamento desordenado, onde os trabalhadores arriscavam suas vidas. Assim, pouco à pouco, desenvolveram-se equipamentos e maquinários agrícolas que foram adaptados aos trabalhos florestais. Inicialmente, apresentavam

vantagens no aumento da produção, não oferecendo todavia, vantagens nem para o operador nem para a natureza.

À partir da década de 70, alguns estudos de projetistas, ecologistas e pessoas envolvidas na área de saúde ocupacional, levaram as empresas madeireiras a se comprometer com um programa de reflorestamento juntamente com o de exploração florestal. Ao mesmo tempo, os projetos dos tratores deviam visar dar mais proteção aos operários, em caso de acidentes característicos neste tipo de atividade. Neste sentido, segundo dados fornecidos pelos diferentes órgãos encarregados, pode-se constatar que os acidentes com tratoristas diminuíram em relação aos anos anteriores e, da mesma forma, está sendo controlado o reflorestamento.

De fato, o projeto dos tratores modernos que estão sendo desenvolvidos em países desenvolvidos, inclui considerações sobre as características humanas. Estas considerações, quando precocemente incorporados ao projeto, permitem ao operador realizar tarefas difíceis com mais eficiência, segurança e um mínimo de fadiga. Em geral, o conforto humano inclui, itens como: conforto de dirigibilidade, visibilidade, localização e arranjo dos controles, facilidade na operação dos controles, controle térmico e controle acústico.

Todos estes aspectos são considerados pela Ergonomia, uma disciplina multidisciplinar que estuda, em todas as suas diversidades, as relações e ligações recíprocas existentes entre o homem e o meio de trabalho. O posto de condução deve oferecer ao tratorista, boas condições de trabalho, assegurando um bom desempenho e a redução dos acidentes.

Assim, as pessoas que trabalham na concepção de máquinas, como tratores, devem ter as informações necessárias e suficientes para levar em consideração os dados antropométricos e biomecânicos disponíveis da população e, no projeto, realizar a adaptação de cada operação às capacidades normais do homem, eliminando, desta forma, os erros de projeto que provocam riscos à segurança e à saúde dos trabalhadores.

Neste sentido, a presente dissertação apresenta uma nova abordagem na resolução de problemas, que ainda existem, na concepção de tratores florestais, procurando dar, além da segurança ao tratorista, o necessário conforto de operação.

A dissertação, portanto, pretende realizar uma análise ergonômica da cabine de tratores florestais considerando tanto as suas partes componentes como as influências de fatores externos.

Assim sendo, os conceitos fundamentais da ergonomia são utilizados, visando obter resultados que permitam não só um aumento de produtividade, mas também oferecer melhores condições de trabalho aos tratoristas.

## 1.2 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO

Na maioria dos casos, pode-se observar que, as máquinas e implementos agrícolas e florestais produzidos no Brasil, resultam de cópias de máquinas projetadas nos países do primeiro mundo, procurando-se adaptá-las às condições específicas do país (Aracruz 1993).

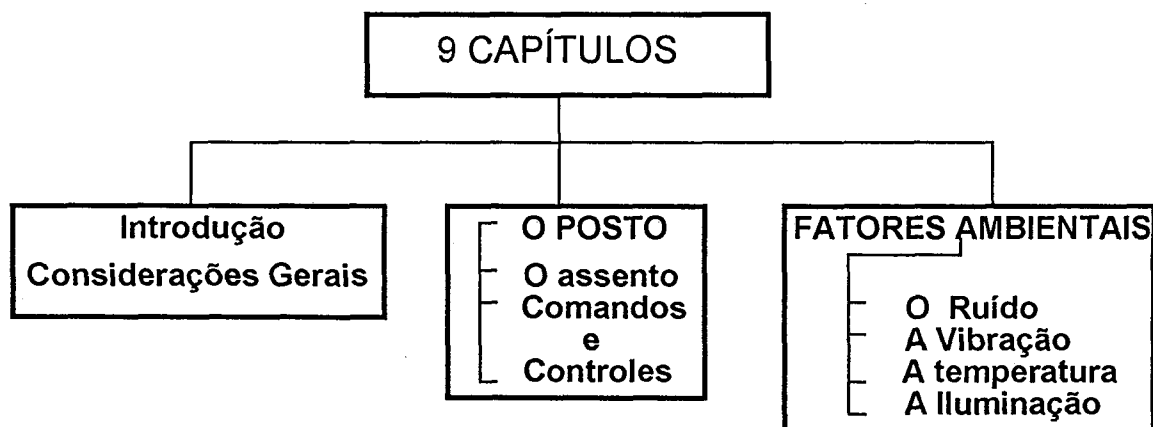
Constata-se, também, que mesmo naquelas empresas que possuem uma engenharia mais desenvolvida, estas adaptações geralmente são feitas, com base no tratamento empírico das informações fornecidas pela assistência técnica e usuários (Iochppe Maxion).

Para que o processo de desenvolvimento de produto possa evoluir tecnologicamente, faz-se necessário que este ocorra sobre bases científicas, utilizando-se princípios e procedimentos que possibilitem projetar máquinas e implementos, em função do desempenho que se pretende obter em determinadas condições operacionais e, sobretudo, levando-se em conta as características fisiológicas e psicológicas do usuário, proporcionando-lhe conforto e segurança.

Desta forma, diversas razões de ordem ergonômica e metodológica precedem a escolha e justificam este estudo:

- Na sua maior parte os tratores florestais são adaptações realizadas a partir de tratores agrícolas (Iochppe Maxion).
- O trator na atualidade é utilizado na área agrícola e florestal em larga escala. e suas funções são múltiplas (lavoura, corte das árvores, transporte, retirada, capinação, empilhamento etc.). Neste sentido, o trator é considerado como ferramenta central, o pivô de um grande número de atividades na exploração florestal.
- O número de horas trabalhadas por um tratorista anualmente é bastante significativo 800 horas em média por ano (Empresa de papel e Celulose Catarinene-Lages).
- No que se refere à segurança do trabalho, os riscos da utilização do trator são altos. Estes riscos são amplamente demonstrados por estatísticas acumuladas (Cadernos de estatísticas agrícolas e florestais, 1976). Durante a pesquisa de campo, constatou-se que cada família sofria ao menos um acidente a cada ano, motivo pelo qual os tratoristas, especialmente aqueles que trabalham na área rural, estavam deixando as suas terras por considerar o trabalho muito perigoso.
- O trator simboliza perfeitamente o fenômeno de mecanização crescente da agricultura e da atividade florestal, aliviando, de certo modo, o trabalho braçal mas, produzindo paralelamente novas condicionantes de vida e de trabalho.
- Os operadores de tratores, após um certo período de trabalho apresentam problemas, especialmente dorso-lombares, o que permite caracterizar a elevada carga de trabalho do ponto de vista postural. Assim sendo, o trator gera novas possibilidades de produção, mas gera também, novas condicionantes. De fato, sendo a execução do trabalho muito mais rápida, o número de manobras por unidade de tempo é maior. Por outro lado, leva vantagem em relação ao homem o ao animal, na medida em que o trator reduz o tempo de pausa, podendo funcionar quase sem interrupção. Assim, o ritmo de trabalho é mais intenso. A noite não é mais um obstáculo e as horas de repouso são reduzidas.
- Pode-se notar que, de certa forma, os mais idosos são implicitamente afastados, quando a tarefa exige trabalhos em máquinas mais modernas, no caso de tratores. Considerando que a evolução e a modernização dessas máquinas representam para eles novos riscos, eles acabam preferindo o trabalho braçal, que é mais familiar e eles podem desempenhá-lo com muita mais eficiência ( Revista Brasileir de Súde Ocupacional N°18).
- Nos tratores, de maneira geral, o espaço de trabalho é praticamente o mesmo, tanto para a agricultura, como para o trabalho florestal, o que facilita a realização da pesquisa florestal, visando que as recomendações sejam uteis para ambas áreas, diferenciando-as pelo tipo de tarefa que cada uma desempenha.

### 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO



A dissertação está dividida em 3 partes. na primeira delas, estão dois capítulos que mostram um enfoque sobre aspectos gerais da atividade em tratores florestais. No capítulo 1 estão colocados a apresentação, a delimitação do tema, os objetivos, as hipóteses, a metodologia, a estrutura, a justificativa do estudo e as limitações do trabalho. O capítulo 2 apresenta um enfoque geral sobre o trabalho do operador em tratores florestais, considerando o seu desempenho, e os fatores que o influenciam como a fadiga e a idade, e as consequências decorrentes das más condições do trabalho. Outros fatores analisados são as medidas que devem ser consideradas durante o trabalho florestal, as posições de trabalho, os métodos ergonômicos de avaliação dos esforços físicos e a organização do trabalho na área florestal. salientando a importância da Ergonomia. Assim sendo foi considerado o diagnóstico em ergonomia como sendo o mesmo dado em medicina, isto é, o levantamento de sintomas que possam caracterizar um quadro clínico patológico, a partir do qual se possa aplicar uma terapêutica

Na segunda parte, o capítulo 3 se ocupa da análise ergonômica do posto de condução de um trator de floresta, considerando a análise da tarefa da condução do trator florestal, a antropometria estática e dinâmica do operador e um estudo de caso no sentido de avaliar as condições atuais de trabalho, para logo realizar uma comparação com normas existentes. O capítulo 4 analisa o assento como elemento principal do posto de trabalho e os princípios gerais para a sua concepção ergonômica dentro do posto de condução de um trator florestal, para a análise do assento foram considerandos os aspetos antropométricos dos operadores do trator, mediante o levantamento de medidas físicas, num segundo momento realizou-se a medição dos assentos dos tratores florestais para a comparação com as normas, e realizar recomendações que permitam melhorar o projeto do assento. O capítulo 5 analisa um segundo elemento que é fundamental dentro do posto que são os comando e controles, considerando o estudo dos princípios gerais para a concepção ergonômica de comandos e controles de um posto de condução de um trator florestal, analisando a interface entre o corpo humano e os

comandos; neste capítulo são mostradas as formas de avaliação de comandos segundo as suas funções, propondo assim a disposição deles de acordo com diferentes variáveis das quais dependem; finalmente foram feitas as recomendações ergonômicas para a projeção de comandos e controles segundo princípios ergonômicos.

Finalmente, na terceira parte, os capítulos 6,7,8 e 9 referem-se aos fatores ambientais que influenciam ao tratorista, sendo o ruído, a vibração, a temperatura e a iluminação na avaliação destes fatores foram realizadas medições para obter resultados os mesmos que permitiram demonstraram as condições de trabalho em tratores cabinados na área florestal e ao mesmo tempo realizar recomendações ergonômicas para realizar melhoras em futuros projetos em cabines.

#### **1.4 RELEVÂNCIA DO TRABALHO**

O trabalho na área florestal possui uma grande importância social e econômica para o país, além de ser o segundo depois do trabalho na construção civil em apresentar o maior índice de acidentes de trabalho registrados pela instituições oficiais (IBGE, Instituto Brasileiro Geográfico e de Estatística). No Sul do Brasil o trabalho em tratores foi responsável por 26% dos acidentes em 1992 (Fonte: INSS).

A cabine nos tratores florestais é um elemento que foi introduzido a pouco tempo e ainda possui pontos fracos no seu projeto apresentando principalmente problemas de dimensionamento, de estrutura, de distribuição de comandos e de conforto ambiental.

Outro ponto importante que foi observado é que a maioria dos tratores florestais são adaptações de tratores agrícolas (Fonte: Iochppe Maxion), pelo qual uma análise desde um ponto de vista ergonômico permitiria realizar futuros projetos considerando sobre todo o usuário (operador) e os diferentes fatores que influenciam o desenvolvimento das atividades que ele realiza durante uma jornada de trabalho.

Dessa forma, a incorporação da ergonomia no projeto é fundamental para que esta possa atingir seu objetivos de adequação e adaptação do trabalho ao homem, e para que o operador realize seu trabalho de forma mais satisfatória, segura e eficiente.

#### **1.5 DEMANDA DO TRABALHO**

O trabalho foi desenvolvido através da solicitação realizada por parte da empresa Iochppe Maxion para realizar uma análise ergonômica, para uma cabine de trator florestal, devido ao fato de que os projetos eram mais adaptações realizadas acima de máquinas agrícolas.

#### **1.6 LIMITAÇÕES DO TRABALHO**

O universo considerado neste trabalho é o conjunto de tratores cabinados, mais especificamente tratores florestais cabinados. Salienta-se, também, que a indústria de tratores aqui considerada é entendida como aquela de máquinas e os seus implementos.

O tipo de trator a ser analisado é o pneumático, com capacidade de 1 tonelada, provido de uma ferramenta de corte e desgalhamento, a qual pode ser trocada por outras ferramentas segundo o trabalho a ser desenvolvido.

A localização geográfica da pesquisa tem como campo de estudo, o Sul do Brasil, a cidade de Lages no estado de Santa Catarina, onde foram obtidos os dados e medições.

Outrossim, pode-se salientar que, neste trabalho, os aspectos psíquicos e cognitivos dos operadores do trator florestal, não serão abordados. Assim, só será feita uma análise geral das influências dos aspectos físicos sobre o tratorista.

A fabricação de ferramentas manuais e outros pequenos implementos não serão analisadas sistematicamente neste trabalho, que limita-se a uma análise rápida da situação atual. Neste caso, o estudo é baseado em informações colhidas junto a órgãos ligados ao setor industrial, e não diretamente com os fabricantes, pois os acessórios e ferramentas são produzidos em pequenas oficinas industriais, que fabricam equipamentos sob encomenda e em pequenos lotes, o que dificulta a coleta de dados. Estas pequenas indústrias fornecem seus produtos como peças para as empresas fabricantes de tratores.

A análise será feita considerando o trator como um todo, e não como um conjunto de componentes, dando um enfoque ergonômico global, também serão considerados os fatores que influenciam no desempenho da atividade do tratorista.

## **1.7 HIPÓTESES DO TRABALHO**

Estabelecem-se algumas hipóteses, que serão testados ao longo deste trabalho:

### **1.7.1 Hipótese Geral**

Dar um enfoque ergonômico na etapa de projeto pode contribuir no melhoramento das condições de trabalho tanto física como ambientais dentro do posto de trabalho da cabine do trator florestal ?.

### **1.7.2 Hipótese de trabalho**

- ☉ As condições ambientais: ruído, vibração, temperatura, luminosidade, são fatores que somados provocam condições de trabalho inadequadas e incrementam os índices de acidentes.
- ☉ Considerando como base do projeto as medidas antropométricas e biomecânicas será possível oferecer ao tratorista, um posto de trabalho adequado às suas necessidades, que tornará seu trabalho mais produtivo e sua saúde será menos afetada.

## **1.8 OBJETIVOS DO ESTUDO**

### **1.8.1 Objetivo principal**

Fornecer recomendações ergonômicas para futuros projetos de cabines de tratores em geral, tendo em vista a necessidade da consideração das características fisiológicas e psicológicas do homem, permitindo um bom desenvolvimento das suas atividades de trabalho com o máximo de conforto e um melhor desempenho.

### **1.8.2 Objetivo de produção**

Melhorando as condições de trabalho, eleva-se ao mesmo tempo a produção dentro da empresa. Um melhor desempenho do operador do trator, promove um incremento na quantidade e na qualidade do produto obtido pelo seu trabalho.

### **1.8.3 Objetivo de preservação**

O ambiente de trabalho, onde o operador de trator realiza as suas atividades, apresenta muitos riscos se comparado com outros tipos de atividades, não só pelas condições de trabalho criadas pelo próprio posto, mas também, pelas condições ambientais de trabalho, como intempéries, solo, tipo de floresta, etc. Neste sentido, a elaboração de um caderno de encargos de recomendações ergonômicas será de grande utilidade na adoção de medidas de segurança preventiva.

### **1.8.4 Objetivo de otimização**

A carga física de trabalho faz parte de toda atividade onde o indivíduo desenvolve alguma atividade muscular. Assim, pode-se propor algumas diretrizes para que esta carga não ocasione danos à saúde do operador, em função das posturas de trabalho e esforços musculares impostos durante a jornada de trabalho.

## **1.9 METODOLOGIA**

A metodologia proposta na presente dissertação está baseada na *Análise Ergonômica do Trabalho*. Assim sendo, ela é dividida nas seguintes etapas:

- ❶ Análise das tarefas, que são prescritas ao tratorista.
- ❷ Análise das atividades que o tratorista desenvolve durante uma jornada típica de trabalho.
- ❸ Medição das diferentes variáveis que fazem parte do ambiente de trabalho onde o operador desenvolve sua atividade.
- ❹ Interpretação e avaliação dos dados obtidos.
- ❺ Comparação com normas já existentes.
- ❻ Elaboração de um caderno de encargos de recomendações ergonômicas.

## CAPÍTULO 2

### CONSIDERAÇÕES ERGONÔMICAS SOBRE O TRABALHO FLORESTAL

Os engenheiros de projetos, preocupados exclusivamente com o rendimento imediato do trabalho, procuram encontrar meios de produzir mais, através da concepção de máquinas, ferramentas e meios de trabalho que permitam a realização de tarefas em ritmos sempre mais rápidos, numa máxima utilização da capacidade de trabalho do homem. Nesta visão, o homem é adaptado à máquina ou à tarefa, sem que sejam considerados os fatores fisiológicos, as características individuais ou as conseqüências decorrentes de condições inadequadas de trabalho. Por outro lado, pouca atenção é dada às condições técnico-organizacionais de trabalho e suas implicações psicológicas.

A ergonomia proporciona uma mudança de enfoque, no que se refere ao trabalho, considerando o homem como peça central do sistema de produção e alterando gradualmente os conceitos até então utilizados, procurando adequar o trabalho, os equipamentos e o meio ao homem.

A Ergonomia, para realizar o estudo no setor florestal auxilia-se, principalmente, das ciências relacionadas ao trabalho humano tais como a medicina, a psicologia, a fisiologia humana e a engenharia, sendo agrupados em fatores humanos, técnico-organizacionais e sociais. No trabalho florestal, os parâmetros mais influentes são os fatores ambientais,



climáticos e mecânicos, tendo seus principais efeitos negativos oriundos dos ruídos, vibrações e temperatura ambiente (Wencl, 1975).

## **2.1 OBJETIVO DA ERGONOMIA**

A ergonomia é o produto da colaboração de muitas ciências, visando harmonizar o trabalho e, como consequência natural, tornar mais produtivo seus resultados.

A ergonomia pode, por exemplo, determinar o esforço físico e mental necessário à realização de uma tarefa, bem como a capacidade do esforço humano disponível, de forma a estabelecer os períodos de repouso e número e tempo das pausas do trabalho. Cabe, também, à ergonomia a identificação, o levantamento e a avaliação dos fatores negativos (ruídos, vibrações, etc.) causados principalmente pelas máquinas, determinando-se os respectivos níveis e examinando-se os seus efeitos nos trabalhadores florestais.

## **2.2 O TRABALHO HUMANO E SEU DESEMPENHO**

O trabalho humano consiste na aplicação direta de forças, do processamento de dados e no final a aquisição de informações resultantes. Desta maneira, qualquer trabalho inclui os processos físicos e psicológicos.

O desempenho do homem no trabalho e, particularmente do operador de trator florestal, não depende somente da capacidade de executar determinada atividade, mas também da motivação para executá-la. O desempenho humano é determinado pelo trabalho, conhecimento, treinamento, habilidade e experiência.

### **2.2.1 Fatores que Influenciam o Desempenho**

Vários fatores podem influenciar significativamente o desempenho, os mais importantes são: a fadiga e a idade.

#### **2.2.1.1 - A fadiga**

Ao realizar um trabalho forte e intenso, o homem provoca uma combustão de alto nível, produzindo um resíduo que é rico em carbono e que age sobre os centros bulbares aceleradores do ritmo cardíaco e da respiração. O sangue flui com maior rapidez para os pulmões, onde ocorre a oxigenação, para compensar as perdas durante o processo de esforço físico ou mental. Os produtos da oxigenação, ácidos carbônicos e láticos, acumulam-se no organismo, provocando o cansaço.

Fadiga e repouso são estados periódicos dos organismos vivos. A fadiga é a perda do desempenho no trabalho, a qual deve ser balanceada por um suficiente repouso físico, mental, biológico e emocional.

A fadiga biológica depende da hora, do dia e da capacidade de adaptação de cada indivíduo. De uma maneira geral, cronobiologicamente, a capacidade de trabalho é máxima

pela manhã e diminui na metade do dia, voltando a elevar-se à tarde e a decair por volta das três da manhã.

O treinamento dá uma certa imunidade à fadiga, uma vez que ela é função do esforço realizado e não do resultado obtido. A fadiga torna-se perigosa quando ela ultrapassa um certo nível, levando o indivíduo à estafa profissional. É importante que os responsáveis pelos grupos de trabalho estejam sempre atentos ao aparecimento da fadiga, para se evitar consequências trágicas, como a estafa profissional e os acidentes de trabalho. Alterações na expressão fisionômica, irritabilidade e atritos entre colegas podem ser indícios de fadiga. Podem ocorrer também, a fadiga residual ou remanescente, quando os trabalhadores florestais continuam realizando suas atividades sem que o organismo tenha se recuperado integralmente em virtude de um repouso insatisfatório. Os métodos de levantamento da fadiga são os diretos e indiretos (Ver Verdussen, 1978 e Barnes, 1977)

#### **2.2.1.1.2 - Conseqüências da fadiga**

As principais conseqüências da fadiga são a redução do rendimento global e aumento dos índices de acidentes.

#### **2.2.1.1.3 - Principais efeitos da fadiga**

A fadiga diminui a sensibilidade tátil, reduz a velocidade de contração muscular, descoordena e torna imprecisos os movimentos, diminui a habilidade, a destreza, a força e a velocidade de execução das tarefas, além de enfraquecer a memória e afetar a coordenação de idéias e da vontade.

#### **2.2.1.1.4 - Meios de redução da fadiga**

A fadiga pode ser reduzida através da adaptação do instrumental ao trabalhador e, pelo planejamento adequado de intervalos de repouso.

#### **2.2.1.2- A Idade**

A capacidade de trabalho e o desempenho do trabalhador florestal se altera ao longo de sua vida. A capacidade física eleva-se até os 25 anos e depois, a tendência é diminuir. Com um treinamento adequado, esta redução pode ser menos drástica. O mesmo acontece com a capacidade mental, tanto para aprender como para recordar o aprendido.

### **2.3 ASPECTOS ERGONÔMICOS NA EXPLORAÇÃO FLORESTAL**

Considerando-se que a ergonomia procura adaptar o trabalho ao homem e que isto só pode ser alcançado através de estudos ergonômicos, necessário se faz conhecer a capacidade de trabalho e de energia do homem. O trabalhador florestal, sobretudo na exploração, é

exposto às influências de sua posição e tipo de trabalho, bem como, aos fatores do meio ambiente, além dos fatores psicológicos (Wencl, 1975) ver Figura 2.1.

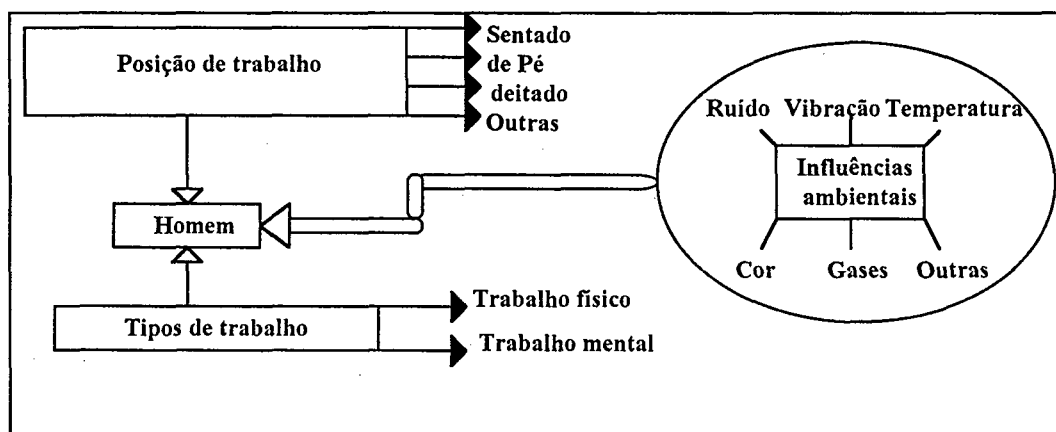


Figura 2.1 Sistematização da adaptação do trabalho ao homem

Fonte: Própria

### 2.3.1 Planejamento das condições de trabalho florestal

A exploração florestal mecanizada criou novas condicionantes no ambiente de trabalho. Neste sentido, a partir da aplicação de uma metodologia de análise do impacto destas condicionantes sobre os homens envolvidos na exploração florestal, pode-se realizarr uma avaliação ergonômica, bem como da organização das operações.

As condições de trabalho devem ser planejadas envolvendo máquinas, equipamentos e objetos de trabalho de um lado e o trabalhador do outro. A atenção deve ser dada ao transporte do pessoal e às influências do meio ambiente. O campo de visão, o alcance visual e o raio de movimento são fatores fundamentais e decisivos na organização das condições de trabalho (Wencl, 1982).

### 2.3.2 Recreação e pausa no trabalho florestal

O grau de trabalho é influenciado, principalmente, pelas atividades musculares, atividades mentais e meio ambiente. Para se encontrar um balanço entre o esforço e o repouso é necessário um adequado planejamento das pausas, de forma a permitir a recuperação do organismo do trabalhador. Geralmente, a pausa ocorre no intervalo de almoço por um período relativamente grande quando o ideal seria pausas menores e mais freqüentes, uma vez que a recuperação do organismo ocorre de forma exponencial no início da pausa do trabalho, sendo portanto mais adequada para se evitar a fadiga. A pausa deve ser introduzida quando os gastos energéticos sejam muito elevados ou os batimentos cardíacos excederem a 100-125 batimentos por minuto.

## **2.4 MEDIDAS A SEREM CONSIDERADAS DURANTE O TRABALHO FLORESTAL**

### **2.4.1 Eliminação do calor corporal**

O sangue é o principal transportador de calor dos músculos à superfície corporal. Um aumento de temperatura ambiente resulta numa necessidade mais eficiente de circulação sanguínea.

Assim, uma temperatura ambiente elevada exige um esforço maior do sistema de circulação sanguínea e o transporte de calor compete com o suprimento de oxigênio nos músculos, reduzindo-se a capacidade aeróbica. A eliminação de calor da superfície corporal, durante o trabalho, é ocasionada, principalmente, pela transpiração corporal ou suor. Assim sendo, elevada umidade relativa e baixa velocidade do ar, particularmente, são prejudiciais à capacidade de trabalho do trabalhador florestal e, muitas vezes, um aumento considerável de calor poderá ser fatal (Machado & Souza, 1981).

### **2.4.2 Água e suprimento de sal**

Suficiente suprimento de água e sal deve ser providenciado para os trabalhadores das operações de exploração florestal, os quais operam sob os efeitos da temperatura ambiente. A necessidade do suprimento de água é proporcional à perda por transpiração corporal, cerca de 0,5 à 1,0 litro de água por hora, durante a jornada de trabalho. A água deve ter 0,1% de sal (Cloreto de sódio) para compensar as perdas. O ideal seria beber cerca de 100 mililitros de água em intervalos regulares de tempo, de modo a se evitar a distensão do estômago e facilitar a absorção pelo organismo. A adição de cerca de 100 gramas de glicose a cada litro de água, ajuda a aumentar o desempenho do trabalhador. Todavia, quando há carência de calorias em seu regime alimentar, esta adição aumenta a incidência de cáries dentárias.

Como o homem tende a perder involuntariamente cerca de 1 a 2 % de seu peso corporal durante o trabalho, ele devia ingerir água deliberadamente. Todavia, o indicador ideal da insuficiência de ingestão de água, pode ser o decréscimo do peso corporal semanal e/ou pequenos volumes de urina muito concentrada. A desidratação de até 1% do peso corporal diminui a eficiência e a capacidade produtiva do trabalhador florestal (Machado & Souza, 1981).

### **2.4.3 Aclimação**

A aclimação é uma característica do fenômeno de adaptação causado por um decréscimo da temperatura corporal e da pulsação, bem como por um aumento da transpiração. A aclimação aparece, geralmente, nos dois primeiros dias de trabalho, em regiões quentes, e somente é completada após duas ou três semanas de trabalho.

De maneira prática, o tempo necessário para a aclimação em regiões tropicais implica em não exigir do trabalhador florestal, nesta fase, sua máxima produtividade. A aclimação é necessária ao trabalhador após um período de férias, recuperação de uma doença, e sobretudo, para os novos trabalhadores (Machado & Souza, 1981).

#### 2.4.4 Parâmetros da tensão física

De acordo com Machado e Souza (1981), muitas tentativas tais como diminuir as horas de trabalho no período das 12:00 às 15:00 horas para logo ser compensadas de 6:00 a 8:00 horas da manhã e de 6:00 a 7:00 durante o período da tarde, evitando assim o trabalho baixo muito sol especialmente no verão, eliminara ou limitara a tensão física dos trabalhadores florestais. Os parâmetros básicos para a avaliação da tensão física, ocasionada pelo calor, são a umidade relativa do ar, a temperatura radiante média, a temperatura do ar, a temperatura do bulbo úmido e a velocidade do ar.

#### 2.4.5 Indicativos dos limites de tolerância à tensão física

A Tabela 2.1 fornece alguns resultados gerais para um nível de limite de tolerância à tensão física ocasionada pelo calor nos trabalhos de exploração florestal, o qual é fortemente influenciado pelo grau de aclimação e padrão de trabalho.

Atividade	Gasto energético	TBU (°C)
Muito Pesada	Acima de 400 kcal/h	27
Pesada	300 - 400 kcal/h	29
Leve ou moderada	Abaixo de 300 kcal/h	31

Tabela 2. 1 Limites de tolerância à tensão física ocasionada pelo calor nos trabalhos florestais

Fonte: Machado & Souza, (1981)

#### 2.4.6. Redução da produtividade

As operações de exploração florestal ocorrem em condições climáticas naturais, que não são manipuláveis, ao contrário de certas condições industriais. Desta forma, segundo Machado & Souza (1981), a tensão física oriunda do calor significa para a exploração florestal redução de produtividade, dada à necessidade de redução do esforço físico e mental. Causando doenças tais como o choque, a exaustão e as câimbras. Para se ter uma idéia mais prática dos efeitos da temperatura na produtividade, são apresentados na Tabela 2.2 os índices de queda de produtividade nos trabalhos de exploração florestal em virtude da tensão física ocasionada pelo calor.

Temperatura do bulbo seco (TBS)%	Umidade relativa do ar (%)	Redução de produtividade do trabalho %
29,5	90	25
31,5	90	35
33,5	90	65
33,0	70	30
35,0	70	50
37,0	70	85

**Tabela 2. 2 Alterações da produtividade em trabalhos florestais dado à tensão física ocasionada pelo calor.**

Fonte: Machado & Souza (1981)

## 2.5 POSIÇÕES DE TRABALHO

A posição de trabalho depende, evidentemente, do tipo de função a ser desempenhada pelo trabalhador em operações de exploração florestal. Machado (1985) afirma haver necessidade de uma pausa maior em virtude do aumento do esforço físico, mental e posições de trabalho mais difíceis.

Assim, na concepção das máquinas de exploração florestal, deve-se projetar os dispositivos de comando ou de controle de forma que eles possam ser utilizados de maneira fácil, segura e eficiente, sendo portanto, importante o conhecimento dos limites de movimentação das partes do corpo humano mais solicitadas por estas máquinas e das tarefas de exploração florestal a serem executadas.

Para um bom arranjo das condições de trabalho florestal é necessário conhecer as medidas físicas das diversas partes externas do corpo do trabalhador, bem como os seus movimentos. Em relação à estatura, a qual é diferente segundo o sexo, a raça, etc., não é suficiente o conhecimento da média, sendo necessário o dos valores individuais.

## 2.6 APORTE CALÓRICO

Qualquer atividade muscular requer um processo metabólico para produzir energia, envolvendo-se substâncias nutritivas ou reservas de carboidratos, gorduras e oxigênio.

Existem dois tipos de taxas metabólicas: a básica e a do trabalho. O metabolismo de base é a quantidade de calorias necessárias para manter o indivíduo vivo, ou seja, a taxa vital, em condições de repouso absoluto. Esta taxa depende do sexo, idade, altura, peso, etc., mas é em média 1.600 kcal/dia para a mulher e 1.800 kcal/dia para o homem.

O consumo de calorias causado pela atividade muscular do trabalhador inclui ambas as taxas metabólicas, a de base e a de trabalho. Geralmente, a taxa metabólica de trabalho é de 1000 kcal/dia para os trabalhos pesados e, para os trabalhos extremamente pesados é superior a 2.200 kcal/dia. Na verdade, a taxa metabólica de trabalho não deve exceder a 2.000 kcal/dia,

condição essencial para se manter um bom desempenho no trabalho. A taxa metabólica do trabalhador, envolvido na exploração florestal, é estipulada por Wencel (1975) e apresentada na Tabela 2.5.

Taxa Metabolica (kcal/dia)	Sexo Masculino			Sexo Feminino		
	Trabalho leve	Trabalho médio	Trabalho pesado	Trabalho leve	Trabalho médio	Trabalho pesado
Básica	1800	1800	1800	1600	1600	1600
Recreação no trabalho	500	500	500	500	500	500
Trabalho	1000	1600	2000	1000	1600	2000
<b>TOTAL</b>	<b>3300</b>	<b>3900</b>	<b>4300</b>	<b>3100</b>	<b>3700</b>	<b>4100</b>

**Tabela 2.5 Taxa metabólica dos operários florestais**

Fonte: Adaptação à tabela de Wencel (1975)

## 2.7 FREQUÊNCIA CARDÍACA

O aumento da aceleração da circulação sanguínea se faz necessário toda vez que aumenta a necessidade de oxigenação do sangue. Na verdade, há um aumento do número de batimentos cardíacos durante o trabalho. A frequência cardíaca depende da duração e intensidade do trabalho e da capacidade física de cada trabalhador florestal.

Existem limites de frequência cardíaca, dentro do qual o trabalhador florestal consegue manter um contínuo desempenho, ou seja, até 30 batimentos cardíacos por minuto acima da pulsação inicial quando trabalhando de pé, até 35 batimentos cardíacos quando trabalhando sentado, e até 40 quando deitado. A frequência cardíaca é muito importante porque ela mostra claramente a influência do calor.

## 2.8 ATIVIDADES MUSCULARES

Existem dois tipos de atividades musculares: a dinâmica e a estática.

### 2.8.1 Estática

As atividades musculares estáticas ocorrem com frequência, sendo resultado de uma posição desfavorável do corpo, durante o trabalho, não envolvendo movimentos musculares. Os vasos sanguíneos são contraídos devido à contração muscular, provocando redução na circulação e purificação sanguínea, podendo-se chegar à fadiga.

### **2.8.2 Dinâmica**

Nas atividades musculares dinâmicas, os músculos são contraídos e relaxados rapidamente e continuamente, havendo uma boa circulação sanguínea, dificultando o aparecimento da fadiga.

Os métodos ergonômicos de avaliação dos esforços físicos são o teste cardiovascular, de frequência cardíaca e de dispêndio energético (Ver Barnes 1977)

## **2.9 ATIVIDADES MENTAIS**

No trabalho em tratores existe atualmente uma predominância do trabalho mental. Com o avanço da mecanização florestal o trabalho humano vem requerendo cada vez menos as atividades musculares, mas aumentando-se a exigência de atenção, de concentração e do controle do trabalho, que são atividades mentais. Estas atividades podem levar o trabalhador à fadiga.

## **2.10 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO**

A organização de trabalho depende, principalmente, do grau de educação e competência do trabalhador, do sistema de remuneração, do sistema organizacional, etc.

Nos países desenvolvidos, observa-se que há uma pressão dos empregadores em aumentar a produtividade, enquanto, existe uma tendência de melhorar a qualidade por parte dos trabalhadores florestais. Nos países onde se encontram trabalhadores florestais com alto grau educacional, eles participam decisivamente no planejamento do trabalho. No Brasil, o grau educacional dos trabalhadores é baixo havendo, portanto, pouca influência da sua participação no processo de organização do trabalho.

### **2.10.1 - Supervisão**

A chave mestra da supervisão do trabalho, em um sistema de produção, é a orientação. Na verdade, na concepção moderna de organização do trabalho, o supervisor precisa ser um facilitador da produtividade da exploração florestal, bem como um orientador pessoal de cada trabalhador. Por isso, é importante dar ao supervisor a oportunidade de aumentar os seus conhecimentos, especialmente dentro de seu campo de trabalho.

### **2.10.2 - Educação e treinamento**

Geralmente, quando novos trabalhadores são introduzidos é importante que eles já tenham um nível de qualificação educacional e de treinamento adequado para desempenhar sua tarefa.

De acordo com Barnes (1977), a capacidade física de um indivíduo é o resultado de numerosos fatores, tais como, o potencial inato do mecanismo fisiológico, idade, saúde, nutrição, sexo, treino específico para desempenhar determinada tarefa, numa determinada



condição de trabalho. Por outro lado, a capacidade mental de cada indivíduo, depende quase que exclusivamente do seu nível de qualificação. É importante salientar que o indivíduo qualificado gasta menos energia para produzir a mesma quantidade de trabalho.

### **2.10.3 Gestão participativa no planejamento e controle da atividade de trabalho**

A participação do trabalhador no planejamento e controle das atividades da exploração florestal está intimamente vinculada ao seu nível de qualificação. A participação pode se dar em vários níveis, desde uma simples participação no planejamento de uma determinada atividade, analisando seus resultados em termos de produtividade, até uma verdadeira autogestão do trabalho. Por exemplo, a determinação dos locais de trabalho durante as diversas estações do ano, produtividade e tamanho do grupo poderá receber boas sugestões por parte dos trabalhadores da exploração florestal. Na escolha de novas tecnologias e métodos de trabalho, é importante que se ouça os trabalhadores.

Todavia, deve-se salientar que, mesmo nos países desenvolvidos, onde os trabalhadores envolvidos na exploração florestal têm elevado grau de instrução, a influência do trabalhador na tomada de decisão é pequena, dando-se pouca importância aos aspectos sociais e humanos, em detrimento dos aspectos técnicos e econômicos. Infelizmente, um dos poucos exemplos que pode ser dado em relação à participação do trabalhador no processo de decisão da empresa é dado por Nugent (Nugent apud Ager, 1981), onde trabalhadores, empregados, pesquisadores e outros colaboradores estiveram envolvidos no desenvolvimento de um novo método de treinamento de trabalhadores florestais no Canadá.

Pesquisas ergonômicas das técnicas e operações de exploração florestal são necessárias, dada a rapidez das mudanças tecnológicas dos processos de trabalho. O esforço físico do trabalhador tem diminuído em função do avanço tecnológico, da mecanização da exploração florestal mas, os problemas de fadiga mental aparecem como consequência da concentração, e do isolamento social do trabalhador. Portanto, são imprescindíveis novas pesquisas ergonômicas, uma vez que o processo de trabalho da exploração florestal, vem se alterando, e as informações ergonômicas que se dispõe vão se tornando obsoletas.

## CAPÍTULO 3

# ANÁLISE ERGONÔMICA DO POSTO DE CONDUÇÃO DE UM TRATOR FLORESTAL

Neste capítulo será analisado o posto de trabalho onde o tratorista desenvolve as suas atividades. Na análise será considerado como posto: o espaço e o ambiente, sendo que o ambiente: ruído, iluminação, temperatura e vibração, será estudado mais detalhadamente em capítulos posteriores, considerando cada um dos fatores que o influenciam.

Uma descrição do processo de evolução dos tratores mostra que inicialmente as estruturas dos tratores eram construídas em madeira utilizando-se motores de baixa potência com "design" rústico. Posteriormente, com a melhor manipulação e ferramentas mais avançadas foi possível dar formas aos metais e, ao mesmo tempo, utilizá-los como partes componentes dos tratores, obtendo-se uma máquina de trabalho com uma vida útil longa e a baixo custo. Os motores também evoluíram, sendo trocados por outros mais potentes que apresentavam maiores opções para realizar trabalhos nos diferentes e variados terrenos. Assim, foram realizadas combinações de materiais na estrutura metálica utilizando-se partes de vidro e borracha. Atualmente sabe-se que para oferecer segurança não é preciso mais utilizar lâminas metálicas, já que as fibras, o vidro e os polímeros (plásticos) têm um melhor desempenho, cumprindo as mesmas funções e permitindo equipamentos mais leves.

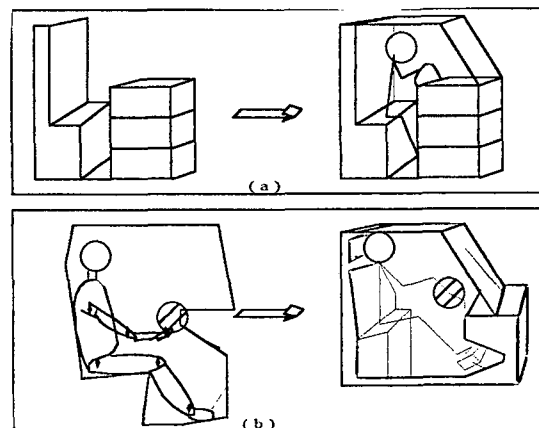
Além disto, pela fácil manipulação e moldagem, podem ser desenvolvidos tratores com "designs" modernos tanto na parte externa como na interna, conservando a base de metal

como suporte para os diferentes tipos de cabines e de implementos, obtendo-se produtos com preços menores e utilizando-se menos mão de obra e processos.

A cabine foi introduzida recentemente na década dos anos 70, mostrando ser a melhor proteção para o tratorista, fornecendo segurança em caso de virada do trator. Ao mesmo tempo, a cabine protege tanto contra a queda de galhos e outros materiais quanto contra as variações do tempo.

Um dos aspectos mais importantes do posto de trabalho é o espaço do condutor para os pés e a possibilidade de mudanças de postura durante o trabalho. No que diz respeito à segurança o número de acidentes mortais que existem devido a quedas laterais e para trás do trator sem cabine é estimado em 85% (Guia de Segurança em trabalhos agrícola, 1982).

A ergonomia, apresenta um enfoque que tende a desenvolver postos de trabalho que reduzam as exigências biomecânicas, procurando colocar o operador em uma boa postura de trabalho, os instrumentos dentro do alcance dos movimentos corporais e oferecer facilidade na percepção de informações.(Figura 3.1).



**Figura 3.1** Desenvolvimento de um posto de trabalho  
(a) enfoque mecânico e (b) enfoque ergonômico  
Fonte: Itiro Lida (1992)

O posto do tratorista é onde ele desenvolve uma atividade psicofisiológica, característica dos postos de condução em geral, mas onde os diversos componentes desta atividade estão ligados a um trabalho que, por definição, deve ser efetuado sobre um terreno irregular com a ajuda de uma máquina (trator).

As numerosas informações que são obtidas sobre o equipamento e o campo de trabalho colocam em jogo diversas modalidades sensoriais, em particular, as visuais e as auditivas. O tratamento das informações responde aos objetivos da realização imediata da tarefa e aos da

sua organização geral. Este duplo objetivo é cumprido através da avaliação de diferentes parâmetros indicadores do desenvolvimento do trabalho: configuração do campo, linha de maior inclinação, altura da camada de galhos jogados pela máquina, estado do terreno, tipo das árvores que serão cortadas, equipamentos mecânicos, etc.

A postura do trabalho é sentado, mas todo o corpo (cabeça, tronco, membros superiores e inferiores) é solicitado durante a execução do trabalho no posto. A coluna vertebral é particularmente colocada a prova, pois está obrigada a suportar freqüentes rotações da cabeça e do tronco, piorada devido às condições do terreno, em alguns casos. Este fato tem sido verificado em testes de laboratório.

Além do mais, o posto exige também reflexos rápidos e precisos e solicita freqüentemente o sistema nervoso do condutor.

O trabalho dinâmico do posto do condutor (ações sobre as alavancas, os pedais e o volante) isto é a atividade secundária, torna maior o esforço do operador, podendo isto ser agravado pela má disposição dos comandos que não permitem um acesso fácil (Gaussin Mullany, 1974) e não atendem às recomendações ergonômicas (Singleton, 1974; Mac Cormick 1970).

Outros aspectos que afetam o operador são: o barulho (85 dbA relacionado às cabines insonorizadas, e freqüentemente mais de 100 dbA nas cabines comuns), a temperatura, freqüentemente elevada, (Calor do motor + Calor externo), a poeira, os produtos químicos, a incompatibilidade dos sinais respeito aos estereótipos, ao ritmo e a duração do trabalho. Mesmo assim o trator, apesar de todas as dificuldades, é uma máquina de utilização constante.

O estudo do posto pode ser desdobrado em dois aspectos:

- Análise para identificar e avaliar os requisitos psicofisiológicos inerentes às tarefas.
- Estudo da natureza e das condições nas quais serão executadas as tarefas, para definir a melhor "adaptação do trabalho" à natureza orgânica e às possibilidades físicas do tratorista.

### **3.1 ANÁLISE DA TAREFA DE CONDUÇÃO DE UM TRATOR DE FLORESTA**

Para realizar uma boa projeção do posto é necessário fazer uma análise detalhada das tarefas que o tratorista deve desenvolver. Uma tarefa pode ser definida como sendo o alcance dos objetivos de produção a serem atingidos com determinados meios de produção disponíveis.

No caso do nosso objeto de análise, o trator florestal, os dados referentes à tarefa foram levantados na empresa PCC, em Lages, à partir de contatos verbais estabelecidos com os operadores e com o engenheiro florestal encarregado da operação.

### 3.1.1 Descrição da tarefa

A descrição da tarefa será realizada nos diferentes estágios em que é operado o trator durante uma jornada de trabalho.

#### **Antes de ligar a máquina:**

Verificar o nível de água, do óleo no motor, do óleo hidráulico, do combustível e a bateria.

Verificar se não existe ninguém próximo à máquina, para evitar riscos pessoais.

#### **Ao ligar o motor:**

Deixar o motor trabalhar com a rotação baixa (cerca de 800 a 1200 rpm.) por alguns minutos. Ajustar o assento e espelhos retrovisores. Quando o assento está na posição confortável, o tratorista deve manobrar todas as funções (freios, comandos, e controles) sem mudar a posição correta do corpo.

Verificar as funções hidráulicas e elétricas.

#### **Instruções de operação**

Logo após ter ligado o motor, verificar se o freio de estacionamento está aplicado.

Verificar se está acesa a luz do freio de estacionamento no painel.

Confirmar se o seletor de marchas está na posição "NEUTRO".

Colocar o acelerador na posição de meia velocidade.

Lentamente dar a partida

Se o motor não gira dentro de 30 segundos deixar de acelerar, observando um intervalo de 2 minutos entre cada tentativa.

Após a partida, não elevar a rotação do motor sem que a pressão do reservatório hidráulico esteja entre 0,8 e 1 Bar.

Com o motor em marcha lenta, fazer o óleo hidráulico circular por alguns minutos para aquecê-lo, movimentando o braço do telescópio e articulando o trator.

Em caso de algum defeito não operar o trator.

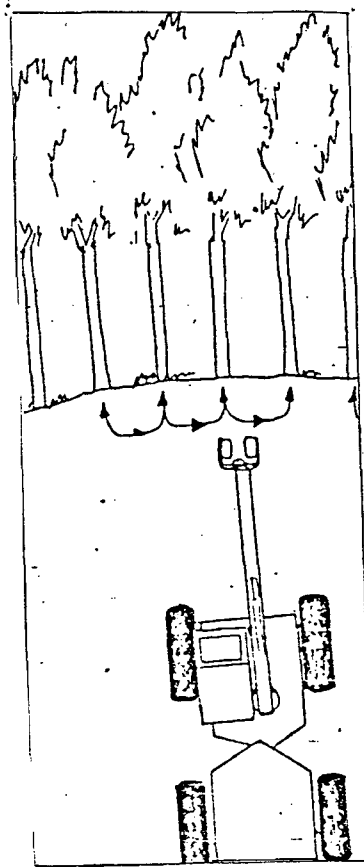
#### **Verificações durante a operação:**

O tratorista, constantemente, deve verificar os instrumentos e os dados que estes fornecem sobre o desenvolvimento da máquina em operação.

- Prestar atenção a ruídos e sons estranhos no motor, transmissão, bomba e válvulas, como também, observa o funcionamento do cabeçote e telescópio

**Planejamento do corte:**

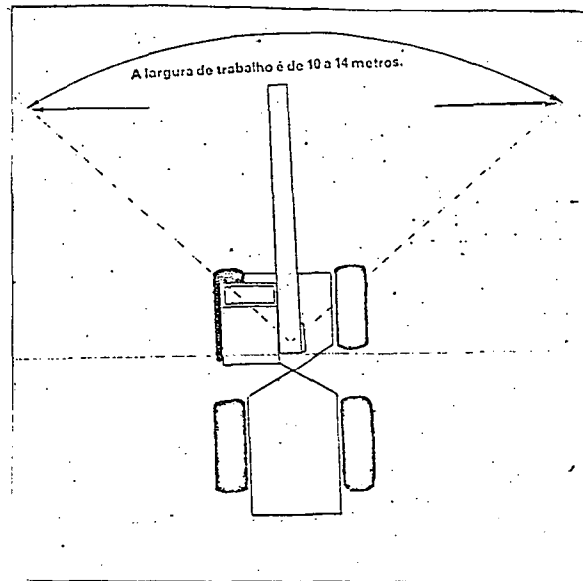
Ao iniciar a operação primeiramente, observar as condições naturais de trabalho, tais como: direção e intensidade do vento, direcionamento das copas das árvores, inclinação das árvores e do solo. Uma vez satisfeitas estas limitações naturais, procurar direcionar o tombamento das árvores de forma a diminuir o ângulo de dobramento do cabeçote do telescópio e a aceleração da árvore, evitando-se desta maneira a indução de esforços grandes na estrutura do cabeçote (Figura 3.2).



**Figura 3.2** Planejamento do corte

A quantidade de filas e árvores cortadas a cada deslocamento é determinada de acordo com a melhor conveniência de cada tratorista e é também função do plantio.

O tratorista deve procurar sempre manter a condição de estabilidade do equipamento, ou seja, aquela melhor posição, na qual o braço do telescópio não ultrapassa a linha do eixo dos pneus dianteiros, o que se traduz em uma largura de trabalho ideal de 10 a 14 metros (Figura 3.3).

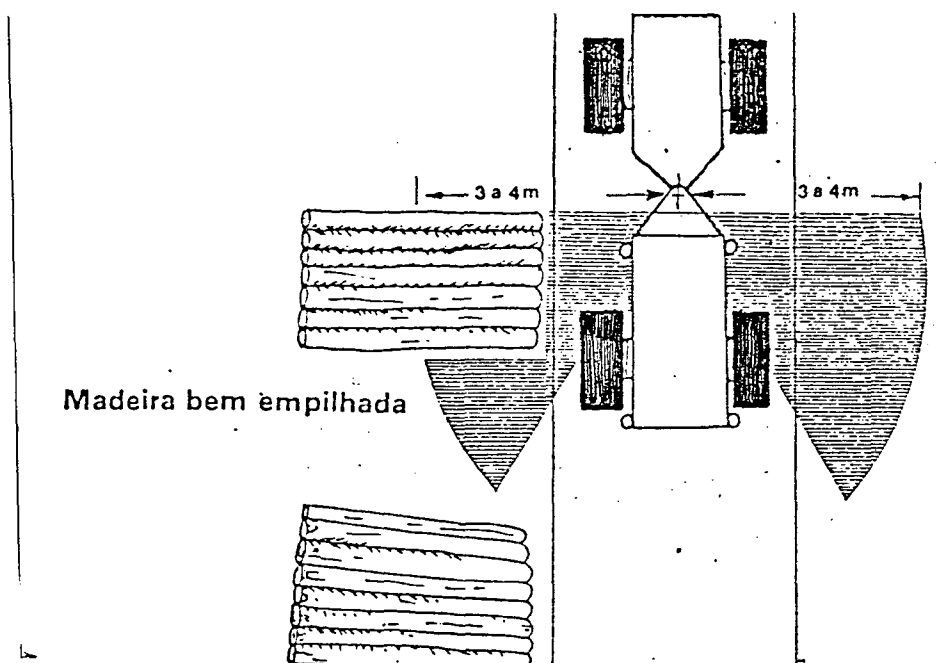


**Figura 3.3** A largura do plano de trabalho

Ao determinar a orientação de corte, o tratorista deve lembrar sempre das limitações operacionais do trator florestal, o qual não pode operar num terreno com uma grande inclinação lateral, quando está carregado. O planejamento de corte deve considerar que o trator carregado suporta uma inclinação de  $8^\circ$  ou 15%.

**Empilhamento:**

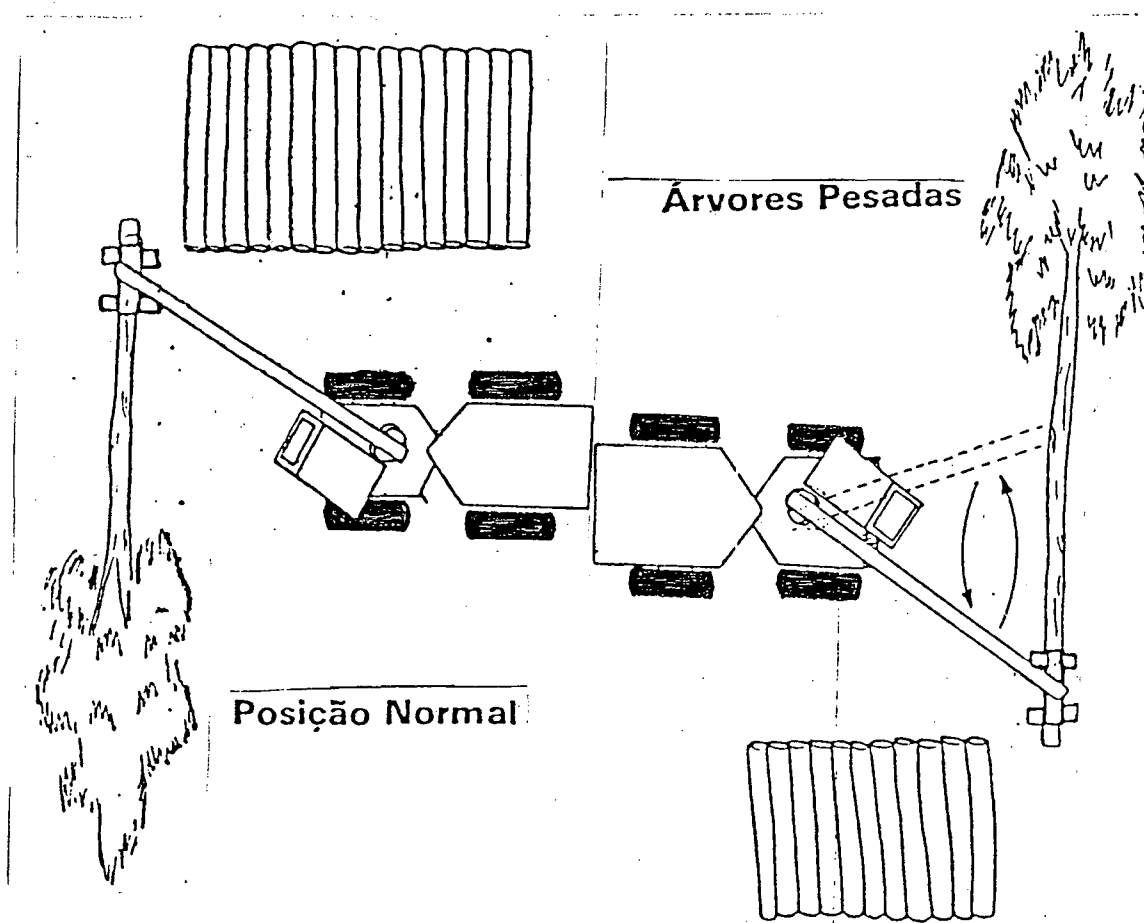
O posicionamento das pilhas de toras leva em conta a otimização do trabalho com o trator florestal, pilhas regulares e posicionadas corretamente auxiliam esta operação (Figura 3.4).



**Figura 3.4** Madeira bem empilhada

**Posição durante o corte:**

Ao cortar árvores de dimensões normais, uma vez tombada a árvore, o braço telescópico direciona as toras para o local de empilhamento. No caso de árvores de grandes dimensões, o tratorista procura auxiliar o tracionamento com movimento de pêndulo do braço do telescópio, de forma que coordenando-se tais movimentos com o movimento dos rolos de tração, seja possível deslocar tais árvores (Figura 3.5).



**Figura 3.5** Posição de corte

**Manutenção depois da operação (cada 8 horas)**

Limpar o cabeçote, retirando galhos, folhas cascas e serragem.

Verificar rachaduras, trincas ou outros danos.

Verificar a unidade da serra, principalmente a corrente, a coroa e o sabre. Troca o que for necessário.

Verificar o aperto das porcas, tentando criar uma rotina para obter a mesma frequência de pressão. Algumas porcas possuem uma trava que deve ser verificada para que esteja em ordem.



Verifica se há algum tipo de vazamento de óleo e em tal caso, toma as providências necessárias para concertá-lo.

Verifica folgas nos pinos e buchas das facas, braços e outras articulações. Em caso de falhas, pede ao encarregado de manutenção para corrigir.

Lubrifica os pontos de lubrificação.

### **3.2 ANÁLISE DAS ATIVIDADES DE CONDUÇÃO DE UM TRATOR FLORESTAL**

A pesquisa de campo permitiu realizar um levantamento das atividades que o tratorista realiza durante uma jornada de trabalho, das 4 observações realizadas em diferentes períodos de tempo pude-se observar que os tratoristas não têm uma rotina de trabalho e as atividades que eles realizam variam de acordo às circunstâncias que o trabalho apresenta, outro fator importante que determina a atividade a ser realizada é a própria máquina a qual apresenta uma série de condicionantes diferentes a cada operação.

Sendo assim, será descrita apenas uma das observações realizadas, a qual segue as seguintes etapas:

#### **Antes de ligar a máquina:**

Verifica qual a máquina que lhe foi designada.

Verifica na folha de especificações do trabalho a kilometragem, e nas observações se o trator foi devidamente provido de água, óleo e combustível.

Finalmente preenche os dados pessoais na folha e a hora em que está sendo iniciada a operação.

#### **Ao ligar o motor:**

Deixa o motor trabalhar por alguns minutos (2 minutos) até esquentar. Ao mesmo tempo coloca o capacete, as luvas e ajusta o assento.

#### **Instruções de operação**

Logo após ter ligado o motor, coloca o seletor de marchas em diferentes posições para verificar o engate de cada uma delas, antes de dar a partida coloca o seletor na posição neutro, para logo dar a partida do motor em marcha elevada, pressionando o acelerador a fundo para evitar que o motor pare.

#### **Verificações durante a operação:**

O tratorista, na operação permanece com a porta aberta fim de poder perceber algum barulho estranho que permita localizar alguma falha do motor, ele controla também no painel o nível de pressão do motor e o aquecimento da máquina, onde si ele perceber alguma destas situações para o trator e esfria a bomba por meio de um pano úmido.

**Planejamento do corte:**

Ao iniciar a operação primeiramente, observa o espaço existente entre as árvores para permitir a passagem do trator posteriormente ele escolhe as árvores que serão cortadas de acordo ao tamanho e sobre tudo ao diâmetro da base.

Antes de realizar o corte verifica a presença de algum operador por perto, para logo escolher o local onde será derrubada a árvore, a direção do corte depende do tamanho da árvore, da direção do vento, da quantidade e localização dos galhos e da inclinação do terreno.

Constantemente o tratorista verifica que o cabeçote não seja travado pela presença de galhos grossos e que o grau de inclinação da árvore não danifique o suporte do cabeçote.

A quantidade de árvores a serem cortadas é determinada de acordo com a folha de especificações de corte que é fornecida a cada operador e do acesso aos locais do corte.

**Empilhamento:**

Após realizado o corte as árvores são posicionadas nas laterais do trator pelo qual o tratorista escolhe sempre locais abertos para empilhar as toras.

**Depois da operação**

O tratorista ao finalizar a operação preenche na folha de especificações os dados de saída tais como hora, o valor que está marcando o horímetro e o contador de giros.

Finalmente entrega o trator ao ajudante de manutenção e a folha ao encarregado de produção.

Como pode ser observado existe uma grande diferença entre o que é prescrito na tarefa com o que é realizado efetivamente durante o desenvolvimento das atividades, isto devido a uma falta de comunicação entre os tratoristas com o pessoal de engenharia dentro da empresa verificando-se desta forma que não existe uma participação adequada dos trabalhadores, o que foi evidenciado pelas reclamações por parte dos tratoristas os quais afirmam que o que é estabelecido pela teoria nem sempre é cumprido na prática devido a diferentes fatores que só são detectados com o tempo e a experiência.

### 3.3 ANÁLISE ANTROPOMÉTRICA E BIOMECÂNICA DO POSTO DE CONDUÇÃO DE UM TRATOR DE FLORESTA

A antropometria é uma parte da Antropologia física que se dedica ao estudo da medida de várias características do corpo humano.

Nos projetos de máquinas, equipamentos, painéis de instrumentos, etc. deve se projetar o posto de tal forma que todos os dispositivos de comandos ou de controle possam ser acionados ou observados de uma maneira fácil, segura e eficiente. Assim é necessário conhecer os limites de movimentação das partes do corpo mais solicitadas no desenvolvimento das tarefas. Este tipo de análise é possível através da *Antropometria Dinâmica*.

Os movimentos da cabeça são relevantes para o projeto de localização dos painéis de controle e distribuição dos mostradores. É conveniente que o tratorista possa abranger todo o painel com movimentos simples e suaves da cabeça, sem que tenha que assumir uma posição forçada.

As mãos são, sem dúvida, a parte do corpo mais solicitada, tanto no acionamento dos controles, quanto na orientação do trator. Desta forma, o projeto de localização de comandos e controles, bem como o desenho de instrumentos, devem considerar as características e as limitações dos movimentos das mãos, a fim de que o tratorista possa usá-las de maneira natural, realizando movimentos simples.

A movimentação dos braços é importante para a localização dos controles e comandos, e deve ser projetada de forma a permitir que os braços os alcancem, dentro de seu raio normal de ação (alcance máximo), sem que o tratorista precise curvar o torso ou deslocar o corpo. Isto significa maior fadiga e mais tempo na execução de uma tarefa.

No que diz respeito aos antebraços, pode-se dizer que em um posto de trabalho ideal o tratorista não deveria precisar movimentar mais que os antebraços (alcance mínimo), o que representa um mínimo de movimentos, isto é, menos fadiga e maior rendimento.

Além de dar conforto, para que exista uma boa produtividade, bem-estar e segurança ao operador, é necessário que se faça um bom projeto do posto de trabalho. O arranjo de comandos, bem como o espaço para trabalhar, exigem especial atenção quanto à estrutura, aos movimentos e às dimensões do corpo humano.

As pesquisas de Antropometria servem como base para posteriores estudos aplicativos. Deve-se lembrar entretanto que os dados destas pesquisas devem ser aplicados com reserva, uma vez que são dados estatísticos. Podemos citar por exemplo que, diferentes tipos físicos e raciais apresentaram diferenças antropométricas. (branco, americano, negro africano, japonês, etc.)

Para uma boa compreensão de antropometria, e dos dados que serão úteis para posteriores estudos é interessante que se faça uma divisão em:

- ☉ Antropometria Estática
- ☉ Antropometria dinâmica

### 3.2.1 Antropometria Estática

A antropometria estática relaciona as dimensões do corpo parado. Existem muitas pesquisas sobre antropologia estática. A seguir são relacionados dados de operários brasileiros obtidos de uma pesquisa realizada pela Philips do Brasil S.A. (Philip, 1965) Figura 3.6

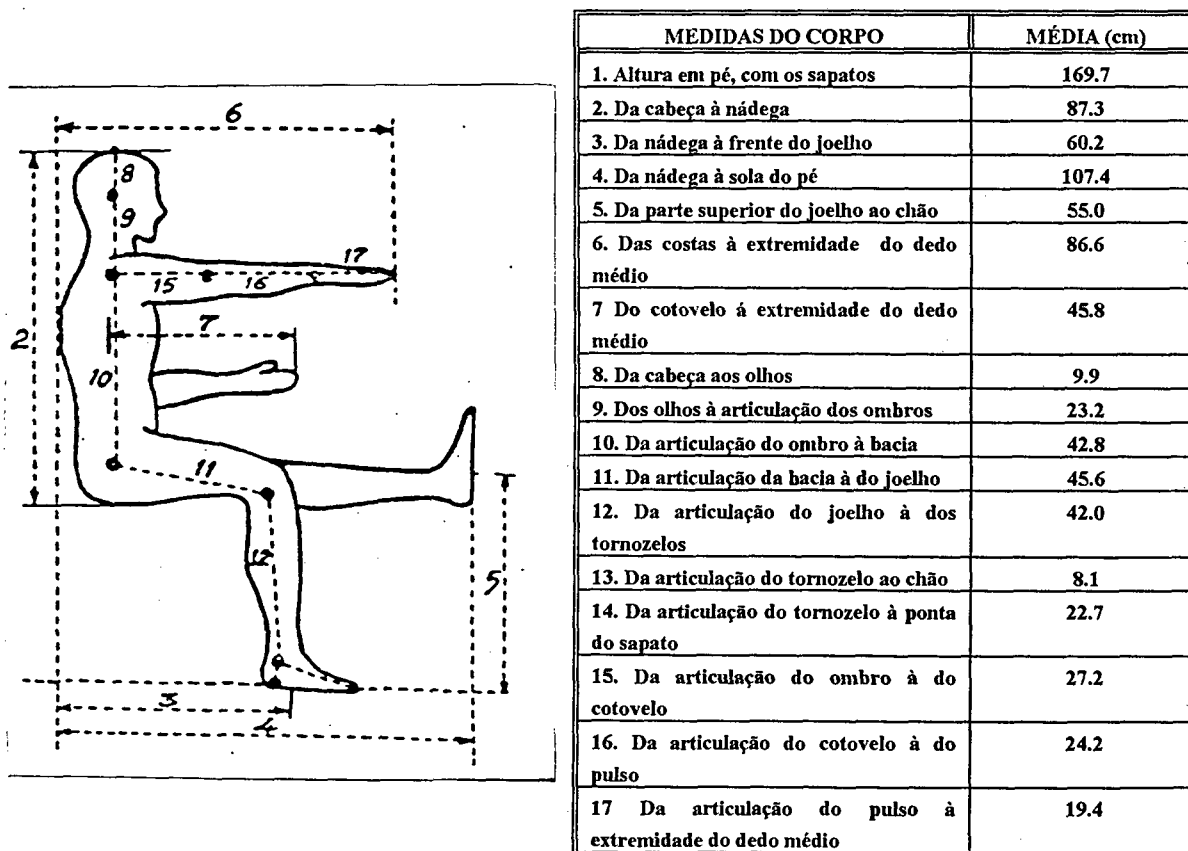


Figura 3.6 Dados de operários brasileiros, pesquisa realizada pela Philips do Brasil (1965)

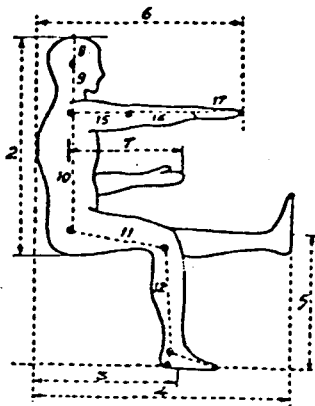
Fonte: Philips do Brasil S.A. (1965)

A realização de medidas antropométricas, sempre que for possível e economicamente justificável, deve ser realizada diretamente, tomando-se uma amostra significativa da população que está sendo objeto de estudo, os quais serão usuários do objeto a ser projetado.

Considerando estes aspectos as medidas antropométricas realizadas neste trabalho serão baseadas em dados apresentados no capítulo 4, onde foram tomadas as medidas de 21 tratoristas que operam tratores florestais, estas medidas permitiram dimensionar o posto.

Segundo cálculos realizados, foi obtido o "*Tratorista Médio*" com uma altura de 1,70 metros., este dado permite obter as demais dimensões do corpo do tratorista com o auxílio da

Tabela 9.7 (1b Humanscale Link Measurements) mostrado no capítulo 4, referente ao assento. Na Figura 3.7 abaixo são apresentados os valores levantados.



MEDIDAS DO CORPO	MÉDIA (cm)
1. Altura em pé, com os sapatos	170,6
2. Da cabeça à nádega	88,4
3. Da nádega à frente do joelho	58,2
4. Da nádega à sola do pé	100
5. Da parte superior do joelho ao chão	53,3
6. Das costas à extremidade do dedo médio	78,8
7. Do cotovelo à extremidade do dedo médio	42,9
8. Da cabeça aos olhos	10,7
9. Dos olhos à articulação dos ombros	25,1
10. Da articulação do ombro à bacia	44,5
11. Da articulação da bacia à do joelho	41,1
12. Da articulação do joelho à dos tornozelos	40,1
13. Da articulação do tornozelo ao chão	9,7
14. Da articulação do tornozelo à ponta do sapato	24,7
15. Da articulação do ombro à do cotovelo	27,7
16. Da articulação do cotovelo à do pulso	24,6
17. Da articulação do pulso à extremidade do dedo médio	18,3

Figura 3.7 Dados de operadores de trator florestal ( PCC - Lages 1994)

Fonte: Própria

Como pode ser observado os dados da Figura 3.6 diferem em sua maioria dos dados da Figura 3.7, isto se deve ao fato das populações que estão sendo objeto de estudo, serem heterogêneas, ainda que pertençam a um mesmo país estas diferenças se devem a padrões de vida diferentes, costumes, ambiente, condições sociais, econômicas e fundamentalmente ao fenótipo que depende da carga genética da descendência do indivíduo.

### 3.2.2 Antropometria Dinâmica

Os dados da antropometria estática servem de base para toda e qualquer análise de ergonomia, quando consideramos o indivíduo estaticamente.

Porém, quando as funções a serem desenvolvidas envolvem movimentos, forças a serem aplicadas, mudanças de postura e outras funções dinâmicas, o uso apenas dos dados da antropologia estática não resolvem adequadamente o problema. Deve-se utilizar dados que levem em consideração os movimentos das diversas partes do corpo humano em conjunto, tem-se que reconhecer as interações de movimentos. O limite prático de alcance máximo do

braço, por exemplo, não depende apenas de seu comprimento, mas é afetado também pelo movimento do ombro, pela rotação parcial do tronco, pela curvatura das costas e pela própria função a ser desenvolvida pela mão.

Os estudos da antropometria dinâmica poderão ser mostrados de diversas formas, dependendo do fim a que se destinam. Os movimentos básicos podem ser:

### Movimentos Voluntários

Chamam-se de movimentos voluntários àqueles que podem ser realizados pelo indivíduo naturalmente. Existem movimentos passivos, ligeiramente superiores aos voluntários, quando exige-se do indivíduo maior movimento ou até um alongamento dos músculos, por exemplo.

Ao projetar alavancas de controle, deve-se procurar deixar o curso de acionamento dentro dos parâmetros estabelecidos para os movimentos voluntários, exigindo-se desta forma um esforço compatível com as características do corpo humano. Na Figura 3.8 pode-se ver os movimentos voluntários básicos.

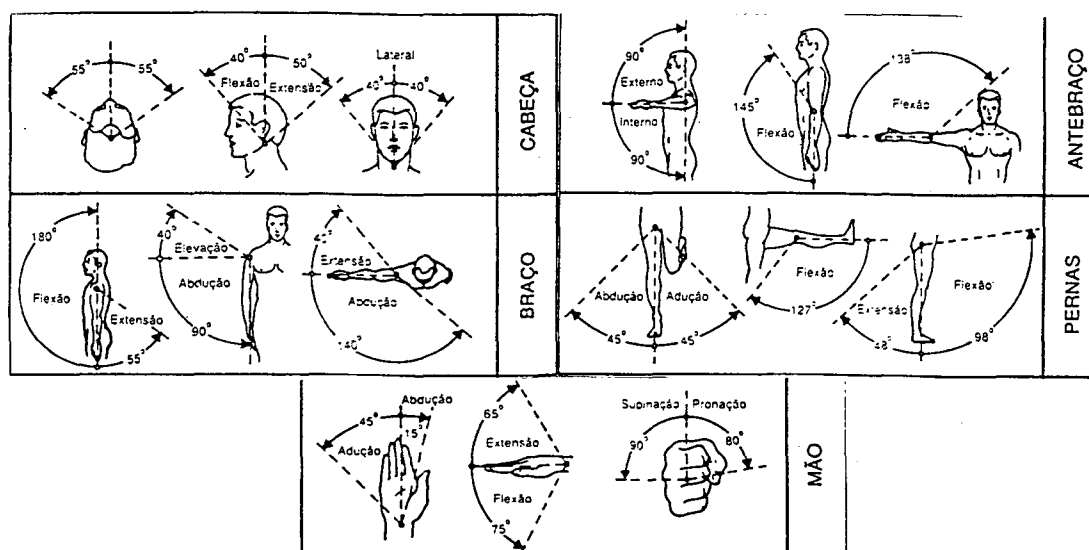


Figura 3.8 Valores médios de rotações voluntárias do corpo.

Fonte: Itiro Lida (1992)

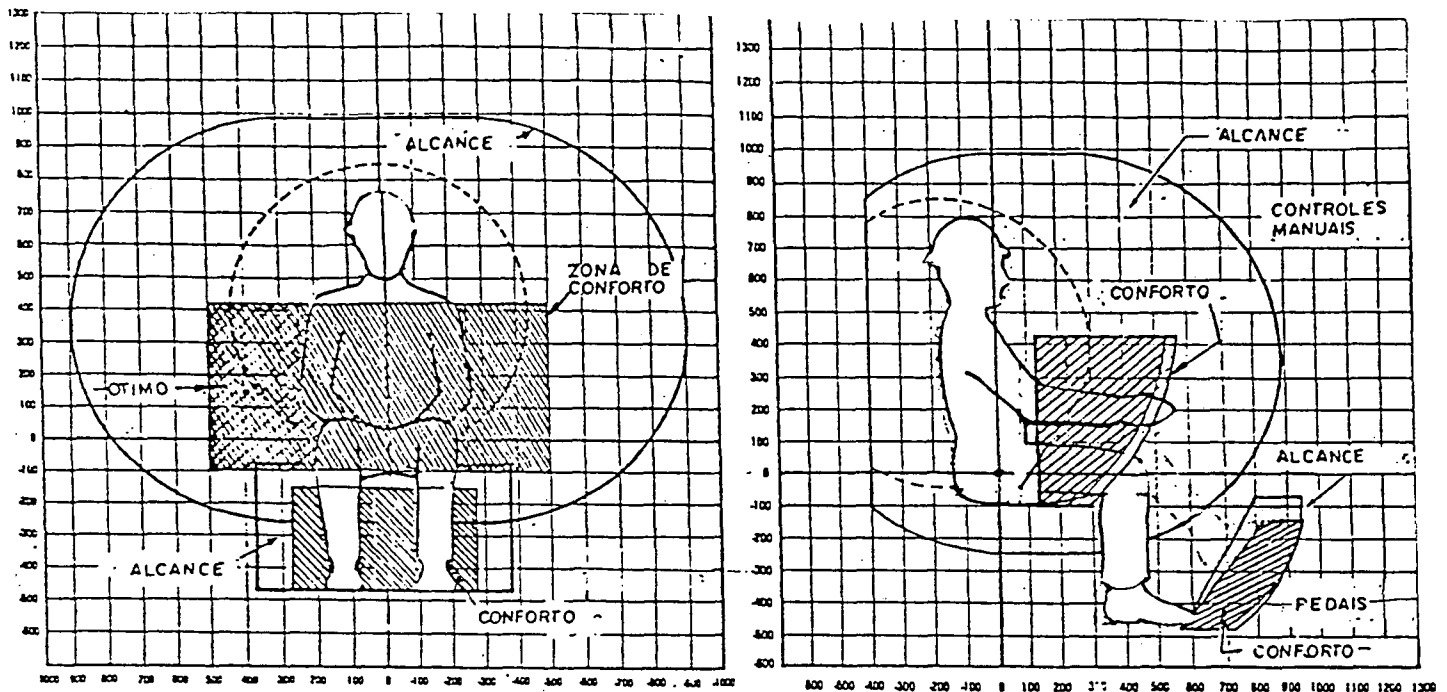
### Movimento para o operador sentado

Para o operador sentado, o espaço de trabalho será aquele ocupado pelo seu corpo acrescido do espaço necessário para a execução do trabalho. Este depende das características antropométricas do operador e do tipo de trabalho executado. Como exemplo, pode-se mostrar que, se a operação exige que o operador agarre botões, o espaço teoricamente deverá ser menor do que para uma operação em que o operador pressione botões.

Existem várias formas de alcance das mãos que podem ser classificadas em três tipos:

- ☉ Alcance máximo absoluto: Com o ombro esquerdo preso e o direito solto.
- ☉ Alcance máximo normal: Com os dois ombros presos
- ☉ Alcance ótimo: A posição mais confortável com os dois ombros presos

O espaço para o trabalho sentado é mostrado em dois planos na Figura 3.9



**Figura 3.9** Zonas de alcances preferenciais e máximas para a posição sentada

Fonte: Zimmerman, 1978

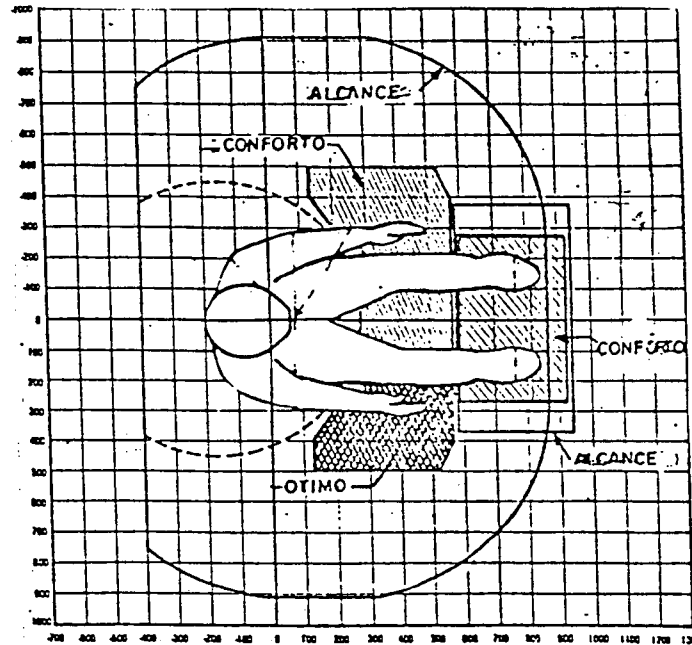
### Movimento para operação dos controles

O sistema homem-máquina deve trabalhar como um conjunto, de forma que a cada informação da máquina, o operador leve o menor tempo possível para processar esta informação e transformá-la em uma ação de controle.

Para conseguir operar uma máquina com eficiência é necessário que os controles tenham algumas características, tais como:

- ☉ Estar ao alcance do operador, exigindo deste o menor esforço possível;
- ☉ Ter um posicionamento discreto, facilitando o acesso e a saída da máquina em caso de emergência;
- ☉ Ser compatível com o tipo de informação ou movimento a executar;
- ☉ Os controles do tipo mostradores devem ficar visíveis ao operador.

O espaço para o trabalho e o posicionamento de controles é mostrado em três planos na Figura 3.10



**Figura 3.10** O espaço de trabalho e os alcances que envolvem o posicionamento dos controles

Fonte: Zimmerman, 1978

As informações analisadas até aqui permitem dar uma ideia da função que desempenha o posto, das atividades que o operador desenvolve dentro do posto e dos requisitos antropométricos e biomecânicos que devem ser considerados dentro de uma cabine de trator florestal. Desta maneira a pesquisa de campo será baseada considerando todos estes fatores durante a avaliação do posto

### 3.3 ESTUDO DE CASO

No estudo de caso foi realizada uma análise no sentido de avaliar as condições atuais do desenvolvimento das atividades dentro do posto, para posteriormente realizar recomendações e considerações, levando em conta as especificações referentes ao posto de trabalho das normas existentes.

Os elementos de estudo serão obtidos a partir de dados levantados em tratores florestais pertencentes à empresa PCC do grupo Klabin, localizada na região de Lages-SC, em visitas periódicas realizadas durante o desenvolvimento da dissertação.



### 3.3.1 Metodologia

Foi realizado um primeiro contato com o Engenheiro Florestal encarregado do setor florestal, o qual forneceu alguns dados dos tratores florestais, com respeito às suas características produtivas e às perspectivas de modernização que existem por parte da empresa.

Num segundo momento foi realizada a visita de campo na floresta pertencente à empresa PCC.

O levantamento de dados foi feito através de fotografias, filmagem e do preenchimento de planilhas. Foram registradas na prancheta os dados referentes às características físicas dos componentes da cabine (dimensões, formas, material, cor, escalas). O levantamento das dimensões foi feito com uso de uma fita métrica.

### 3.3.2 Dimensões do posto do tratorista -Cabine

Em relação às dimensões obtidas dentro da cabine, faz-se necessária a descrição dos pontos entre os quais foram realizadas tais medidas. As medidas levantadas foram aquelas relacionadas na norma ISO/DIN 4253, que visam fazer uma análise geral do trator.

As dimensões básicas do posto de trabalho do operador de tratores florestais, referidas ao ponto de referência do assento (PRA) serão o ponto de partida para a realização das medições.

A norma internacional ISO /DIN 4253 fixa as dimensões para o posto de direção do tratorista sentado. A vista lateral é mostrada na Figura 3.11 e a vista de cima na Figura 3.12.

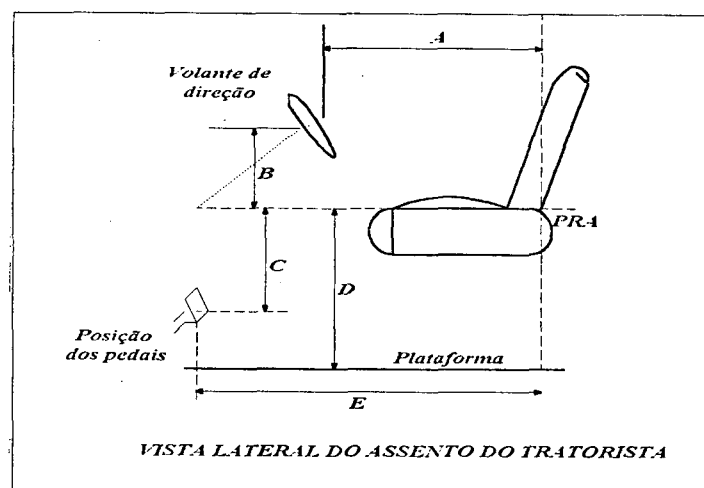
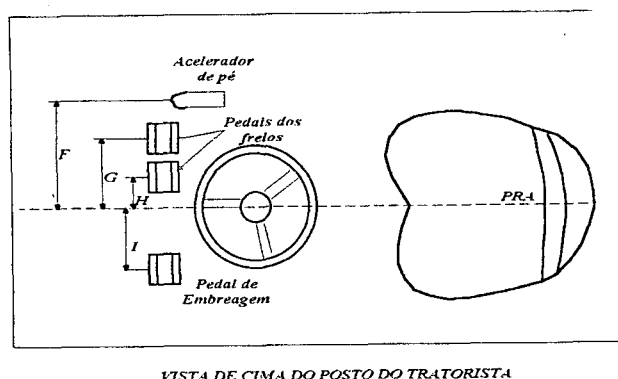


Figura 3.11 Dimensões a serem consideradas no projeto de cabine

Fonte:ISO /DIN 4253



**Figura 3.12** Dimensões a serem consideradas no projeto de cabine

Fonte: ISO /DIN 4253

Com relação às Figuras 3.11 e 3.12 na pesquisa de campo foram levantadas as dimensões especificadas na norma ISO 4253 (1977) e comparadas com dita norma para avaliar os espaços de trabalho dentro do posto em relação aos elementos que compõem a cabine, estes dados são apresentados na Tabela 3.1:

Dimensões	Medidas Encontradas (cm)	Medidas Recomendadas (cm)	Tolerâncias (cm)	Comentários
A	45,0	62,5	± 5,0	Fora do recomendado. O tratorista fica preso
B	27,5	40,0	±5,0	Muito estreito, o tratorista não tem espaço para movimentar as pernas, que ficam perto do volante
C	49,8	(D-15,0) 11,5 min. 33,5 max.	±2,0 ±2,0	A distância existente entre os pedais e o assento é muito grande provocando uma má postura necessária do tratorista para alcançar os pedais.
D*	64,8	26,5 min 48,5 máx	±2,0 ± 2,0	O assento em relação ao chão encontra-se muito afastado.
E*	102,0	72,5 min 98,5 máx	±2,0 ± 2,0	Maior que medida recomendada devido a que o valor de "C" é muito grande.
F	21	40,0 max		Ainda estando dentro da norma pode-se ver que é muito pequeno o espaço entre os pedais, podendo ocasionar o acionamento involuntário
G	Não existe	30,0 máx	-----	-----
H	10	7,5 min		Encontra-se dentro da norma
I	10	7,5 min 30,0 máx		Encontra-se dentro da norma

**Tabela 3.1** Valores encontrados no posto e valores recomendados pela norma

Na norma ISO 4253 (1977), as dimensões D (altura do PRA sobre a plataforma) e E (Distância horizontal do PRA aos pedais de freios e embreagem) estão associados através das seguintes equações quadráticas de ajustes: ( para medidas em mm):

$$D = 2000,4243 - 3,2399 \cdot (E) + 1,403493 \times 10^{-3} \cdot (E)^2$$

$$E = 1585,0977 - 2,844559 \cdot (D) + 2,232182 \times 10^{-3} \cdot (D)^2$$

Sobre os valores obtidos em centímetros, a norma prevê uma tolerância de  $\pm 2,0$ .

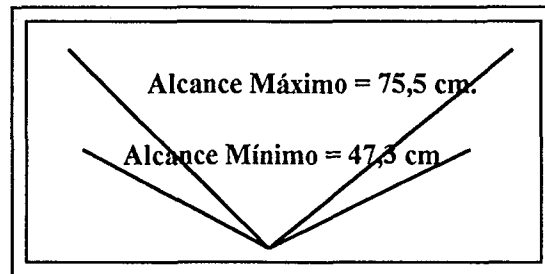
### 3.3. 3 Zonas de máximo e mínimo alcance

A determinação de zonas de máximo e mínimo alcance permitem definir o espaço no qual o tratorista realiza as suas atividades. Desta forma, foram realizadas as medidas do alcance de 21 operadores de trator para, posteriormente, por meio da média destes valores estabelecer as zonas de alcance que permitam realizar uma adequada distribuição e organização dos comandos e instrumentos manuais (Tabela 3.2).

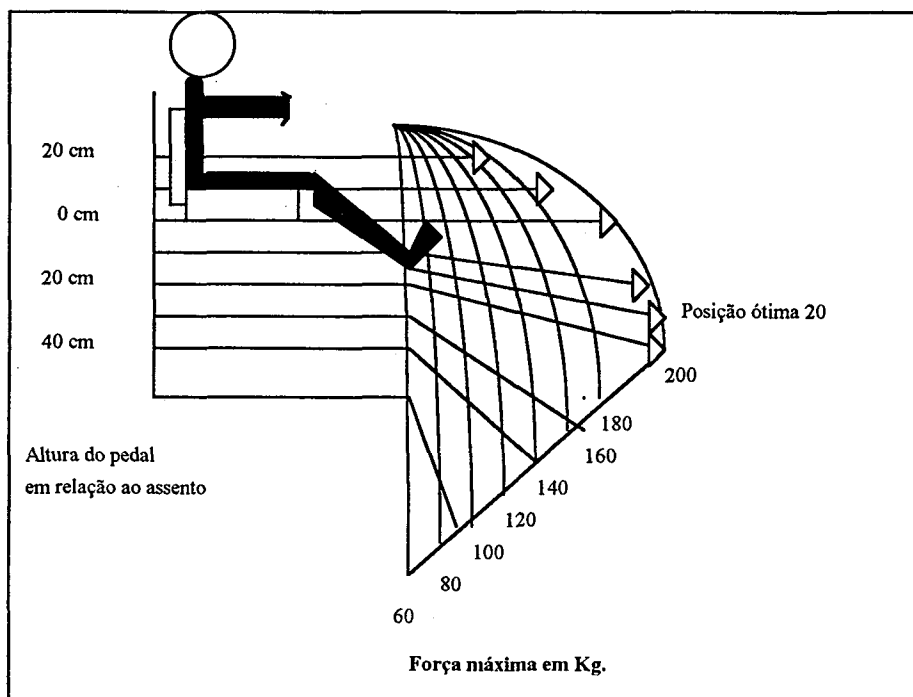
As medidas foram feitas considerando uma extensão máxima do corpo. Na prática a postura deitada chega a ser a mais constante, a altura diminui em 2% e a largura em aproximadamente 5% das medidas. As roupas não têm influência.

Operadores de trator	Alcance mínimo (cm)	Alcance máximo (cm)
Jôao	49	74
Edson	49	79
Jonas	50	76
Elsio	46	75
Jurandir	47	78
Antônio	48	75
José	45	74
Agenor	50	79
Vilmo	50	80
Newton	45	74
Cesar	48	74
Jonas (2)	46	72
Dirso	49	79
Sadir	49	79
Antônio (2)	46	71
Jôao (2)	47	72
Miguel	44	72
Jôao Maria	43	70,5
Ricardo	45	74
Sergio	50	80
Henrique	49	79
Somatório Total	$\Sigma$ 995	$\Sigma$ 1586,5
Média	47,3	75,5

Tabela 3.2 Valores dos alcances mínimos e máximos dos tratoristas  
Alcances mínimo e máximos médios



Os valores da zona de alcance sobre a concepção de movimentos que indicam, o campo de trabalho para os pés em relação aos pedais é mostrado na Figura 3.13

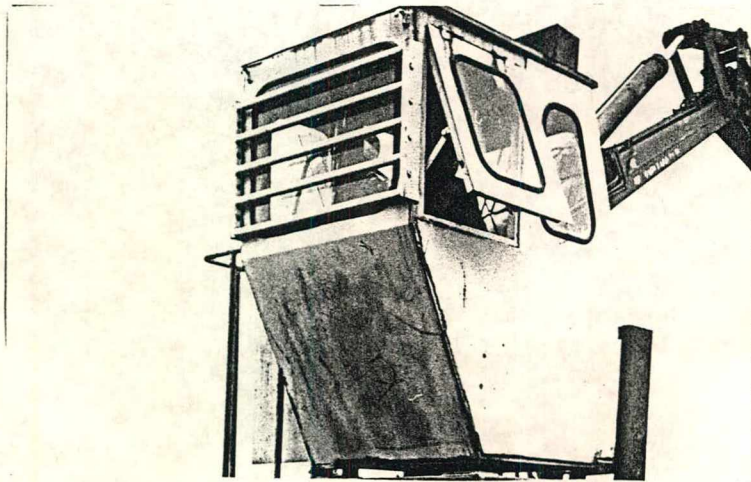


**Figura 3.13** Posição ótima para o acionamento dos pedais

Fonte: Itiro Lida (1992)

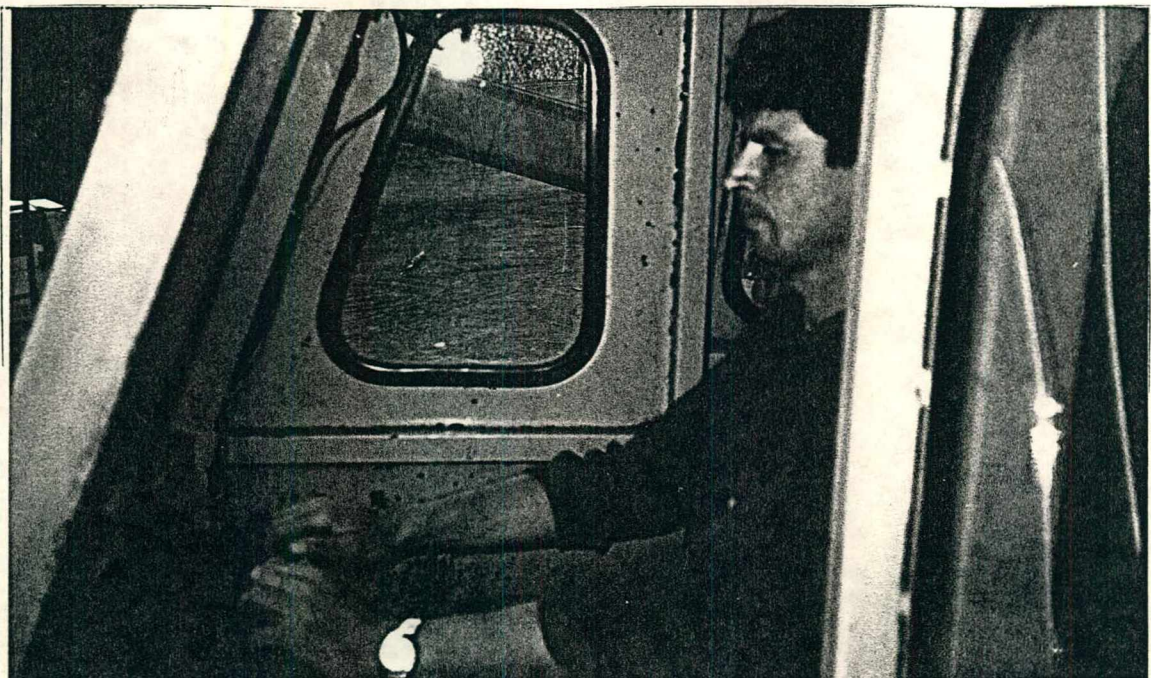
Na prática, as manobras são as mais complexas. Devem-se tabular os valores aproximados entre 10 e 20 % dos máximos possíveis exercidos pela força muscular para a concepção do posto de trabalho e comandos.

No que diz respeito ao campo visual do operador a Foto 3.1 mostra a cabine utilizada no trabalho florestal, onde as áreas de visibilidade são mínimas. A visibilidade secundária é necessária para monitorar movimentos ou luzes dentro do posto de trabalho ou cabine.

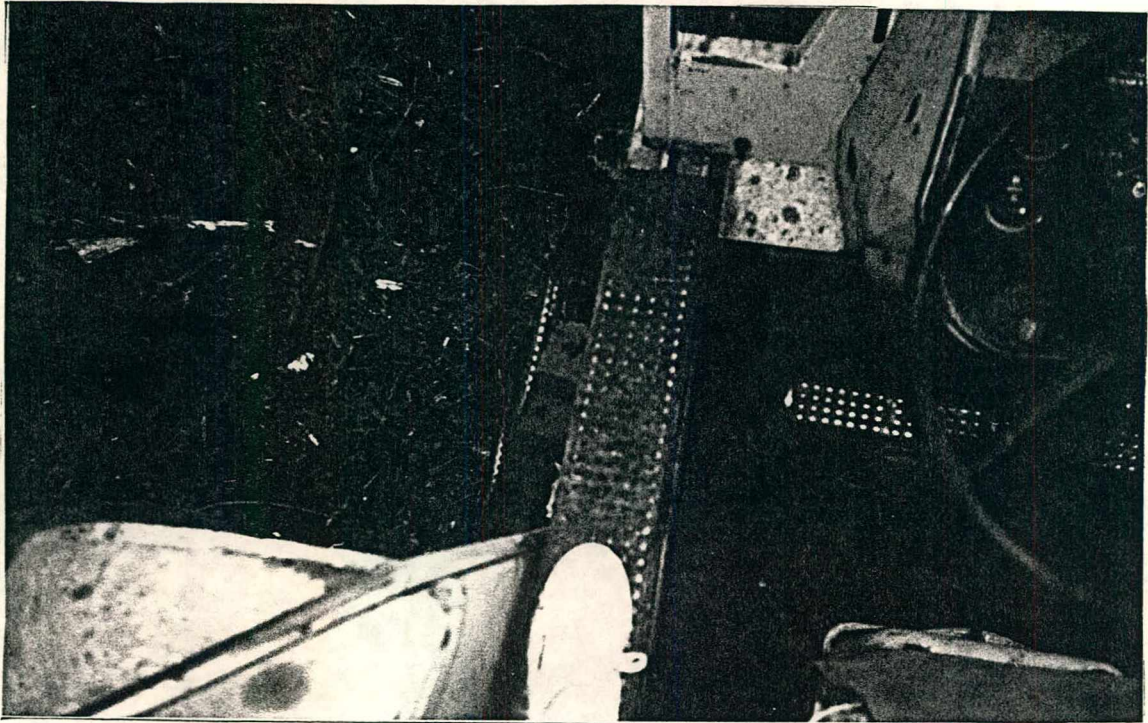


**Foto 3.1** A visibilidade dentro da cabine é mínima.

As dimensões do ambiente do posto de trabalho influencia de forma considerável o aparelho circulatório do homem e sua saúde, seu rendimento e seu conforto. O conforto exigido inclui quatro parâmetros essenciais: temperatura, iluminação, nível sonoro e vibrações. A melhora das condições de ambiente dentro da cabine do operador são absolutamente indispensáveis, de outra forma ele estará submetido a condições de trabalho desfavoráveis, dando como resultado uma má qualidade de trabalho produzido, e um incremento nos níveis de acidentes, como também aumento de riscos na saúde deste, especialmente no aparelho circulatório (Foto 3.2).

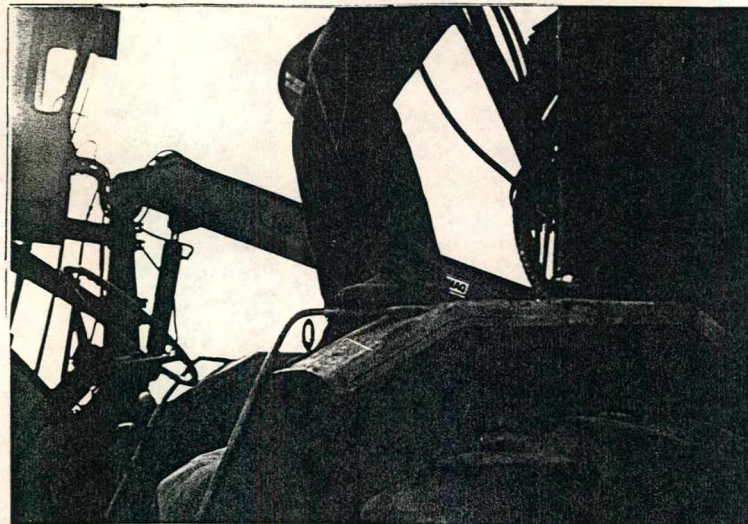


**Foto 3.2** Espaços reduzidos dentro das cabines dos tratores florestais



**Foto 3.4** Degraus e zonas de saída inadequadas

A Foto 3.5, apresenta a localização que foi dada aos passa mãos onde pode ser observado que estes encontram-se na altura dos pés dificultando a saída do operador.



**Foto 3.5** Passa mão projetado à altura do pé dificulta a descida

## **CAPÍTULO 4**

# **PRINCÍPIOS GERAIS PARA A CONCEPÇÃO ERGONÔMICA DO ASSENTO DE UM POSTO DE CONDUÇÃO DE UM TRATOR FLORESTAL**

Como consequência do tipo de tarefa que o tratorista desenvolve, ele passa a maior parte do dia sentado. Se uma tarefa puder ou tiver que ser executada na posição sentada, deverá ser usado um assento cujo projeto, construção e dimensões sejam adequados tanto ao usuário, quanto às exigências da tarefa. Além disso, deverá existir, se necessário, um descanso adequado e confortável para os pés.

A primeira vista, parece fácil satisfazer a este requisito, porém, nos últimos anos têm surgido dúvidas acerca da qualidade e conveniência de tais assentos. A cada dia, os pesquisadores de anatomia, fisiologia e ortopedia identificam mais problemas relativos ao sentar. Psicólogos experimentais investigam as sensações de conforto e desconforto, das quais normalmente o usuário da cadeira não tem consciência, com o objetivo de descobrir os requisitos necessários ao projeto de assentos mais confortáveis.

Este capítulo tem a finalidade de esboçar alguns dos princípios gerais, surgidos à partir de pesquisas realizadas, que visam proporcionar melhores condições de trabalho ao operador de trator florestal. Poderá servir de guia não apenas aos projetistas, mas também às indústrias interessadas em melhorar a qualidade do seu produto.

### **4.1 PRINCÍPIOS ERGONÔMICOS GERAIS SOBRE OS ASSENTOS**

Os princípios ergonômicos gerais sobre os assentos são derivados de diversos estudos anatômicos, fisiológicos e clínicos dos movimentos da posição sentada e estabelecem os

principais pontos a serem analisados no projeto e na seleção de assentos. Tais princípios são relacionados a seguir:

**- *Existência de um assento mais adequado para cada tipo de função***

Não existe um tipo ideal de assento para todas as ocasiões e para cada tipo de pessoa, e sim, aquele mais adequado para o desenvolvimento de uma determinada tarefa. Assim, um assento adequado para dirigir um trator pode ser considerado confortável para esse tipo de tarefa, mas seria desconfortável para o trabalho de escritório.

**- *As dimensões do assento devem ser adequadas às dimensões antropométricas do usuário***

No caso do assento do trator, a dimensão antropométrica crítica é a altura poplitea (distância entre a parte interior da coxa e a sola do pé, na posição sentada), que determina a altura do assento. Os assentos cujas alturas sejam superiores ou inferiores à altura poplitea não permitem um assentamento firme das tuberosidades isquiáticas, para transmitir o peso do corpo sobre o assento.

**- *O assento deve permitir variações de postura***

As freqüentes variações de posturas servem para aliviar as pressões sobre os discos intervertebrais e as tensões dos músculos dorsais de sustentação, reduzindo-se a fadiga. Portanto, os assentos de formas anatômicas em que as nádegas se "encaixam" neles, permitindo poucos movimentos relativos, não são recomendados. Para os postos de trabalho em que a pessoa passa horas a fio sentado, como no caso dos operadores de trator florestal, recomenda-se colocar apoio para os pés, com duas ou três alturas diferentes, para facilitar as mudanças de posturas.

**- *O encosto deve ajudar no relaxamento***

Em muitos postos de trabalho, a pessoa não usa continuamente o encosto, mas apenas de tempos em tempos, para relaxar. O perfil do encosto é importante, porque uma pessoa sentada apresenta uma protuberância para trás na altura das nádegas e a curvatura da coluna vertebral varia bastante de uma pessoa para outra.

## **4.2 FINALIDADE DO ASSENTO**

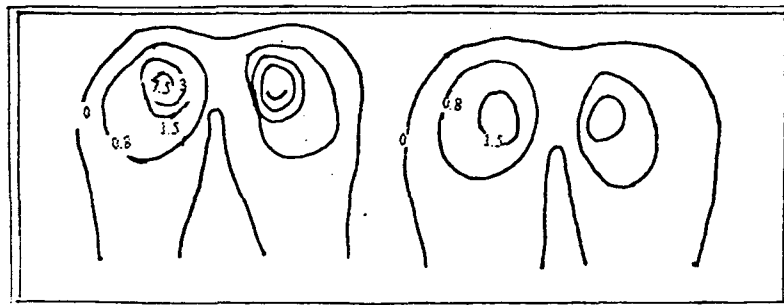
O objetivo principal do assento não é simplesmente aliviar o peso dos pés, mas também apoiar o tratorista, de modo que ele possa manter uma postura estável durante seu trabalho e assim, relaxar os músculos não exigidos pela tarefa. O assento deve ser projetado para eliminar o desconforto causado por pressões desnecessárias na parte inferior das coxas e pela restrição do fluxo de sangue nas nádegas, devidas à má distribuição do peso do indivíduo. Além disso, como, sentar durante longo tempo, numa só posição, geralmente causa sensações desagradáveis, como dormência, o projeto do assento deve permitir que o tratorista assuma diversas posições durante o período de trabalho. Quando se negligencia estes princípios há



grande desconforto, o que provavelmente causa considerável ineficiência e insatisfação no trabalho.

Geralmente o usuário do assento consegue aliviar os piores efeitos de um mau assento adotando diferentes posturas, embora isto sempre lhe custe em termos de esforço, conforto ou eficiência. Por exemplo, estudos recentes acerca das posturas que as pessoas adotam com mais frequência mostraram que o efeito de atos involuntários como cruzar as pernas é exatamente trancar as juntas e assim estabilizar os diversos segmentos do corpo. O projetista pode ajudar a reduzir a instabilidade, projetando corretamente as proporções do assento e colocando descansos para o tronco e as costas nos pontos adequados.

A colocação de bons descansos no assento parece, às vezes, entrar em conflito com as exigências do conforto; por exemplo, a maior parte do peso de um corpo numa tábua plana fica concentrada em duas áreas pequenas da pele, cobrindo dois ossos da pelvis. Apesar destas áreas estarem bem adaptadas à sua função, um assento completamente duro causará desconforto após um tempo relativamente curto, Figura. 4.1

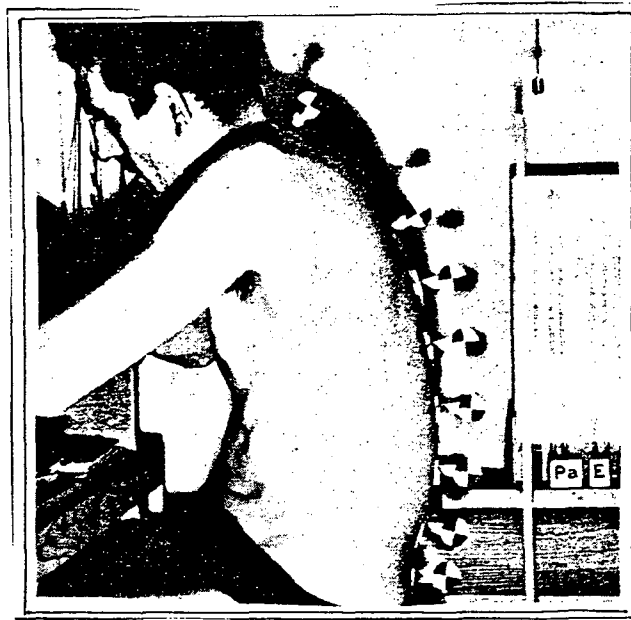


**Figura 4.1** Distribuição de pressões sobre o assento, com estofamento duro e estofamento macio

Fonte: (Osborne, 1982)

No outro caso, a utilização de assentos macios de molas ou de espuma permite espalhar a carga e assim, reduzir a pressão em um só ponto isolado. Mas, se estes forem muito macios, haverá o perigo do corpo não ter mais o apoio necessário e o trabalho de estabilização cair mais uma vez sobre os músculos, aumentando, ainda mais os efeitos da vibração no corpo do tratorista.

Investigações recentes mostram claramente a importância da posição do cotovelo e da distância do olho até os comandos de controle (Guia de seguridad y Higiene en los trabajos Forestale, 1990), para obter a maior eficiência do tratorista sentado, Figura. 4.2. Para as operações manuais como apertar ou segurar um comando a superfície deste deverá estar ou no mesmo nível do cotovelo ou abaixo dele, e o ângulo formado deve ser de 90° ou mais. Este é o arranjo que causa o menor índice de fadiga.



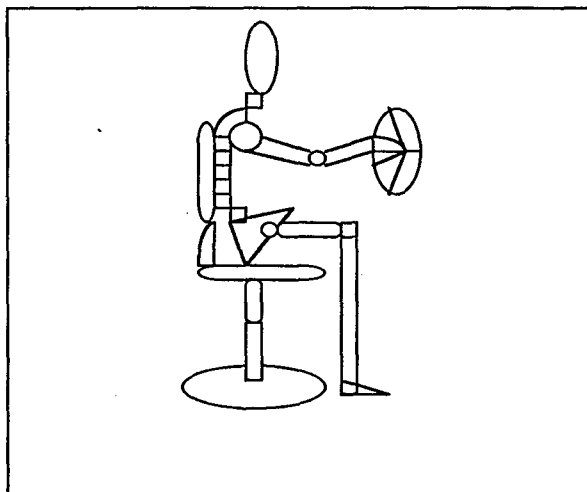
**Figura 4.2** Postura adotada por tratorista onde os comandos estão muito afastados

Fonte: Grandjean, 1976

Um dos defeitos mais comuns no trabalho florestal é a falta de espaço para o joelho e a perna, o que impede ao tratorista realizar movimentos. Desta forma, ele fica então forçado a manter uma mesma postura, mesmo quando não está realizando nenhuma operação. Estas posturas são desnecessariamente fatigantes, assim como ineficientes porque não permitem ao tratorista atingir a força ótima com seus braços e mãos.

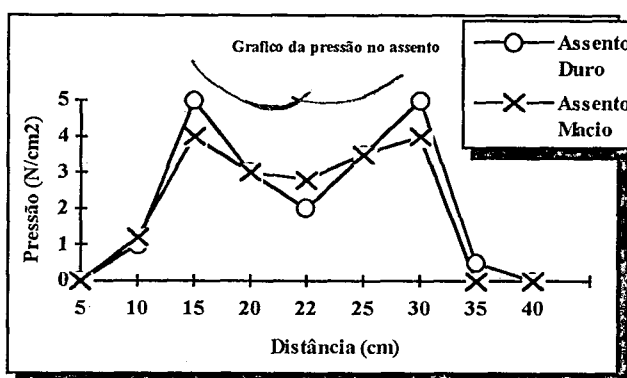
Entretanto, a maior parte dos problemas relativos ao assento no trabalho com trator florestal refere-se ao alcance dos comandos e controles. Sempre que o tratorista fica sentado todo tempo, surge a relação crítica entre a superfície do assento e a do trabalho. Já que seus pés devem descansar firmemente no solo, o assento não deve ser alto demais.

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 Figura 4.3, chamados de tuberosidades isquiáticas, que se assemelham a uma pirâmide invertida, quando vistos de perfil. As tuberosidades são apenas cobertas por uma fina camada de tecido muscular e uma pele grossa, adequada para suportar grandes pressões. Em apenas 25 cm<sup>2</sup> de superfície da pele, sob essas tuberosidades, concentram-se 75% do peso total do corpo sentado.



**Figura 4.3** Contato do Corpo com a superfície do assento  
Fonte: (Oborne, 1982)

No caso dos assentos, o tipo de estofamento seria o intermediário, com uma leve camada de estofamento, o que permitiria uma situação benéfica, reduzindo as pressões máximas em cerca de 400% e aumentando a área de contato de 900 para 1050 cm<sup>2</sup>, sem prejudicar a postura. O Gráfico 4.1 apresenta as curvas ocasionadas pela pressão ao sentar.



**Gráfico 4.1** Curvas da pressão que exerce o corpo na superfície ao sentar  
Fonte: (Oborne, 1982)

Na concepção do assento, deve-se considerar o alto número de horas de trabalho sobre ele e a própria vibração intensa do trator. Assim sendo, no desenho e na seleção do assento devem ser considerados os seguintes fatores:

- ⇒ Conforto estático aceitável;
- ⇒ Conforto dinâmico aceitável;
- ⇒ Capacidade de regulação para as posições sentado ou em pé para 95% do total dos tratoristas;
- ⇒ Fácil acesso ao assento. Elementos tais como, braços ou encostos, poderiam ser eliminados se somados a outros elementos do ambiente dificultam a movimentação do tratorista na entrada e saída do trator;
- ⇒ Proteção contra deslocamentos bruscos em direção transversal ou longitudinal;
- ⇒ Meios pelos quais o tratorista possa girar, pelo menos parcialmente, para observar em qualquer direção.

### 4.3 ASPECTOS ANTROPOMÉTRICOS PARA A CONCEPÇÃO DO ASSENTO

O levantamento antropométrico para a concepção do assento foi realizado na área de empilhamento das toras na floresta da empresa "Papel e Celulose Catarinense - PCC", pertencente ao grupo "Klabin", localizada em Lages, onde é realizado o corte e transporte das árvores.

#### 4.3.1 Metodologia

Neste trabalho, delimitou-se como atividade de análise, as situações vivenciadas pelos operadores de "*Tratores florestais*", do universo de operadores que efetivamente realizam as atividades em tratores. Efetuou-se uma análise a partir de uma amostra de 20 operadores florestais.

O ponto de partida foi o levantamento de dados referentes à altura, visando o conhecimento dos dados antropométricos da população de operadores de tratores florestais (Tratorista e ajudante geral).

Com esses dados, foi determinada a estatura média do tratorista e a construção do modelo gráfico (manequim ANEXO 1), correspondente ao usuário médio.

Assim sendo, a pesquisa de campo permitiu a possibilidade de levantar e analisar as principais interfaces existentes entre o tratorista e o assento durante a atividade, bem como identificar as zonas de alcance e de conforto necessárias para dimensionar o posto.

## 4.3.2 Dados obtidos referentes aos operadores de trator florestal

Descrição da Função	Altura (m)	Peso (Kg)	Idade (anos)
Operador do trator carregador	1,63	64	45
Operador do trator empilhador de toras	1,83	102	36
Operador de trator	1,73	81	38
Operador do trator	1,71	75	46
Operador do trator	1,72	66	26
Operador de trator	1,70	78	48
Operador do trator	1,76	74	44
Operador da empilhadeira	1,72	65	28
Operador da empilhadeira	1,66	83	33
Operador da carregadeira florestal	1,78	73	30
Operador do trator	1,78	85	28
Operador do trator	1,66	79	26
Operador da carregadeira (joy sticks)	1,62	54	33
Operador do trator	1,55	53	46
Ajudante do tratorista	1,74	78	63
Ajudante do tratorista	1,64	73	29
Ajudante do tratorista	1,69	79	26
Operador do trator e da moto-serra	1,76	75	25
Operador do trator	1,79	72	29
Operador do trator	1,65	65	38
<b>TOTAL</b> 20	$\Sigma = 34.12 \text{ m.}$	$\Sigma = 1474 \text{ Kg.}$	<b>Idade Media = 40.4</b>

Tabela 4.1

Altura em pé (x)	Nº de pessoas (P)	x.P	(X.) <sup>2</sup> .P	Frequência Acumulada
1,55	1	1,55	2,40	1
1,62	1	1,62	2,62	2
1,63	1	1,63	2,65	3
1,64	1	1,64	2,68	4
1,65	1	1,65	2,72	5
1,66	2	3,32	5,51	7
1,69	1	1,69	2,85	8
1,70	1	1,70	2,89	9
1,71	1	1,71	2,92	10
1,72	2	3,44	5,91	12
1,73	1	1,73	2,99	13
1,74	1	1,74	3,02	14
1,76	2	3,52	6,19	16
1,78	2	3,56	6,33	18
1,79	1	1,79	3,20	19
1,83	1	1,83	3,34	20
<b>TOTAL</b>	<b>20</b>	<b>34,12</b>	<b>58,22</b>	

Tabela 4.2

Determinação da estatura média da população de referência.

Fórmula utilizada para cálculo da média:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde:

Xi = Altura dos operadores em pé

n = número de operadores da amostra

O valor da altura média será:

$$X = \frac{34,12}{20} = 1,706 = 1,70\text{m}$$

Análise : O tratorista médio possui estatura igual a 1,70 m, ou seja, 1,70 corresponde ao valor para o qual tende a variável de análise (estatura), em função de todos os valores observados.

Outro aspecto importante, é que o valor encontrado, (1,70 m), é elevado; porém, explicável em virtude da predominância da população masculina, 100% da população de referência.

Determinação do desvio padrão, fórmula utilizada:

$$DP(x) = s = \sqrt{\frac{x^2 \cdot P - \frac{x \cdot P}{n}}{n-1}} \quad \text{Eq.(2)}$$

Onde:

x = Altura do operador em pé

P = Número de pessoas que contam com essa altura

n = Número total de operadores da amostra

Calculo do desvio-padrão:

$$S = \sqrt{\frac{58,22 - \frac{(34,12)^2}{20}}{20-1}}$$

Portanto, o desvio-padrão será:

$$S = 0.024$$

Análise: Este valor extremamente pequeno de desvio padrão, significa que, a estatura média encontrada é suficientemente representativa, ou seja, todas as medidas tem valores muito próximos à media.

A formula utilizada para o cálculo do percentil é:

$$\text{Percentil} = \frac{i}{100} \times N \quad \text{Eq. (3)}$$

Onde:

i = Percentil considerado

N = número total de operadores da amostra

Calculo do percentil:

$$\text{Percentil}(5\%) = \left(\frac{5}{100}\right) \times 20 = 1$$

$$\text{Logo} \rightarrow 5\% = 1,55$$

$$\text{Percentil}(95\%) = \left(\frac{95}{100}\right) \times 20 = 19$$

$$\text{Logo} \rightarrow 95\% = 1,79$$

Análise: O percentil mínimo, 5% representa a minoria da população de referência, enquanto o percentil de 95 % representa quase a totalidade da população que está sendo objeto de análise. Recomenda-se trabalhar sempre com o percentil de 95%, quando o posto de trabalho será utilizado por uma grande população heterogênea.

A Tabela 4.3 proporciona uma informação da faixa etária, na qual deve-se concentrar o estudo de caso. No entanto, como na atividade de operador de trator, o tratorista pode realizar esta atividade com mais de 63 anos, o universo de estudo, poderia ser ampliado considerando desta forma aos operadores de menos de 25 anos e acima de 63 anos.

Faixa etária	Nº de pessoas	%
25 - 28	6	30 *
29 - 33	5	25
34 - 38	3	15
39 - 48	5	25
49 - 63	1	5

\* Maior numero de pessoas

**Tabela 4.3**

Fonte: Própria

### 4.3.3 Avaliação do assento

A Figura 4.4 abaixo, apresenta um esquema das medidas encontradas nos assentos em situações reais de trabalho dos operadores de tratores florestais. Foram levantadas as medidas das quatro situações encontradas. No que diz respeito a tipos de assentos utilizados no trabalho florestal em tratores, estes dados serão utilizados posteriormente para realizar uma análise comparativa dos valores encontrados na situação real de trabalho com aqueles sugeridos pelos padrões<sup>1</sup>.

A situação 1 apresenta um assento rígido onde o encosto e a base do assento encontram-se unidos formando um corpo só, as formas são irregulares e o material é de napa, possui um apoio de braço metálico e de formas retas.

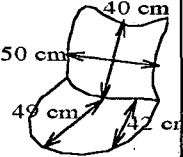
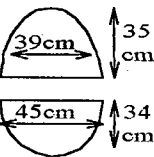
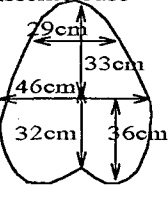
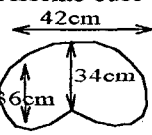
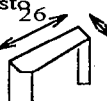
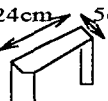

A situação 2 apresenta um assento com suspensão helicoidal de formas arredondadas, onde a base do assento está separada do encosto o material é de napa e não possui o apoio de braço.

A situação 3 apresenta um assento acoplado diretamente à base sem nenhum tipo de amortecimento, o material é de plástico pré-moldado e as formas são arredondadas no encosto e irregulares na base do assento, o apoio de braço é do mesmo material que o assento.

<sup>1</sup> PANERO, J. y ZELNIK, M. Las dimensiones humanas en los espacios interiores. Mexico, D.F.: Ediciones G. Gili S.A., 1984



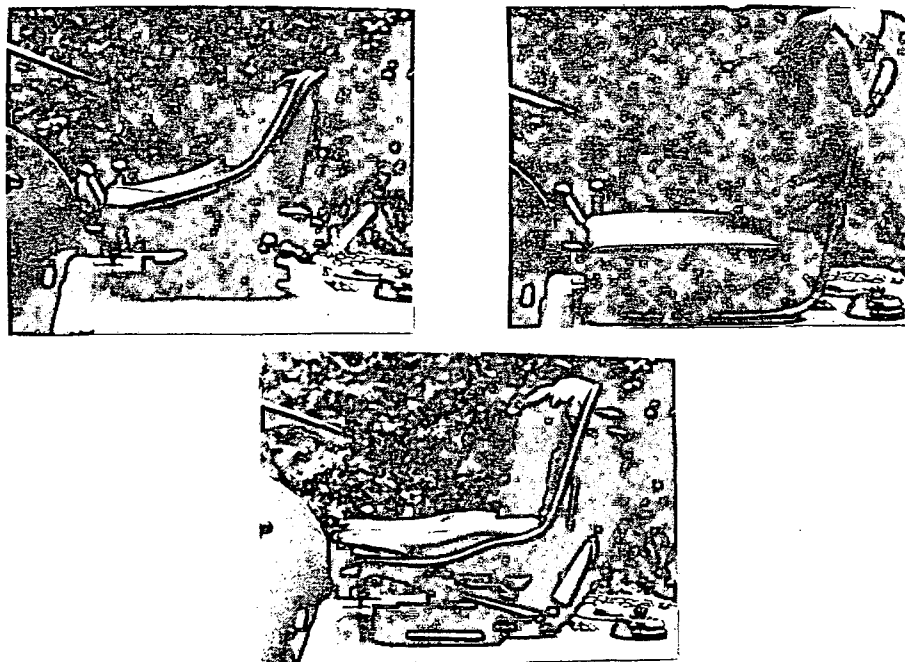
Finalmente a situação 4 apresenta um assento com suspensão pneumática que não possui encosto e a base do assento é de forma irregular coberto de um tecido o qual a sua vez cobre um acolchoamento de esponja, conta com um apoio para braço de material metálico o qual encontr-e deformado pelo tempo de uso.

Situação No.1	Situação No. 2	Situação No. 3	Situação No. 4
<p>Assento base</p> 	<p>Assento base</p> 	<p>Assento base</p> 	<p>Assento base</p> 
<p>Encosto</p> 	<p>Não tem</p>		

**Figura 4.4** Medidas dos diferentes tipos de assentos encontrados no posto do Tratorista Florestal

Fonte: Propria

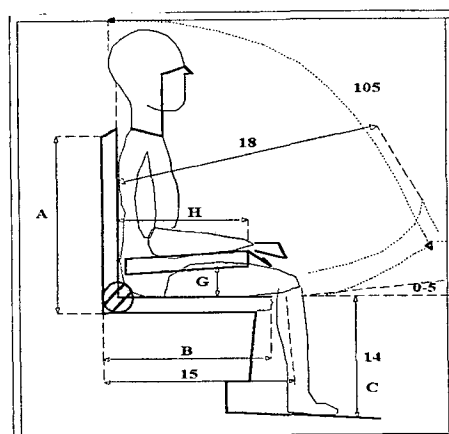
Ao mesmo tempo, são apresentadas, na Foto 4.1, 3 situações de assentos utilizados nos trabalhos florestais.



**Foto 4.1** Tipos de assentos utilizados nos trabalhos florestais

Fonte: Grandjean,1976

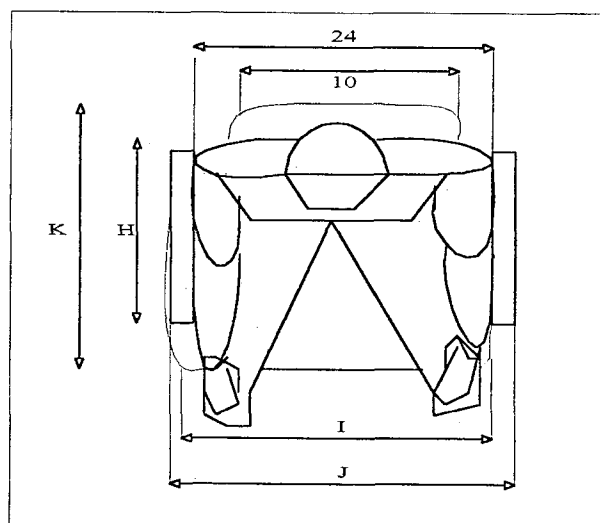
Um assento mal projetado que não proporcione um equilíbrio adequado, fará com que o tratorista adote posturas forçadas, ação que implica em um consumo adicional de energia, em virtude do esforço muscular e da sensação de desconforto. A Figura 4.5, a seguir, apresenta as medidas da situação recomendada em vista lateral e a Figura 4.6, a frontal.



**Figura 4.5** Situação recomendada para dimensionamento do assento do tratorista

(Vista lateral)

Fonte: Panero 1984



**Figura 4.6** Situação recomendada para dimensionamento do assento do tratorista (Vista frontal)

Fonte: Panero 1984

As recomendações serão realizadas a partir dos dados de medidas encontrada na pesquisa de campo avaliando as 4 situações acima abordadas, comparando-as com recomendações das normas em base ao tratorista médio e, considerando estas medidas para 95% da população de trabalhadores florestais.

## SITUAÇÃO No. 1

Medida Analisada	Cota recomendada		Cota	Comentário sobre a medida encontrada
	mínima (cm)	máxima (cm)	Encontrada (cm)	
A Altura do topo do encosto até a base do assento	45,7	61,0	40	Muito baixa: não atende nem ao mínimo requerido o que significa que até os operadores de estatura mais baixa sentirão desconforto
B Profundidade do assento até o encosto	39,4	40,6	49	Muito grande: Será desconfortável mesmo para os operadores de maior estatura, provocará uma aproximação excessiva para a frente do assento, a fim de alcançar os pedais.
C Altura do chão até a superfície do assento	40,6	43,2	39	Pequena: mas ainda poderia ser utilizada pelos operadores mais baixos. Para os mais altos causará desconforto, pois estes teriam que permanecer com a perna distanciada do apoio dianteiro do assento.
G Espaço livre entre o apoio de braço e assento	20,3	25,4	16	Muito pequeno: O cotovelo não se encontrará numa posição confortável, desta forma o tratorista adotará posturas incômodas para descansar o cotovelo no apoio do braço
H Comprimento do apoio do braço	30,5	30,5	26	Muito pequeno: O fato de ser pequeno provocará um mau apoio do comprimento do braço ficando uma parte maior da mão e braço fora do apoio.
I Largura do assento	45,7	50,8	50	ADEQUADA
J Largura do assento incluindo os apoios de braço	61,0	71,1	62	ADEQUADA
K Profundidade do assento até o fim do encosto	58,4	73,3	54	ADEQUADA

Tabela 4.4

## SITUAÇÃO No. 2

Medida Analisada	Cota recomendada		Cota	Comentário sobre a medida encontrada
	mínima (cm)	máxima (cm)	Encontrada (cm)	
<b>A</b> Altura do topo do encosto até a base do assento	45,7	61,0	35	Muito baixa: não atende nem ao mínimo requerido, o que significa que, até os operadores de estatura mais baixa sentirão desconforto
<b>B</b> Profundidade do assento até o encosto	39,4	40,6	34	Muito pequena: Será desconfortável, mesmo para os operadores de menor estatura, pois deixará parte do interior da perna sem o apoio do assento na parte da frente, e provocará uma pressão na parte interna da perna ao operar os pedais.
<b>C</b> Altura do chão até a superfície do assento	40,6	43,2	39	Pequena: mas ainda poderá ser utilizada pelos operadores mais baixos. Para os mais altos causará desconforto pois estes terão que permanecer com a perna distanciada do apoio dianteiro do assento.
<b>G</b> Espaço livre entre o apoio de braço e assento	20,3	25,4	16	Muito pequeno: O cotovelo não se encontrará numa posição confortável, desta forma o tratorista adotará posturas incômodas para descansar o cotovelo no apoio do braço
<b>H</b> Comprimento do apoio do braço	30,5	30,5	Não tem	O fato de não possuir um descanso de braço deverá piorar a situação do tratorista, o qual deverá exercer maior tensão nos braços.
<b>I</b> Largura do assento	45,7	50,8	45	Encontra-se um pouco abaixo mas ainda assim poderá ser considerado com aceitável para operadores magros. Poderá ser desconfortável para aqueles operadores de massa corporal maior.
<b>J</b> Largura do assento incluindo os apoios de braço	61,0	71,1	Não existe	O fato de não possuir um descanso de braço deverá piorar a situação do tratorista, o qual deverá exercer maior tensão nos braços.
<b>K</b> Profundidade do assento até o fim do encosto	58,4	73,3	37	Muito pequena: Será desconfortável ainda para os operadores de menor estatura, deixando parte do interior da perna sem o apoio do assento na parte da frente, provocando uma pressão na parte interna da perna ao operar os pedais.

Tabela 4.5

## SITUAÇÃO No. 3

Medida Analisada	Cota recomendada		Cota	Comentário sobre a medida encontrada
	mínima (cm)	máxima (cm)	Encontra da (cm)	
<b>A</b> Altura do topo do encosto até a base do assento	45,7	61,0	29	Muito baixa: não atende nem ao mínimo requerido, o que significa que, até os operadores de estatura mais baixa sentirão desconforto
<b>B</b> Profundidade do assento até o encosto	39,4	40,6	32 no centro 36 nos demais pontos	Muito pequena: Será desconfortável mesmo para os operadores de menor estatura, deixando parte do interior da perna sem o apoio do assento na parte da frente, provocando uma pressão na parte interna da perna ao operar os pedais.
<b>C</b> Altura do chão até a superfície do assento	40,6	43,2	40	Pequena: mas ainda poderia ser utilizada pelos operadores mais baixos, causando desconforto naqueles mais altos, que teriam que permanecer com a perna distanciada do apoio dianteiro do assento.
<b>G</b> Espaço livre entre o apoio de braço e assento	20,3	25,4	16	Muito pequeno: O cotovelo não se encontra numa posição confortável, pelo qual o tratorista adotará posturas incômodas para descansar o cotovelo no apoio do braço
<b>H</b> Comprimento do apoio do braço	30,5	30,5	24	Muito pequeno: O fato de ser pequeno provoca um mau apoio do comprimento do braço ficando uma parte maior da mão e o braço fora do apoio.
<b>I</b> Largura do assento	45,7	50,8	46	ADEQUADA
<b>J</b> Largura do assento incluindo os apoios de braço	61,0	71,1	58	Muito pequena: a distância entre os apoios não pode ser pequena, podendo causar problemas ao sentar onde um operador com maior massa corporal não caberia no assento ou se encontraria pressionado na parte lateral das pernas
<b>K</b> Profundidade do assento até o fim do encosto	58,4	73,3	35 na parte média do assento 39 nos demais pontos	Muito pequena: Será desconfortável mesmo para os operadores de menor estatura, deixando parte do interior da perna sem o apoio do assento na parte da frente, provocando uma pressão na região interna da perna ao operar os pedais.

Tabela 4.6

## SITUAÇÃO No. 4

Medida Analisada	Cota recomendada		Cota	Comentário sobre a medida encontrada
	mínima (cm)	máxima (cm)	Encontrada (cm)	
A Altura do topo do encosto até a base do assento	45,7	61,0	Não tem	Ao não contar com encosto, o operador é forçado a inclinar o corpo, o que ocasiona uma pressão na região lombar podendo provocar, com o tempo e frequência de trabalho, uma hérnia de disco
B Profundidade do assento até o encosto	39,4	40,6	34 na parte media do assento 36 nos demais pontos	Muito pequena: Será desconfortável ainda para os operadores de menor estatura, deixando parte do interior da perna sem o apoio do assento na parte da frente, provocando uma pressão na parte interna da perna ao operar os pedais.
C Altura do chão até a superfície do assento	40,6	43,2	40	Pequena: mas ainda poderia ser utilizada pelos operadores mais baixos, causando desconforto naqueles mais altos, que teriam que permanecer com a perna distanciada do apoio dianteiro do assento.
G Espaço livre entre o apoio de braço e assento	20,3	25,4	17	Muito pequeno: O cotovelo não se encontra numa posição confortável pelo qual o tratorista adotará posturas incômodas para descansar o cotovelo no apoio do braço
H Comprimento do apoio do braço	30,5	30,5	27	Muito pequeno: O fato de ser pequeno provoca um mau apoio do comprimento do braço ficando uma parte maior da mão e o braço fora do apoio.
I Largura do assento	45,7	50,8	42	Muito pequena: Encontrasse defaçado para satisfazer ainda a operadores magros causando o maior desconforto e difícil acesso daqueles que possuem uma massa corporal maior.
J Largura do assento incluindo os apoios de braço	61,0	71,1	50	Muito pequena: a distância entre os apoios não pode ser pequena, podendo causar problemas ao sentar onde um tratorista com maior massa corporal não caberia no assento ou se encontraria pressionado na parte lateral das pernas
K Profundidade do assento até o fim do encosto	58,4	73,3	35 na parte media do assento 37 nos demais pontos	Muito pequena: Será desconfortável mesmo para os operadores de menor estatura, deixando parte do interior da perna sem o apoio do assento na parte da frente, provocando uma pressão na região interna da perna ao operar os pedais.

Tabela 4.7

Como pode ser observado, a maioria dos dados levantados sobre o assento estão fora das recomendações estabelecidas pelas normas. Isto nos leva a pensar que não foi considerado de maneira alguma, o tratorista no projeto.

A Tabela 4.8, abaixo apresenta alguns dados antropométricos que não podem ser fixos como os apresentados nas tabelas anteriores, devido a que dependem de certas variáveis como ser a idade, o sexo e o percentil que será utilizado. Para o assento do tratorista florestal foram consideradas as medidas para uma população de 18 a 79 anos, já que o tipo de trabalho não está restrito aos jovens e sem, à pessoas experientes. O sexo será considerado o masculino, por existirem poucos dados de mulheres nessa atividade, e o percentil será 95%, para considerar uma grande faixa da população.

<b>Dados Antropométricos</b>	<b>Homens de 18 a 79 anos 95 Percentil</b>
<b>10 Largura do quadril</b>	<b>40,4 cm</b>
<b>14 Largura do quadril</b>	<b>49 cm</b>
<b>15 Altura do chão até a curva da perna</b>	<b>54,9</b>
<b>18 Altura Encosto - Calcanhar</b>	<b>117,1</b>
<b>24 Máxima largura das costas</b>	<b>57,9</b>

**Tabela 4.8 Dados antropométricos para a concepção do assento**

#### **4.3.5 Processo de construção do "Manequim"**

O modelo gráfico, ou manequim, do tratorista médio, foi construído utilizando-se a Tabela antropométrica Figura 4.7, que fornece as dimensões existentes entre as articulações do corpo humano.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Humanscale: Diffrient, Tilley, Bardagjy

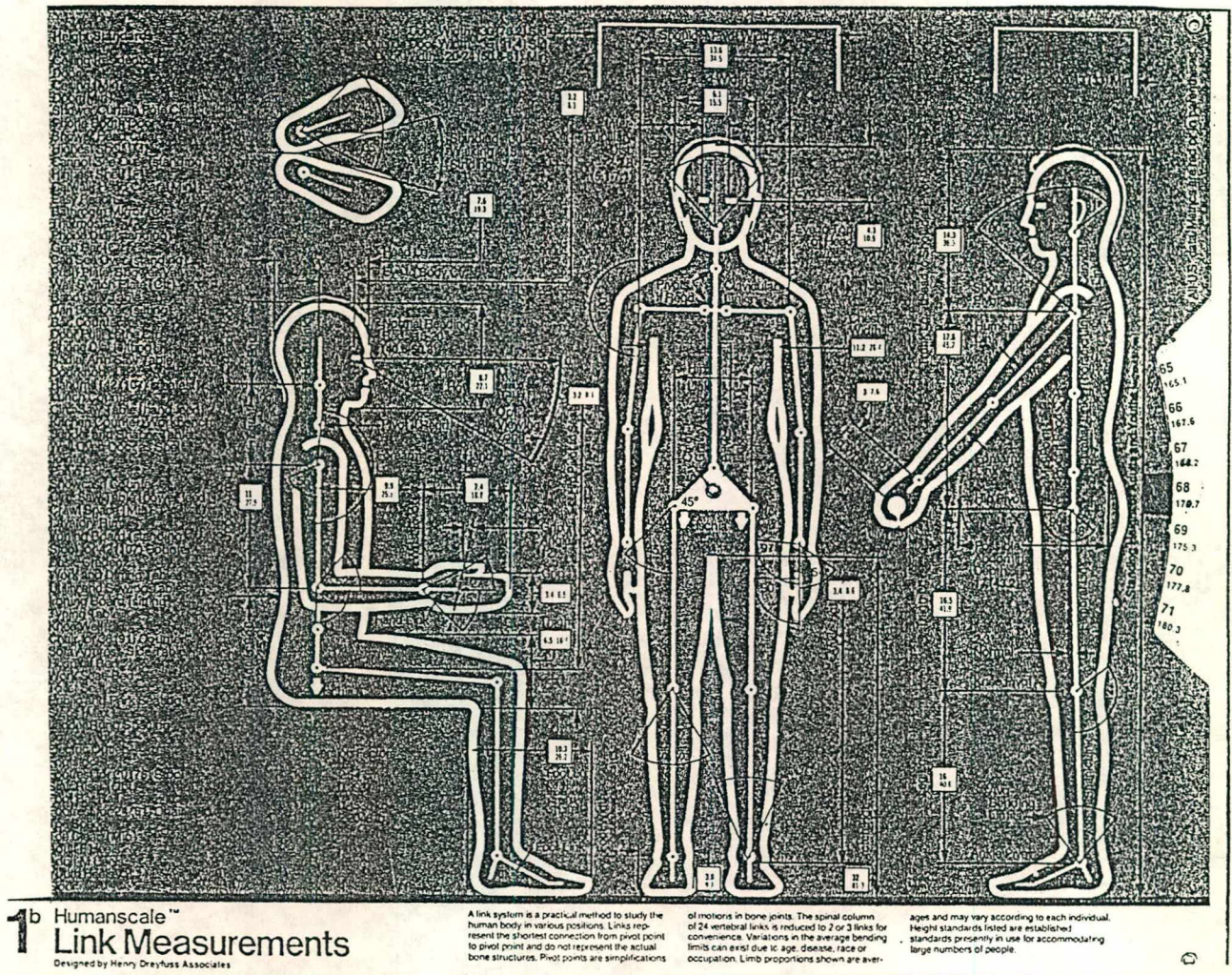


Fig 4.7 Tabela Antropométrica

Fonte: Tabela Antropométrica<sup>2</sup>

O dado de entrada para a utilização da Tabela é a estatura do tratorista médio. A Figura 4.8 representa o manequim construído a partir das medidas levantadas, a construção foi realizada em segmentos corporais, e unidas as partes por meio de ilhos que permitem dar movimento ao manequim. No Anexo 1 seguem os modelos originais, na escala 1:5.

<sup>2</sup> Humanscale: Diffrient, Tilley, Bardagjy



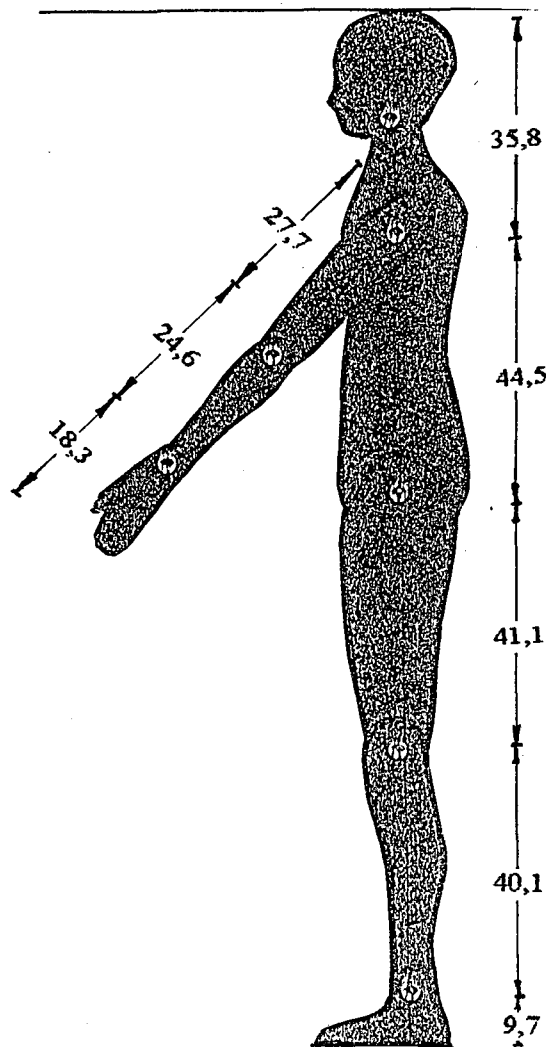


Figura 4.8 Tratorista Médio - Manequim

Fonte: Propria

#### 4.4 CONSEQUÊNCIAS DO MAU PROJETO DO ASSENTO

A Tabela 4.9 apresenta resultados percentuais das consequências do mau projeto de assento. Estas percentagens são acumulativas, pois vários tratoristas sentiam dores em diferentes lugares do corpo.

<b>Dores Acusadas</b>	<b>Pessoas Afetadas</b>
<b>Nas costas</b>	<b>57 %</b>
<b>Nos joelhos e pés</b>	<b>29 %</b>
<b>Na nuca e nos ombros</b>	<b>24 %</b>
<b>Nas coxas</b>	<b>19 %</b>
<b>Nas nádegas</b>	<b>16 %</b>
<b>Nos braços e mãos</b>	<b>15 %</b>
<b>Na cabeça</b>	<b>14 %</b>
<b>Nenhum</b>	<b>15 %</b>

**Tabela 4.9** Dados Levantados de doenças mais comuns ocasionadas pela má projeção do assento

Fonte: Própria

Na pesquisa de campo e durante conversas com os operadores obteve-se os dados acima apresentados, dos 21 entrevistados todos apresentavam algum tipo de queixa devido às más posturas nos assentos somado a fatores de vibração ocasionado pela máquina, estes índices tão altos reforçaram a ideia preliminar de realizar modificações a partir do projeto pelo qual a contribuição da dissertação será de proporcionar recomendações para o melhoramento dos assentos.

## CAPÍTULO 5

# PRINCÍPIOS GERAIS PARA A CONCEPÇÃO ERGONÔMICA DE COMANDOS E CONTROLES DE UM POSTO DE CONDUÇÃO DE UM TRATOR DE FLORESTA

### 5.1 DEFINIÇÃO

Os comandos e controles, são os meios físicos que permitem ao tratorista controlar a operação das máquinas, sendo o homem o agente ativador que transmite energia mecânica ou informações por meio dos movimentos musculares.

Segundo os princípios ergonômicos, as máquinas devem ser uma extensão do corpo humano e os comandos apresentam-se como interface entre os dois elementos.

Neste capítulo, serão analisados os tipos de comandos desde um ponto de vista ergonômico levando em conta os diferentes aspectos que influenciam no momento do operador solicitar algum comando ou controle.

### 5.2 OBJETIVO

Os comandos são utilizados em máquinas e equipamentos para:

- ☞ Ligar ou desligar;
- ☞ Conduzir ou regular a direção de um movimento e sua trajetória;
- ☞ Ajustar ou calibrar alturas de assentos , aparelhos de medição;
- ☞ Movimentar ou regular velocidades de movimentos;
- ☞ Fechar ou abrir portas;

- Fornecer dados de comandos dos painéis.

### 5.3 REQUISITOS

Os requisitos para a concepção dos comandos são os seguintes:

- Configuração simples
- Fácil acionamento ou seja, rápido e com pequeno esforço;
- Confiável nas respostas;
- De acordo com a finalidade;
- Padronizado;
- Acionamento preciso;
- Evitar acionamentos errados ou involuntários;
- Não perturbar ou dificultar a execução de outras funções;
- Ser de boa qualidade;
- Suportar acionamentos rápidos ou violentos;
- A sua repetitiva utilização não deve provocar doenças aos tratoristas como inflamação nos tendões, dores de coluna;
- Não deve causar danos físicos como raspagem na pele, choques elétricos ou mecânicos, cortes, dificuldade de circulação sanguínea, queimaduras, dores por esforços musculares;
- Ser higiênico, ou seja, de fácil limpeza;
- O tratorista deve conseguir suportar as solicitações dos comandos;
- Permitir uma postura natural, confortável do órgão que esta sendo solicitado;
- Ser de fácil alcance e fácil de trocar;
- Condizer com os estereótipos dos usuários;
- O sentido do movimento deve fazer sentido.

### 5.4 DISCRIMINAÇÃO DOS COMANDOS

Podem ser classificados de acordo com os seguintes critérios:

#### a.- Forma

A discriminação pela forma é aquela que ocorre tanto pelo tato, quanto pela visão.

#### b.- Tamanho

Para comandos de mesma forma, a discriminação pelo tamanho é mais difícil, funcionando bem quando os comandos estão muito próximos entre si para que sejam comparados visualmente.

**c.- Cores**

Podem ser associadas a diferentes significados como, por exemplo, verde para ligar e vermelho para desligar. Para ter um bom funcionamento o ambiente deve estar bem iluminado.

**d.- Textura**

Refere-se ao tipo de acabamento superficial do controle; é possível diferenciar três tipos de texturas: lisa, superfície rugosa ou com estrias e superfície com pequenas rugas.

A possibilidade de diferenciação por meio da textura é dificultada quando o tratorista usa luvas.

**e.- Modo operacional**

Refere-se à forma como são operados os comandos : Puxar, empurrar, girar, apertar, etc., respeitando os estereótipos dos usuários.

**f.- Localização**

Supõe a identificação do comando pelo senso cinestésico, sem acompanhamento visual. Para a realização desta operação, os comandos precisam estar distanciados uns dos outros.

**g.- Letreiros**

Refere-se à colocação de palavras ou códigos numéricos nos comandos, assim é possível diferenciar uma grande quantidade de comandos sem exigir um treinamento especial. Eles devem ser colocados acima dos comandos, para que não sejam cobertos pelas mãos do tratorista. Têm a desvantagem de precisar mais espaço, exigir algum tempo de leitura, não funcionar no escuro e exigir tratoristas alfabetizados.

**h.- Combinação de códigos**

No caso em que um comando exija a introdução de mais de um código de discriminação, deve-se ter cuidado para que não seja de forma exagerada pois pode provocar confusão e dificuldade na manutenção...

**5.5 OS COMANDOS E A INFLUÊNCIA EXTERNA**

Para realizar um bom projeto de comandos, deve-se considerar fatores que modificam de alguma forma o seu funcionamento:

### **5.5.1 Frio**

Baixas temperaturas podem endurecer as mãos dos tratoristas, diminuindo a destreza. Luvas e peças de roupas podem causar dificuldades de manipulação para pequenos serviços do tratorista que requeiram mais espaço entre os comandos.

### **5.5.2 Vibração**

Reduz a destreza manual e torna inseguros os movimentos que requerem movimentos suaves e contínuos.

### **5.5.3 Calor**

Produz suor, o qual pode provocar deslizamento no acionamento dos comandos.

### **5.5.4 Iluminação**

Se o tratorista tiver problemas de enxergar com pouca luz, ele poderá levar grande tempo para acionar os comandos ou até mesmo incorrer em erros.

### **5.5.5 Posição do tratorista**

A mobilidade do tratorista afeta a escolha e a localização dos comandos.

## **5.6 TIPOS DE COMANDOS**

Podem ser divididos em três:

- ❶ Comandos de ajuste de calibragem: estes são normalmente colocados longe da área de trabalho para evitar acionamentos involuntários;
- ❷ Comandos de seleção: devem ser arranjados em grupos de acordo com a frequência de uso e importância;
- ❸ Comandos de controle de operação: têm prioridade em relação aos de seleção e calibragem no que diz respeito a disposição espacial.

## **5.7 FUNÇÕES DOS COMANDOS**

### **5.7.1 Comandos Discretos**

São aqueles que admitem apenas algumas posições bem definidas, não podendo assumir valores intermediários entre as mesmas. São de três tipos:

- ❶ Ativação que admite somente duas posições: liga e desliga;
- ❷ Posicionamento: que admite um número limitado de posições;

- ② Entrada de dados: que são um conjunto de botões que permitem compor vários arranjos

### 5.7.2 Comandos Contínuos

São aqueles que permitem realizar uma infinidade de ajustes diferentes. Estes são:

- ① Posicionamento quantitativo, é aquele que permite fixar um valor dentro de um conjunto contínuo;
- ② Movimento contínuo, serve para alterar continuamente o estado da máquina, acompanhando sua trajetória (Ex. volante do automóvel).

## 5.8 VARIAÇÕES DOS COMANDOS

Os comandos, segundo suas variações, podem ser de dois tipos:

### 5.8.1 Comandos múltiplos

É a combinação de vários comandos, onde diversas funções são agrupadas em um único ponto, como, botões giratórios sobre postos. Eles precisam de maior espaço para sua instalação; a desvantagem é que pode ser acionado involuntariamente.

### 5.8.2 Comandos combinados

Quando diversas funções são agrupadas em um único comando, podendo ser um botão que liga e desliga e ao mesmo tempo regula a intensidade, temos os comandos combinados. Estes comandos são utilizados onde o espaço para a instalação de outros é limitado ou para tarefas complexas de acionamento com diversos graus de liberdade, só é recomendado quando a direção de acionamento for compatível para facilitar o seu movimento.

## 5.9 PROCESSO DE ESCOLHA PARA A CONFIGURAÇÃO E SELEÇÃO DOS COMANDOS

O processo a ser seguido é o seguinte:

- Definir a tarefa de acionamento, ou seja, o que está sendo feito e fixar os requisitos necessários para o comando;
- Escolher o órgão eferente como os pés, as mãos ou os dedos, para a execução da tarefa e determinar a postura e posição necessária para o tratorista;
- Determinar o modo de acionar um determinado comando, seja com o pé ou com a mão;
- Selecionar o tipo de comando;
- Prever contra acionamentos involuntários;
- Definir o arranjo ou disposição dos comandos e avaliar a compatibilidade espacial;
- Determinar trajeto, direção dos comandos e resistência de acionamento;

- Determinar forma, dimensão e material;
- Especificar símbolos e letreiros como ícones e recomendações escritas, se for necessário;
- Elaboração de um protótipo para o teste.

Para obter uma boa seleção deve-se levar em conta as características em termos de velocidade, precisão e força dos movimentos a serem realizados pelo tratorista.

Conclui-se que a precisão vai diminuindo quando o movimento passa do dedo para as mãos, e daí para os braços, ombros e corpo, mas a força desses movimentos aumenta na mesma seqüência.

#### **5.10 QUESTÕES A SEREM CONSIDERADAS PARA REALIZAR UMA BOA SELEÇÃO DOS COMANDOS:**

1. Qual o propósito geral e a função que terá o controle?
2. Qual a importância deste sistema?
3. O que especificamente está sendo controlado?
4. Qual o tipo de mudança que é efetiva com o uso do controle?
5. Quais são as extensões, níveis e direções da mudança?
6. Com qual precisão, velocidade e força o controle oscilará?
7. Quais as consequências de não alcançar os requisitos desejados?
8. Quais as informações necessárias ao tratorista?
9. Quais são os requerimentos para localizar e identificar os controles para determinar sua posição e para sentir a troca de posição?
10. Quais os controles a serem utilizados?
11. Como é avaliado o espaço ?
12. Qual a importância de localizar o controle em determinada posição para um agrupamento adequado e a associação com os outros equipamentos, controles e monitores?
13. Quais as consequências de uma operação inadvertida ou acidental?

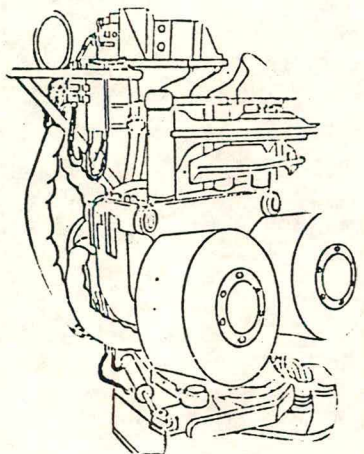
#### **5.11 MOVIMENTO DOS COMANDOS**

A relação entre o movimento dos comando e a ação deve levar em conta: a direção, respeitando os estereótipos, a distância: utilizando a sensibilidade mais adequada para o comando e a demora do tempo de resposta ao comando

Os movimentos do corpo estão submetidos a exigências fisiológicas e psicológicas. Atendendo-se a estas exigências, consegue-se ganhos de tempo, pois os movimentos tornam-se compatíveis com a ação, utilizando a energia para realizar o esforço muscular e a precisão para reduzir os esforços dos músculos antagonísticos.



Neste modelo a alimentação das toras é feita através de 2 rolos de aço, providos de 12 dentes em cada fileira, com tração hidrostática. O sistema hidráulico é de pressão constante e de pressão "constante unloaded" (Figura 5.3).

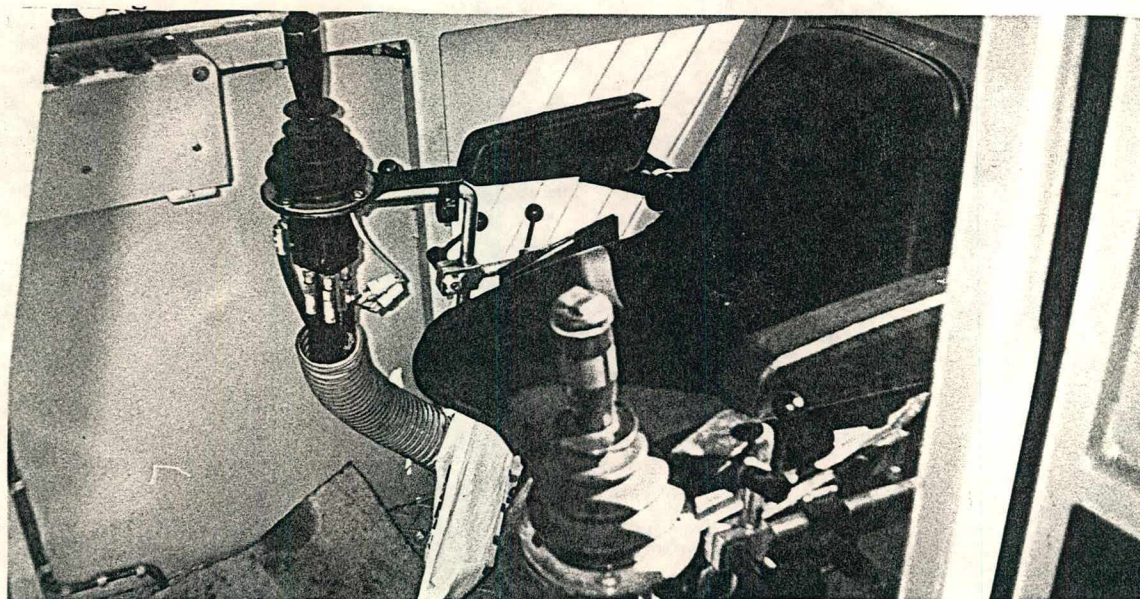


**Figura 5.3** Cabeçote

Fonte: Aracruz

#### 5.21.4 Layout da cabine

O esquema é o da cabine do trator florestal existente na PCC e apresenta o posto e o seus elementos, fotografia 5.1.



**Fotografia 5.1** Layout da cabine utilizada atualmente em trabalhos florestais

A proposta sugerida é apresentada na Figura 5.4, que ilustra a disposição do painel e do piso da cabine, visto pelo tratorista. Os comandos do ar condicionado, que serão

No que diz respeito aos movimentos à rapidez com que o tratorista os realiza e a velocidade com que os comandos são executados, estes dependem do registro sensorial, da elaboração mental e da execução, sendo assim a rapidez no registro mental é maior quando o sinal atende os seguintes requisitos: distingue-se nitidamente do fundo, é mais intenso ou de maior dimensão, aparece mais no centro do campo visual, é auditivo ou tátil em vez de visual e o sinal auditivo é agudo em vez de grave. A rapidez na elaboração mental é maior quando, o sinal novo aparece depois da execução da resposta precedente, a escolha entre as várias possibilidades de resposta é pequena, os sinais se sucedem em intervalos regulares, os movimentos dos comandos são compatíveis com os da ação e quando as pessoas são mais jovens.

Finalmente, a rapidez na execução da resposta é maior nas mãos do que nos pés, quando a força de acionamento é pequena, quando a distância a ser percorrida é pequena e quando a força é executada no sentido da extensão dos membros

O estereótipo popular é o conjunto de ações (movimentos) que é considerado pela maioria das pessoas.

Quanto a origem, os estereótipos podem ser: naturais, aqueles que existem naturalmente nas pessoas e culturais, aqueles adquiridos pelo meio

Os movimentos de controle podem ser: compatíveis, quando os movimentos de controle seguem os estereótipos populares e incompatíveis, quando os movimentos de controle contrariam os estereótipos populares.

Os movimentos compatíveis são executados com maior confiabilidade e aprendidos com maior rapidez. Não sendo possível utilizar somente movimentos compatíveis, então, é melhor que todos sejam incompatíveis, o que é menos danoso do que misturar movimentos compatíveis e incompatíveis (Iida, 1990).

Segundo Iida (1990), observou-se que a posição dos comandos em relação ao corpo tem uma forte influência na escolha da mão para operá-los e que, os estereótipos dos canhotos é o mesmo dos destros.

Os comandos devem possuir tanto compatibilidade de movimentos, onde o movimento do comando sugere o movimento do mostrador, quanto compatibilidade espacial, onde a posição relativa dos comandos e mostradores sugerem esta correspondência.

O relacionamento entre os comandos e mostradores seguem alguns princípios que são: aos movimentos rotacionais no sentido horário associa-se movimentos "para cima" e "para direita"; a rotação do comando à direita tende a afastar o mostrador e vice-versa e os comandos e mostradores movimentam-se no mesmo sentido no ponto mais próximo entre ambos.

Na projeção dos comandos, a compatibilidade é importante quando: os erros são perigosos e custosos; as operações são complexas, a seqüência de operação é interrompida, o

treinamento é limitado, os comandos não são padronizados e as trocas de tratoristas e máquinas são freqüentes

No caso de má projeção as consequências da incompatibilidade são: um longo tempo de treinamento, uma reversão de direção esperada sob estresse, um alto índice de erros, uma baixa precisão e velocidade, um alto tempo de reação e uma menor confiabilidade nos momentos sob pressão.

### **5.12 DISPOSIÇÃO DOS COMANDOS NO ESPAÇO**

A posição dos comandos no espaço deve orientar-se pela posição do homem diante das máquinas, e equipamentos, para os quais os comandos são necessários.

O arranjo dos comandos para uma operação segura, eficiente e confortável leva em consideração: a prioridade, a duração, a velocidade, o alcance, o tempo de treinamento, a postura necessária, os estereótipos populares, a frequência, a força, a seqüência, a confiabilidade e as operações simultâneas

Esses dados podem ser obtidos por meio de estudos realizados com acionamento de objetos semelhantes ou a partir de simulação das diferentes situações que possam ocorrer.

Em experiências com fogões de 4 queimadores, Chapanis (1959)(Chapanis, apud Itiro, (1990)), demonstrou que havendo correspondência espacial, o numero de erros é praticamente zero.

### **5.13 PRINCÍPIOS FUNCIONAIS PARA ARRANJO DE COMANDOS**

Para se ter um bom funcionamento dos comandos e controles deve-se considerar os seguintes princípios:

- ⊖ Manter uma seqüência de uso, da esquerda para direita e de cima para baixo;
- ⊖ Dar uma localização preferencial àqueles comandos que têm uso mais freqüente;
- ⊖ Comandos que requerem resposta rápida, como os de emergência devem ter acesso facilitado;
- ⊖ Comandos precisos devem ser destinados para operação manual;
- ⊖ Comandos que não podem ser utilizados de forma inadvertida devem ser protegidos ou distanciados do tratorista;
- ⊖ Comandos que controlam corpos em movimento devem permitir que o tratorista visualize este movimento.

## 5.14 FACILIDADE DE DESLOCAMENTO

No que diz respeito à facilidade de deslocamento dos comandos este é um aspecto muito importante, é a razão entre o deslocamento do mostrador (ou máquina) e o comando.

A sensibilidade pode ser avaliada a nível de pressão, deslocamento ou velocidade.

### 5.14.1 - Pressão

Quanto menor a pressão necessária para acionar o comando, maior a sensibilidade deste.

### 5.14.2 - Deslocamento

Para um grande deslocamento do mostrador e pequeno do comando diz-se que a sensibilidade é alta, caso contrário é baixa.

$$R_{\text{(Relação de deslocamento)}} = \frac{\text{deslocamento do comando}}{\text{deslocamento da máquina}}$$

Quando R é pequeno → existe, grande sensibilidade, e quando R é grande → existe pequena sensibilidade

Existe um limite, onde:

$$R > \frac{\text{Erro esperado do operador}}{\text{Erro permitido no posicionamento da máquina}}$$

### 5.14.3 - Velocidade

Para velocidade de acionamento pequena e grande velocidade de acionamento da máquina obtém-se grande sensibilidade, e vice-versa.

$$M_{\text{(Relação de velocidade)}} = \frac{\text{Velocidade de acionamento do comando}}{\text{Velocidade da máquina}}$$

A velocidade máxima de acionamento que o tratorista deve aplicar à máquina é uma velocidade abaixo da máxima permitida pelas normas de segurança evitando assim atingir limites que possam afetar o bom funcionamento ou desgaste precoce da máquina.

Comandos de baixa sensibilidade requerem mais tempo para o posicionamento, no entanto, são mais precisos.

## 5.15 AJUSTE DOS COMANDOS

Em um movimento contínuo, há dois tipos de ajustes: o ajuste grosso e o fino.

### **5.15.1 - Ajuste grosso**

Aproximação até um ponto próximo do local da posição desejada

### **5.15.2 - Ajuste fino**

Aproximação definitiva da ferramenta ao ponto desejado. É usado em comandos de pequeno tamanho que são empregados com maior sensibilidade com os dedos e com baixa solicitação de esforços.

Alguns equipamentos utilizam os dois tipos de ajuste, um para aproximação rápida (ajuste grosso) e outro para posicionamento (ajuste fino).

O uso destes ajustes está relacionado com a resistência e a inércia dos movimentos envolvidos.

## **5.16 MANEJO DOS COMANDOS**

Este termo define a forma como os comandos são operados, sendo ele classificado de duas formas: manejo fino e manejo grosseiro.

### **5.16.1 - Manejo fino**

Executado com a ponta dos dedos, onde a palma da mão e punho ficam praticamente estáticos. Caracteriza-se pela velocidade e precisão de acionamento, com pequenas forças transmitidas.

### **5.16.2 - Manejo grosseiro**

Os dedos têm a função de prender, mantendo-se relativamente estáticos, enquanto os movimentos são realizados pelo punho e braço. São recomendados para transmissão de grandes forças, com velocidades menores do que no manejo fino.

## **5.17 TIPOS DE MANEJO**

**5.17.1 - Manejos Geométricos:** estes manejos se assemelham à forma geométrica regular. As vantagens são: grande variação de pega e aplicáveis a uma grande variedade de usuários. As desvantagens são: pequena área de contato com as mãos; pouca uniformidade à anatomia humana; concentração da tensão nas mãos e baixa força transmitida.

**5.17.2 - Manejos antropomorfos:** são os tipos de manejos onde a superfície do comando acompanha a anatomia humana. As vantagens deste tipo de manejo são uma maior superfície de pega, maior firmeza, a força transmitida alta e a menor concentração de esforços.

Tudo isto leva à conclusão de que as posturas e o bom dimensionamento são importantes.

### 5.18 ÓRGÃOS EFERENTES E POSTURAIS

Para acionar os comandos, o homem utiliza seus órgãos, dedos, mãos, pés, joelhos e eventualmente, tronco e cabeça.

Para o bom dimensionamento existem três aspectos físicos do homem a serem considerados:

- ❶ O tamanho físico: que tem grande influência na determinação da geometria do equipamento a ser usado diretamente pelo homem;
- ❷ A força e a potência que depende de muitos fatores e os valores médios não podem ser tomados como limite máximo para toda a população;
- ❸ Manipulação e controle: os comandos devem refletir a função e o modo de operação.

Existem dois tipos de comandos a serem utilizados no desempenho das atividades, os manuais e os de pé.

#### ❶ Comandos manuais

Estes comandos devem ser utilizados preferidos em algumas situações como nos casos em que a precisão do controle de posição é importante, seja requerida velocidade de controle de posição e não sejam necessárias aplicações de forças superiores a 9 kg, contínuas ou prolongadas

#### ❷ Comandos de pé

Os movimentos de pé servem para controles grosseiros. Embora a força de transmissão dos pés possa alcançar valores elevados, até 200 kg para o tratorista sentado, ela está restrita a poucas combinações de direção e sentido e os movimentos são pouco precisos.

Tratoristas em pé tendem a desequilibrar o corpo quando acionam comandos de pé, porém liberam suas mãos para outras tarefas que exigem maior precisão. Os comandos de pé geralmente são utilizados para: controles contínuos, mas que não requerem precisão, ou quando são necessárias forças moderadas entre 9 kg a 36 kg, e quando as mãos devem estar livres para executar tarefas mais importantes.

### 5.19 COMPARAÇÃO ENTRE COMANDOS DE PÉ E MANUAIS

As características dos dois tipos de comandos são relacionadas no quadro abaixo:

Comandos Manuais	Comandos de Pé
↻.Comandos de precisão	↻.Precisão limitada
↻.Pequenas forças	↻.Grandes Forças
↻.Controle fácil durante a operação	↻.Operação lenta
↻.Ocupam pequeno espaço	↻.Precisam grandes espaços
↻.Executam vários tipos de movimentos	↻.Realizam movimentos limitados
↻.Com as duas mãos podem-se realizar diferentes comandos	↻ Os pés só podem realizar operações pouco variadas
↻.Podem ser operados com o operador em pé	↻.Somente um dos pés pode ser usado na posição em pé.
↻.Operação rápida	↻.Difícil controle durante a operação

## 5.20 ACOPLAMENTO ENTRE O CORPO E O COMANDO

A transmissão de forças pode se dar de duas formas, com fecho paralelo ou com fecho por fricção.

### ❶ Fecho Paralelo

A força é transmitida diretamente pelo contato com os órgãos do corpo, utilizando quando necessário, forças consideráveis, grandes trajetos ou grandes ângulos de giro. Como exemplo, podemos citar a manipulação giratória e a manivela no plano vertical.

### ❷ Fecho por Fricção

A força é transmitida por meio de uma ação indireta. A força aplicada requerida é maior que no fecho paralelo. Assim, o coeficiente de atrito depende do material e das características da superfície da empunhadura. Como exemplo temos os manipuladores de tração, e a manivela no plano horizontal.

## 5.21 ESTUDO DE CASO DA CABINE DO TRATOR FLORESTAL

Nas observações e levantamento de dados realizados durante a pesquisa vários tratores foram avaliados, a fim de obter os dados referentes à cabine. A partir do resultado desta análise foram feitas algumas recomendações para a incorporação de comandos e controles, que deveriam constar na cabine, do ponto de vista ergonômico, baseado na análise e considerações expostas nos itens anteriores.

Pode-se constatar que as cabine dos tratores que foram objeto da pesquisa possuem uma quantidade mínima de instrumentos de leitura, nenhum mostrador, e os comandos e pedais eram os mais indispensáveis, desta forma e com base nas referências bibliográficas e sobre tudo nas norma realizou-se um esquema da cabine que atenderia as necessidades do operador e principalmente poderia ser introduzida ao trabalho florestal no Brasil.

### 5.21.1 Máquina Base

Com todas as informações da literatura e, principalmente, com base na análise das necessidades do tratorista e nas solicitações feitas por parte da empresa " **Iochphe Máxion**" de Canoas -RS, foi construído um protótipo de trator florestal. Este protótipo é uma mistura de vários outros projetos já existentes, onde extraiu-se de cada um deles as partes consideradas mais adequadas para o projeto e eliminou-se aquelas que não foram consideradas apropriadas para a operação com tratores florestais, o que estão fora da realidade do país. Na Figura 5.1 é apresentado o trator florestal base proposto na pesquisa.

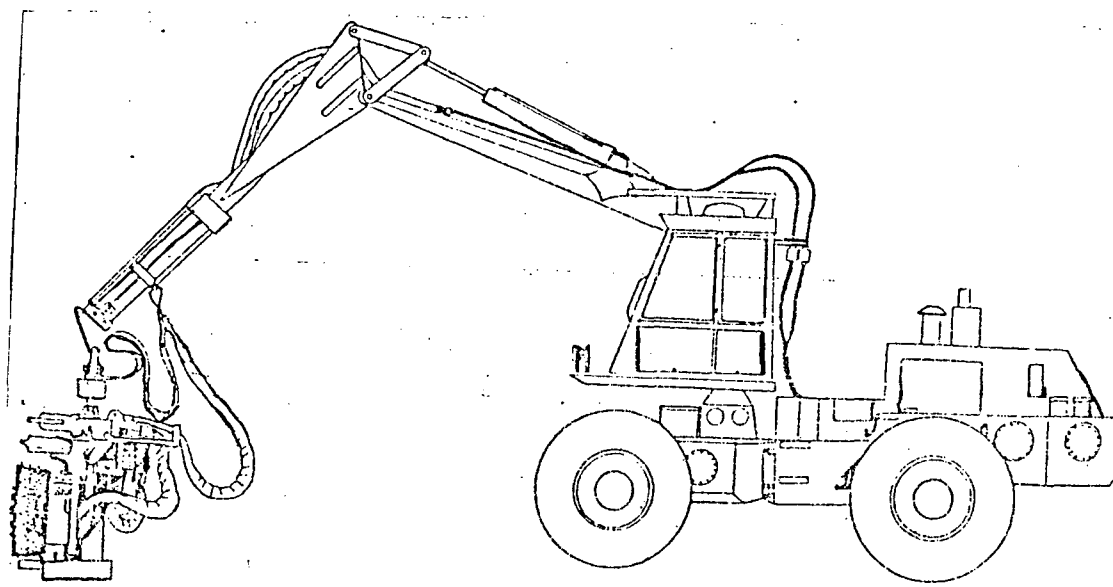


Figura 5.1 Máquina Base de trator florestal

Fonte: Própria



### 5.21.2 Braço telescópico ou grua

O implemento considerado mais adequado, do ponto de vista operacional é o que está sendo utilizado pela empresa "Aracruz" de Vitória -ES, onde foram realizadas algumas visitas durante a pesquisa de campo (Figura 5.2).

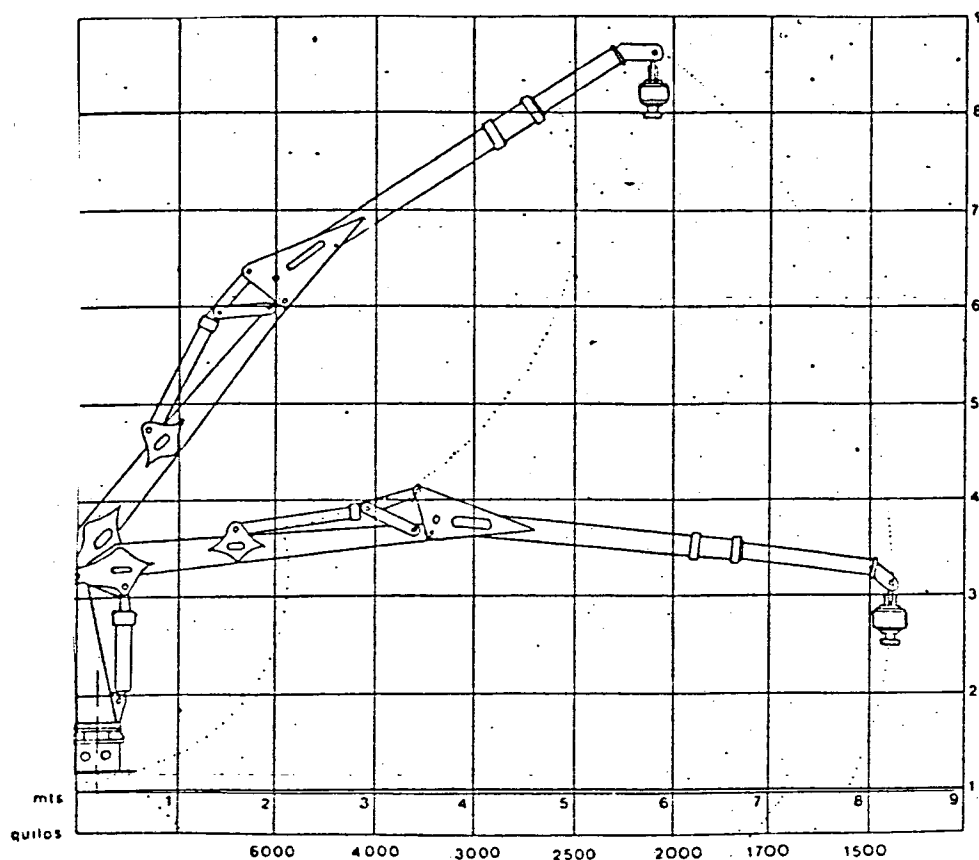


Figura 5.2 Braço telescópico ou grua

Fonte: Aracruz

O braço telescópico ou grua observado naquela empresa tem um alcance de 8 metros e um momento de elevação de 12 toneladas.

### 5.21.3 Cabeçote

O cabeçote é um implemento compacto que incorpora todas as funções necessárias ao processamento de uma árvore: derrubar, desgalhar, traçar e empilhar. O cabeçote é montado na ponta da grua, facilitando a seleção das árvores e o empilhamento das toras.

Segundo o engenheiro encarregado do Departamento operacional da "Aracruz", o melhor cabeçote e que apresenta maiores vantagens tanto na produção quanto na operação é o modelo "Elof Hansson AAB 450."

localizados no teto, bem como os EPI (equipamento de proteção individual) não aparecem nesta figura.

A disposição e distribuição dos mesmos foi feita considerando-se as recomendações realizadas nos itens anteriores deste capítulo e, finalmente, a função de cada um foi estudada com base nas especificações encontradas em catálogos de tratores florestais. Desta forma, foram incluídos todos os comandos citados em diversos catálogos, os quais podem ser excluídos visando atender necessidades específicas de cada empresa .

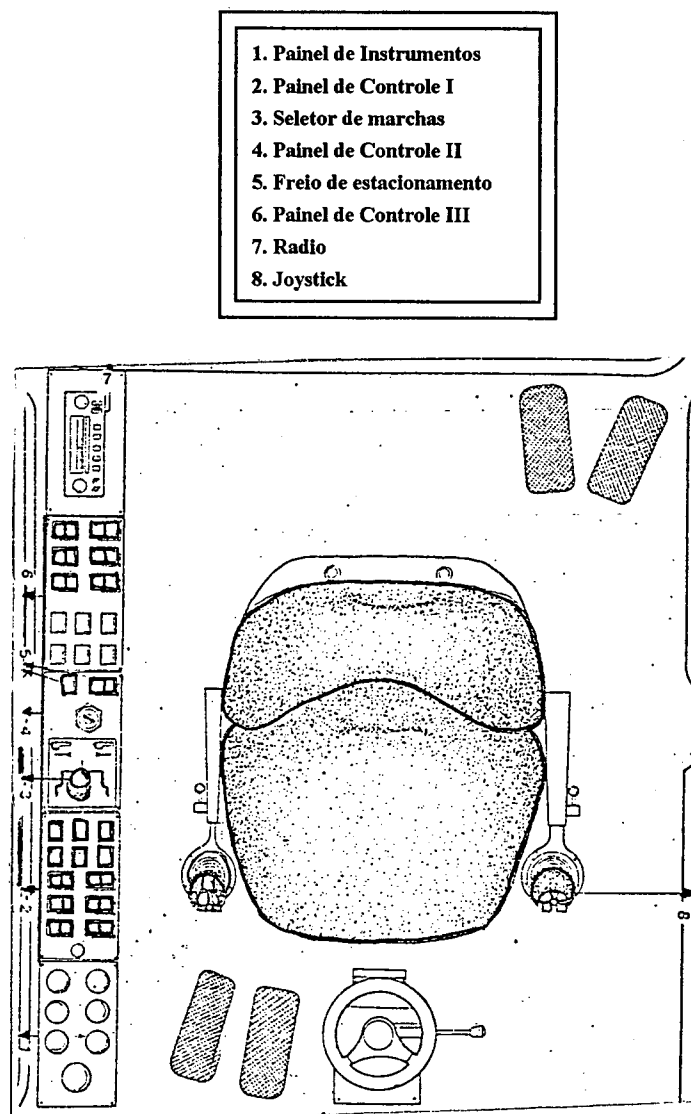


Figura 5.4 Layout da cabine

O painel de controle foi dividido em seis partes, colocando no início os comandos que são usados com maior frequência e no final, aquele eventualmente requeridos .

### 5.21.5 Painel de instrumentos

Os instrumentos mais utilizados para proporcionar informação ao tratorista sobre o trator são mostrados na Figura 5.5

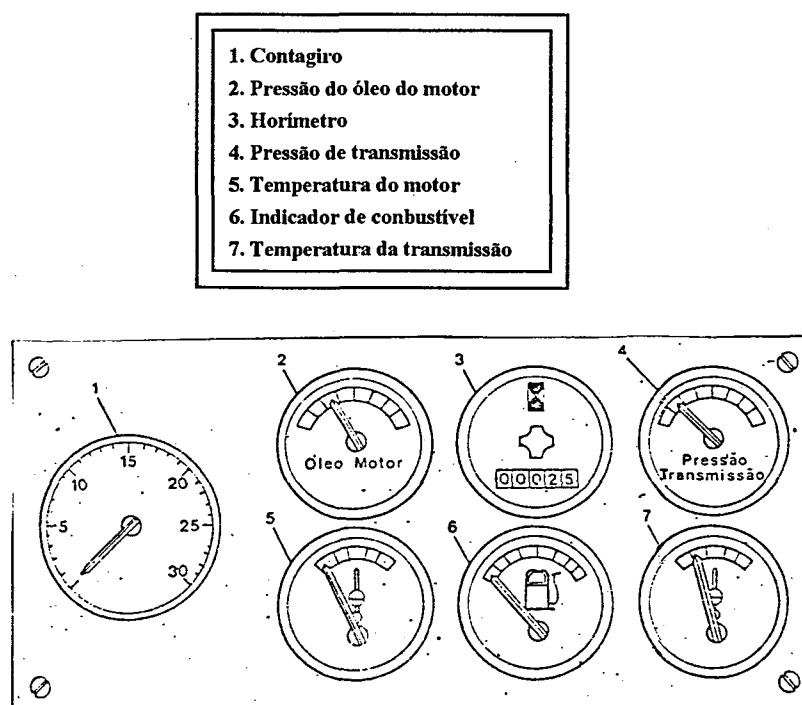
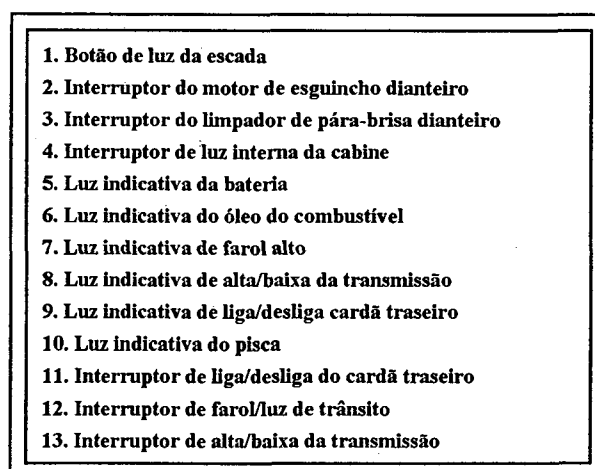


Figura 5.5 Painel de instrumentos

### 5.21.6 Painel de Controle I

Neste primeiro painel foram selecionados os instrumentos mais utilizados pelo tratorista e que apresentam maior importância na operação (Figura 5.6).



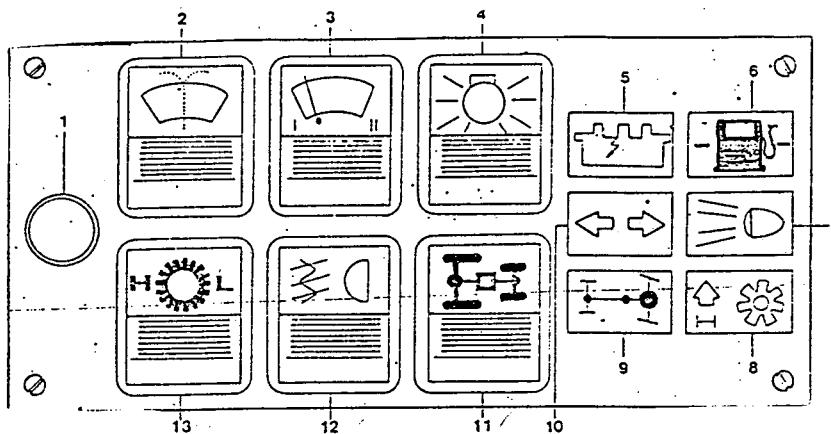


Figura 5.6 Painel de Controle I

5.21.7 Painel de controle II

A Figura 5.7 ilustra o painel de controle II e seus componentes

- 1. Seletor de marcha.
- 2. Chave de ignição
- 3. Luz indicativa do freio de estacionamento
- 4. Interruptor do freio de estacionamento

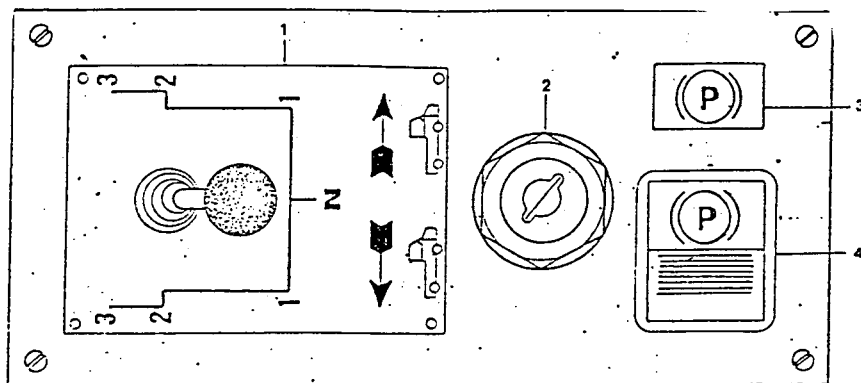


Figura 5.7 Painel de controle II

5.21.8 Painel de controle III

O painel de controle III apresenta os instrumentos que são menos solicitados pelo tratorista no desenvolvimento da suas tarefas (figura 5.8).

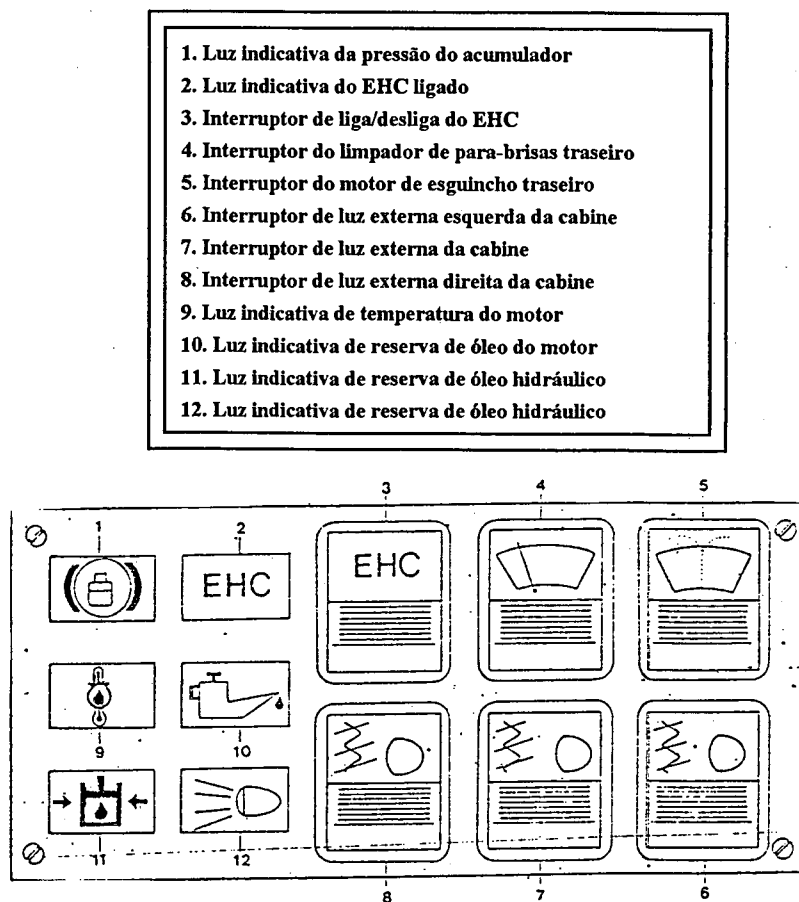


Figura 5.8 Painel de controle III

### 5.21.9 Joysticks

Na Fotografia 5.1 pode ser observado o Joystick empregado pelo tratorista para operar o braço telescópico. Depois de realizar uma comparação, dos tipos de joysticks, e onde procurou-se identificar a posição da mão que exige o mínimo de esforço por parte do dedo polegar, considerou-se mais adequado o Joystick apresentado na Figura 5.9

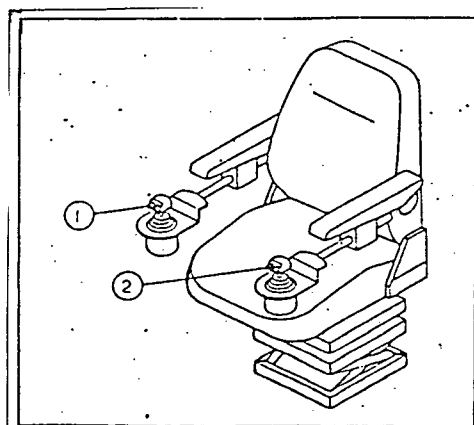


Figura 5.9 Comandos manuais Joysticks

Desta maneira, a descrição detalhada do comando manual direito é apresentada na figura 5.10 (a).

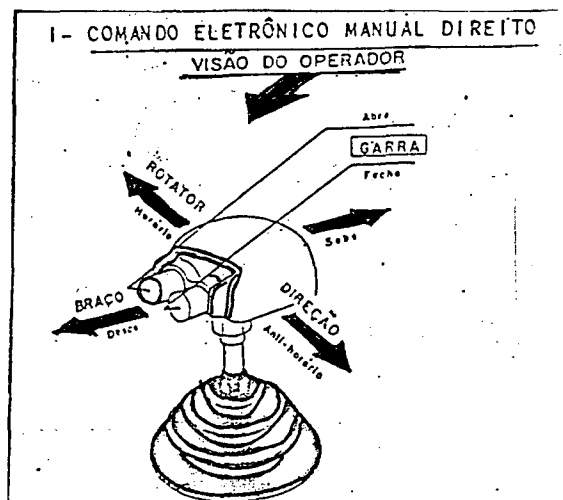


Figura 5.10.(a) Descrição do comando manual direito

Os movimentos que o braço telescópico realiza, por meio do acionamento do Joystick direito são descritos a seguir:

1. **Levantamento do braço telescópico:** Para frente desce, para trás sobe.
2. **Giro do braço telescópico:** Para a direita gira no sentido horário, para a esquerda gira no sentido anti-horário.
3. **Abertura e fechamento do braço telescópico:** O botão esquerdo (de dentro), fecha a garra.
4. **Direção de ré:** Considerando o tratorista na posição sentado no trator, para esquerda vira o trator para esquerda de ré. Para a direita vira o trator para a direita de ré.

A Figura 5.10 (b) apresenta o comando manual esquerdo:

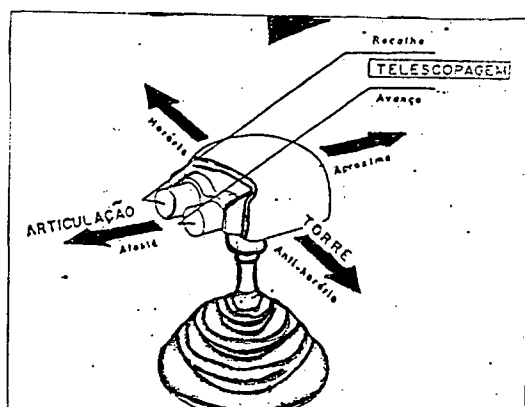


Figura 5.10.(b) Descrição do comando manual esquerdo

Os movimentos que são realizados pelo acionamento do comando esquerdo são descritos a seguir:

- **Giro da cabine:** Para a esquerda a cabine gira no sentido anti-horário, para a direita a cabine gira no sentido horário.
- **Articulação do braço telescópico:** Para frente o braço telescópico sobe, para trás a lança desce.
- **Articulação do braço telescópico:** O botão esquerdo (de fora), estende o braço telescópico, o botão direito (de dentro) recolhe o braço telescópico.

#### 5.21.10 - Volante

O volante de direção será de diâmetro médio, localizado na parte frontal do assento entre os joysticks, tendo como função permitir a direção do trator quando este precisa ser movimentado, no centro deste será incluída a buzina (Figura 5.11).

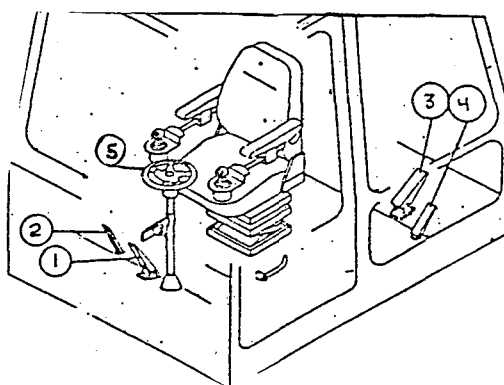


Figura 5.11 Volante de direção

#### 5.21.11 - Comandos de pé

Para os comandos de pé, pedais, foram consideradas duas posições, na frente e na parte traseira. Assim, existirá um pedal de freio dianteiro, pedal de acelerador dianteiro, pedal de freio traseiro e pedal de acelerador traseiro, conforme mostra a Figura 5.11. Estas duas posições dos pedais permite que o tratorista trabalhe tanto na frente como na parte de trás do trator, sem precisar realizar esforços excessivos nem adotar más posturas.

#### 5.21.12 - Sistema de ar condicionado

O ar condicionado deverá ser localizado no teto do trator para permitir uma melhor distribuição do ar e, principalmente, atender as necessidades do tratorista. Deve ser embutido, e ser dotado tanto de ventilação, quanto de ar condicionado e aquecedor. O sistema recomendado foi extraído do "Manual de controle do sistema em ambientes internos reduzidos" (Recrusul S/A 1989). A ventilação deve ter três opções de estagios: baixo, médio

é o giratório por meio de um botão. O controlador de temperatura no interior da cabine deverá ter um botão giratório. O importante do sistema de ar condicionado é que este seja silencioso e ocupe um espaço pequeno.



## CAPÍTULO 6

### PRINCÍPIOS GERAIS SOBRE A CONCEPÇÃO ERGONÔMICA DO AMBIENTE SONORO DE CABINES DE TRATORES DE FLORESTA

Neste capítulo será analisado o ruído considerando os efeitos que causa sobre o tratorista e as possíveis formas de minimizar tais efeitos. Serão também apresentados dados coletados no local de trabalho e uma análise dos mesmos.

Inicialmente será conceituado o ruído. De forma geral, o ruído é considerado um som ou complexo de sons que dão uma sensação de desconforto. Uma definição subjetiva considera o ruído como sendo um som indesejável. Uma definição operacional afirma que o ruído é um "estímulo auditivo que contém informações úteis para a tarefa em execução", por exemplo o bip intencional de uma máquina, ao final de um ciclo de operação, pode ser considerado útil ao operador (aviso), mas, para seu vizinho pode ser considerado um ruído, pois sua atenção está concentrada em outra tarefa.

Fisicamente, o ruído é uma mistura complexa de diversas vibrações medidas em uma escala logarítmica, cuja unidade denominamos decibel (dB).

O ruído, considerado como um desconforto, no desenvolvimento das atividades, pode provocar reações diferentes que variam de um tratorista para outro dentro de certos limites. Há, ainda, uma condicionante emocional, que faz com que, em certos momentos, não sejam aceitos ruídos que, sob outro estado de espírito, não nos afetariam da mesma maneira. A idade, é outro fator, condicionante, podendo-se constatar que as reações das crianças ou jovens a ruídos é bem diferente daquela das pessoas mais idosas. Pode-se dizer, também, que hábitos educacionais alteram o conceito de conforto, ou desconforto, causado por um ruído. Por outro

lado, o som é a sensação, agradável ou não, percebida pelo sistema auditivo. E a consequência da vibração molecular de um meio elástico condutor, originado por um processo de ativação, ao qual denominamos de fonte sonora. O deslocamento vibratório das moléculas ocorre sob a forma de ondas senoidais, sendo estas caracterizadas por uma frequência, definida em Hertz (1 Hz = 1 ciclo por segundo).

A frequência determina o tom, o qual será grave quando for baixo, e agudo no caso contrário. O ouvido humano só é capaz de perceber sons entre as frequências de 16 a  $2 \times 10^4$  Hz. As frequências inferiores a 16 Hertz correspondem aos infra-sons e acima de  $2 \times 10^4$  Hz. têm-se ultra-sons. A Figura. 6.1 apresenta os valores, do nível de pressão sonora (dB) correspondente a diferentes circunstâncias e sua respectiva intensidade.

Intensidade da pressão sonora	Ruído (dB) Exemplos típicos	
100.000.000.000.000	140	
10.000.000.000.000	130	Limiar da dor
1.000.000.000.000	120	Avião a jato
100.000.000.000	110	Britadeira pneumática
	*	Buzina de carro (1 min.)
10.000.000.000	95 a 110	Forjaria
1.000.000.000	90	Ruído do trator agrícola no banco do tratorista.
100.000.000	80	Máquinas - ferramentas
10.000.000	70	Barulho do tráfego
1.000.000	60	Máquina de escrever (2 min)
100.000	50	Fala normal
10.000	40	Escritório (10 pessoas)
1.000	30	Escritório (2 pessoas)
100	20	Sala de estar
10	10	Biblioteca
1	0	Quarto de dormir (à noite)
		Sala acústica
		Limiar da audição

\* Faixa na qual esta considerado o trator florestal

**Figura 6.1** Escala de ruídos em decibéis (dB (A)), e as correspondentes pressões sonoras.

Fonte: Itiro Lida 1990

O ruído é suscetível de se propagar de diversos modos, saindo da fonte para o tratorista. Pode ser prejudicial, mas também tem a função de informar podendo ser utilizado para indicar que uma dada tarefa foi completada.

Finalmente, deve-se considerar que som e ruído não são sinônimos. O ruído é apenas um tipo de som, mas um som não é necessariamente um ruído. Som é definido como variação da pressão atmosférica dentro dos limites de amplitude e banda de frequências aos quais o ouvido humano responde. (Gergúes S.)

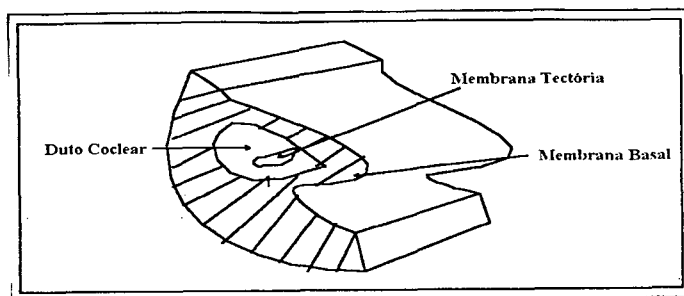
## 6.1 MECANISMOS DE AUDIÇÃO

O aparelho auditivo compõe-se de três partes: uma externa, uma média e uma parte interna. Na parte externa têm-se: o pavilhão, que ajuda a localizar a fonte de um som e o conduto auditivo externo, que protege o tímpano e amplia os sons em torno de 3000 Hz. A parte média é formada pela caixa de tímpano e cadeia dos ossinhos, sistema de transmissão das pressões e de transformação da impedência até o ouvido interno. O ouvido médio também tem um papel de proteção quando do aparecimento de ruídos intensos, mas com um tempo de latência de 50 a 150 minutos. A parte interna inclui a , ou Cóclea caracol, que inclui as células auditivas e permite a transformação da excitação mecânica em sinais nervosos. As vias nervosas daí decorrentes atingem as células do cortex auditivo após inúmeros reles.

Os fenômenos fisiológicos considerados em que são:

- A variação do limiar de audibilidade em função da frequência. Este limiar eleva-se progressivamente nas frequências acima e abaixo de 1000 a 2000 Hz.
- Os limites do sistema atenuador do ouvido médio, que possui um tempo de latência demasiado longo mas, pode atuar com eficácia quando surgem ruídos aleatórios e súbita elevação de intensidade. Esses ruídos podem ser, considerados particularmente perigosos.
- As relações entre as vias nervosas auditivas e outros centros nervosos são numerosas: conexões com as estruturas das quais dependem a posição da cabeça, os movimentos dos olhos com o centro que comanda o nível de vigilância.

Os ruidos chegam ser ouvidos quando as ondas sonoras percorrem o ouvido externo e atingem o tímpano, provocando vibrações que, por sua vez, são transferidas para os três ossos do ouvido médio, que trabalham como uma série de alavancas, portanto, o ouvido médio atua como um amplificador. As vibrações das membranas Basal e Tectória, em sentidos opostos, Figura 6.2, estimulam as células a produzir sinais eletrônicos. As ondas percorrem distâncias diferentes ao longo da Cóclea, com vários tempos de atraso, dependendo da frequência. Isto permite ao ouvido distinguir as frequências de som.



**Figura 6.2 Corte da Cóclea**

Fonte: Gerges, S. Ruído: Fundamentos e controle

A percepção da direção do som ocorre através do processo de correlação cruzada entre os dois ouvidos. A diferença de tempo entre a chegada do som num ouvido e no outro, (Ouvido esquerdo e direito), fornece informação sobre a direção de chegada; por isso é necessário manter os dois ouvidos sem perda de sensibilidade.

### 6.3 METODOLOGIA UTILIZADA PARA A AVALIAÇÃO DO NÍVEL SONORO EM TRATORES FLORESTAIS CABINADOS

Para se analisar o conforto acústico no interior da cabine do trator florestal, em situações reais de trabalho, foram realizadas medições do nível de pressão sonora (NPS), utilizou-se, como aparelho de medida, o Decibelímetro da "ENTELBRA ETB-140" ajustado no circuito "A", com resposta lenta (slow). As tomadas foram feitas no período da manhã em dezoito situações dentro da cabine:

- ① Em ponto desligado com a cabine fechada;
- ② Em ponto desligado com a cabine aberta;
- ③ Em ponto desligado com a janela aberta;
- ④ Em ponto desligado com a cabine fechada e o ar condicionado ligado;
- ⑤ Em ponto desligado com a cabine aberta e o ar condicionado ligado;
- ⑥ Cabine fechada em marcha alta;
- ⑦ Cabine fechada em marcha lenta;
- ⑧ Cabine aberta em marcha alta;
- ⑨ Cabine aberta em marcha lenta;
- ⑩ Cabine fechada, ar condicionado ligado e marcha alta;
- ⑪ Cabine fechada, ar condicionado ligado e marcha lenta;
- ⑫ Cabine aberta, ar condicionado ligado e marcha alta;
- ⑬ Cabine aberta, ar condicionado ligado e marcha lenta;
- ⑭ Com o telescópio em movimento de abrir;
- ⑮ Com o telescópio em movimento de fechar;

- ①⑥ Com o telescópio em movimento giratório;
- ①⑦ Com o telescópio pegando a madeira;
- ①⑧ Com o telescópio cortando a madeira.

Num primeiro momento, foi feita apenas uma tomada em cada um dos quatro pontos descritos abaixo, para se ter uma idéia geral da situação ambiental no local.

- ① Dentro da cabine;
- ② Do lado da cabine;
- ③ Embaixo da cabine, na frente do trator;
- ④ Embaixo da cabine, na parte de trás.

Num segundo momento, foi definido como ponto de medição o interior da cabine. A coleta de dados nas dezoito situações são de forma a permitir uma análise mais representativa do ponto interior da cabine. Para tanto, tomou-se, neste ponto, três medidas, em intervalos de tempo de 1 minuto entre cada tomada.

No momento da medição, considerou-se a oscilação do ponteiro do medidor de nível de pressão sonora, nos valores máximo e mínimo, estabelecendo então, um dB(A) máximo e um dB(A) mínimo para cada medida, sendo ao final calculado o NPS (Nível de pressão sonora) equivalente máximo e mínimo para cada ponto, de acordo com o que estabelece a norma ISO/1.995 E 1.999.

### 6.3 LEVANTAMENTO DE DADOS

Os dados obtidos, descritos no item anterior, estão relacionados nas Tabelas seguintes:

Medição de Nível de Pressão Sonora (NPS)

Data - 26/08/94

#### Situação 1 : Em ponto desligado cabine fechada

Ponto: Dentro da cabine Hora	NPSi Min.	NPSi Máx.	$10^{NPSi/10}$ mínimo	$10^{NPSi/10}$ máximo
9:00	60	62	1E6	1584893
9:01	59	61	794328	1258925
9:02	58	61	630957	1258925
			$\Sigma$ 2425285	$\Sigma$ 4102743

**Situação 2 : Em ponto desligado com a cabine aberta**

Ponto: Dentro da cabine Hora	NPSi Min.	NPSi Máx.	10 NPSi/10 mínimo	10 NPSi/10 máximo
9:04	74	75	25118864	31622777
9:05	73	75	19952623	31622777
9:06	74	76	25118864	398107717
			$\Sigma$ 70190351	$\Sigma$ 461353271

**Situação 3 : Em ponto desligado com a janela aberta**

Ponto: Dentro da cabine Hora	NPSi Min.	NPSi Máx.	10 NPSi/10 mínimo	10 NPSi/10 máximo
9:09	70	71	1E7	12589254
9:10	69	71	7943282	12589254
9:11	68	69	6309573	7943282
			$\Sigma$ 24252855	$\Sigma$ 33121790

**Situação 4: Em ponto desligado com a cabine fechada e o ar condicionado ligado**

Ponto: Dentro da cabine Hora	NPSi Min.	NPSi Máx.	10 NPSi/10 mínimo	10 NPSi/10 máximo
9:13	80	83	1E8	2E8
9:14	79	80	79432823	1E8
9:15	78	81	63095734	126E6
			$\Sigma$ 242528557	$\Sigma$ 426000000

**Situação 5: Em ponto desligado com a cabine aberta e o ar condicionado ligado**

Ponto: Dentro da cabine Hora	NPSi Min.	NPSi Máx.	10 NPSi/10 mínimo	10 NPSi/10 máximo
9:18	85	86	316E6	398E6
9:19	82	83	158E6	2E8
9:20	81	83	126E6	2E8
			$\Sigma$ 600000000	$\Sigma$ 798000000

**Situação 6: Cabine fechada em marcha alta**

Ponto: Dentro da cabine Hora	NPSi Min.	NPSi Máx.	10 NPSi/10 mínimo	10 NPSi/10 máximo
9:21	85	89	316E6	794E6
9:22	85	88	316E6	631E6
9:23	84	87	251E6	501E6
			$\Sigma$ 883000000	$\Sigma$ 1926000000

**Situação 7: Cabine fechada em marcha lenta**

Ponto: Dentro da cabine Hora	NPSi Min.	NPSi Máx.	10 NPSi/10 mínimo	10 NPSi/10 máximo
9:24	83	85	2E8	316E6
9:25	80	81	1E8	126E6
9:26	83	84	2E8	251E6
			$\Sigma$ 500000000	$\Sigma$ 693000000

**Situação 8: Cabine aberta em marcha alta**

Ponto: Dentro da cabine Hora	NPSi Min.	NPSi Máx.	10 NPSi/10 mínimo	10 NPSi/10 máximo
9:29	92	93	158E7	2E9
9:30	90	93	1E9	2E9
9:31	92	95	158E7	316E7
			$\Sigma$ 4160000000	$\Sigma$ 7160000000

**Situação 9 : Cabine aberta em marcha lenta**

Ponto: Dentro da cabine Hora	NPSi Min.	NPSi Máx.	10 NPSi/10 mínimo	10 NPSi/10 máximo
9:35	91	92	126E7	158E7
9:36	89	90	794E6	1E9
9:37	92	94	158E7	251E7
			$\Sigma$ 3634000000	$\Sigma$ 5090000000

**Situação 10: Cabine fechada, ar condicionado ligado e marcha alta**

Ponto: Dentro da cabine Hora	NPSi Min.	NPSi Máx.	10 NPSi/10 mínimo	10 NPSi/10 máximo
9:38	95	97	316E7	501E7
9:39	95	96	316E7	398E7
9:40	98	100	631E7	1E10
			$\Sigma$ 12630000000	$\Sigma$ 18990000000

**Situação 11: Cabine fechada, ar condicionado ligado e marcha lenta**

Ponto: Dentro da cabine Hora	NPSi Min.	NPSi Máx.	10 NPSi/10 mínimo	10 NPSi/10 máximo
9:45	90	91	1E9	126E7
9:46	89	91	794E6	126E7
9:47	89	90	794E6	1E9
			$\Sigma$ 2588000000	$\Sigma$ 3520000000

**Situação 12: Cabine aberta, ar condicionado ligado e marcha alta**

Ponto: Dentro da cabine Hora	NPSi Min.	NPSi Máx.	10 NPSi/10 mínimo	10 NPSi/10 máximo
9:48	93	95	2E9	316E7
9:49	98	100	631E7	1E10
9:50	99	100	794E7	1E10
			$\Sigma$ 16250000000	$\Sigma$ 23160000000

**Situação 13 : Cabine aberta, ar condicionado ligado marcha lenta**

Ponto: Dentro da cabine Hora	NPSi Min.	NPSi Máx.	10 NPSi/10 mínimo	10 NPSi/10 máximo
9:52	90	92	1E9	158E7
9:53	90	92	1E9	158E7
9:54	91	93	126E7	2E9
			$\Sigma$ 2126000000	$\Sigma$ 5160000000

**Situação 14: Com o Telescópio em movimento de abrir**

Ponto: Dentro da cabine Hora	NPSi Min.	NPSi Máx.	10 NPSi/10 mínimo	10 NPSi/10 máximo
9:56	100	101	1E10	126E8
9:57	100	104	1E10	251E8
9:58	98	99	631E7	794E7
			$\Sigma$ 26310000000	$\Sigma$ 4564000000

**Situação 15: Com o Telescópio em movimento de fechar**

Ponto: Dentro da cabine Hora	NPSi Min.	NPSi Máx.	10 NPSi/10 mínimo	10 NPSi/10 máximo
10:00	96	97	398E7	501E7
10:01	94	95	251E7	316E7
10:02	96	97	398E7	501E7
			$\Sigma$ 10470000000	$\Sigma$ 13180000000

**Situação 16: Com o Telescópio em movimento giratório**

Ponto: Dentro da cabine Hora	NPSi Min.	NPSi Máx.	10 NPSi/10 mínimo	10 NPSi/10 máximo
10:05	100	101	1E10	126E8
10:06	100	104	1E10	251E8
10:07	99	101	794E7	126E8
			$\Sigma$ 27940000000	$\Sigma$ 50300000000

**Situação 17: Com o Telescópio pegando a madeira**

Ponto: Dentro da cabine Hora	NPSi Min.	NPSi Máx.	10 NPSi/10 mínimo	10 NPSi/10 máximo
10:05	138	140	631E11	1E14
10:06	140	144	1E14	251E12
10:07	130	136	1E13	398E11
			$\Sigma$ 173100000000000	$\Sigma$ 3908000000000000

**Situação 18: Com o Telescópio cortando a madeira**

Ponto: Dentro da cabine Hora	NPSi Min.	NPSi Máx.	10 NPSi/10 mínimo	10 NPSi/10 máximo
10:05	118	121	631E9	126E10
10:06	120	121	1E12	126E10
10:07	118	120	631E9	1E12
			$\Sigma$ 2262000000000	$\Sigma$ 3520000000000

A norma ISO/1.995 e 1.999 definem a fórmula para o cálculo do  $L_{eq}$  (Nível de pressão sonora equivalente), já que os decibéis não podem ser calculados de forma aritmética como um simples somatório. O potencial de um dado ruído depende não somente de seu nível, mas, também de sua duração. Uma exposição durante um minuto a 100 dB não é tão prejudicial



quanto uma exposição durante 60 minutos a 90 dB. É possível estabelecer um valor único,  $L_{eq}$ , que é o nível sonoro médio integrado durante uma faixa de tempo especificada. O cálculo é baseado na energia do ruído, ou pressão sonora quadrática.  $L_{eq}$  é definido por:

$$L_{eq} = 10 \log [ 1/10 \sum 10^{NPSi/10} ] \quad \text{Eq (1)}$$

Onde:

$L_{eq}$  = Nível de pressão sonora equivalente

NPSi = Nível de Pressão Sonora

A partir dos dados das Tabelas acima, definiu-se o nível de pressão sonora equivalente para cada situação medida:

#### SITUAÇÃO 1

$$L_{eq} \text{ min} = 63,8$$

$$L_{eq} \text{ max} = 66,1$$

Os valores encontram-se dentro do recomendado, quer dizer, abaixo dos 85 dB.

#### SITUAÇÃO 2

$$L_{eq} \text{ min} = 78,4$$

$$L_{eq} \text{ max} = 86,6$$

O valor  $L_{eq}$  mínimo está dentro do recomendado, mas o  $L_{eq}$  máximo está fora do recomendado, isto demonstra que, o tratorista deve trabalhar com a porta fechada, para tanto, as condições dentro da cabine fechada devem ser as mais confortáveis, como a temperatura, umidade, concentração de gases, espaço, etc.

#### SITUAÇÃO 3

$$L_{eq} \text{ min} = 73,8$$

$$L_{eq} \text{ max} = 75,2$$

Os valores encontram-se dentro do recomendado, quer dizer abaixo dos 85 dB.

#### SITUAÇÃO 4

$$L_{eq} \text{ min} = 83,8$$

$$L_{eq} \text{ max} = 86,2$$

O valor do  $L_{eq}$  mínimo encontra-se dentro do limite recomendado, enquanto que o  $L_{eq}$  máximo encontra-se acima dos 85 dB.(A), o que significa que, o sistema de ar condicionado é muito barulhento, embora o trator esteja desligado.

#### SITUAÇÃO 5

$$L_{eq} \text{ min} = 87,7$$

$$L_{eq} \text{ max} = 89,0$$

Esta situação mostra que quando o tratorista liga o ar condicionado e deixa a porta aberta o nível sonoro aumenta, pois neste caso tanto o ruído do sistema de ar como o ruído do fundo influenciam ao incremento do ruído.

#### SITUAÇÃO 6

$$L_{eq} \text{ min} = 89,4$$

$$L_{eq} \text{ max} = 92,8$$

Ambos os valores estão fora do recomendado. Isto se deve ao fato que o ruído gerado pelo motor é muito forte, e além disso a cabine por não possuir um material isolante na sua estrutura, acaba absorvendo o ruído. Segundo o tratorista, esta situação piora com a porta fechada.

#### SITUAÇÃO 7

$$L_{eq} \text{ min} = 86,9$$

$$L_{eq} \text{ max} = 88,4$$

Embora nesta situação se utilize a marcha lenta, o nível sonoro ultrapassa o recomendado.

#### SITUAÇÃO 8

$$L_{eq} \text{ min} = 96,1$$

$$L_{eq} \text{ max} = 98,5$$

Quando a cabine encontra-se aberta, o que geralmente ocorre, os níveis de pressão sonora aumentam bastante. Mas, segundo o tratorista, a porta aberta proporciona maior ventilação e contato com o meio.

#### SITUAÇÃO 9

$$L_{eq} \text{ min} = 95,6$$

$$L_{eq} \text{ max} = 97,0$$

Ainda em marcha lenta, o nível de pressão sonora apresenta-se semelhante ao anterior, o que significa, que o motor, a fonte do ruído, deveria ser reprojetoado.

#### SITUAÇÃO 10

$$L_{eq} \text{ min} = 101,0$$

$$L_{eq} \text{ max} = 102,7$$

Estes níveis de pressão sonora são excessivos na realização de qualquer atividade. Neste caso, apresenta-se como única solução a eliminação do ruído nas fontes que o produzem, já que o uso de protetores auriculares diminuem em parte mas causam uma série de outros problemas ao tratorista, como será visto mais adiante.

#### SITUAÇÃO 11

$$L_{eq} \text{ min} = 94,12$$

$$L_{eq} \text{ max} = 95,4$$

Os níveis de pressão sonora são inferiores aos apresentados na situação anterior. Mas, em ambas situações, por serem tão altos a diferença não é significativa se consideradas as situações em que o tratorista realiza as suas atividades durante períodos de tempo superiores a duas horas, sem intervalos.

#### SITUAÇÃO 12

$$L_{eq} \text{ min} = 102,1$$

$$L_{eq} \text{ max} = 103,6$$

Esta foi uma das situações mais representativas, que permite afirmar ser o ruído um dos fatores mais importantes a serem considerados e eliminados.

#### SITUAÇÃO 13

$$L_{eq} \text{ min} = 93,2$$

$$L_{eq} \text{ max} = 97,1$$

Nesta situação existe uma diminuição do nível de pressão sonora dentro da cabine se comparado com a situação anterior, mas ainda é considerado prejudicial à saúde do tratorista.

#### SITUAÇÃO 14

$$L_{eq} \text{ min} = 104,2$$

$$L_{eq} \text{ max} = 106,6$$

Quando o telescópio, ferramenta acoplada ao trator que permite realizar o corte e transporte das toras, é acionado, o ruído é incrementado em 24% acima daquele em um trabalho normal de deslocamento do trator, pois este ruído é somado aos já existentes (ambiente ou de fundo, motor, ar condicionado) provocando um aumento excessivo.

#### SITUAÇÃO 15

$$L_{eq} \text{ min} = 100,1$$

$$L_{eq} \text{ max} = 101,1$$

A análise é similar à realizada na situação anterior (situação 14)

**SITUAÇÃO 16**

$$L_{eq} \text{ min} = 104,4$$

$$L_{eq} \text{ max} = 107,0$$

A análise é similar à realizada na situação acima (situação 15)

**SITUAÇÃO 17**

$$L_{eq} \text{ min} = 142,3$$

$$L_{eq} \text{ max} = 165,9$$

Esta situação, mais que uma análise merece uma crítica, onde nessas condições nenhum ser humano poderia realizar qualquer atividade.

**SITUAÇÃO 18**

$$L_{eq} \text{ min} = 123,5$$

$$L_{eq} \text{ max} = 125,4$$

Finalmente esta situação também não pode ser considerada como condição de trabalho, por ser semelhante à situação anterior.

Como se pode verificar os valores obtidos encontram-se na maioria dos casos acima dos recomendados pela ISO1996/71, onde o valor não deve ultrapassar os 85 dB(A).

A Tabela 6.1 mostra os níveis máximos permitidos pela portaria Brasileira 3.214 e a duração de tempo para cada nível.

NPS dB(A)	Máxima exposição diária em horas
85	8H
86	7H
87	6H
88	5H
89	4H e 30min
90	4H
91	3H e 30 min
92	3H
93	2H e 30 min
94	2H e 15 min
95	2H
96	1H e 45 min
98	1H e 15 min
100	1H
102	45min
104	35min
105	30min
106	25min
108	20min
110	15min
112	10 min
114	8 min
115	7min

Tabela 6.1 Limites do NPS-Portaria 3214/1978

A exposição a níveis diferentes é considerada dentro dos limites permitidos pela Portaria Brasileira 3.214 se o valor da Dose Diária de Ruído ( D ), calculada pela equação (2) abaixo, não excede a unidade (Tabela 6.2).

$$D = \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \dots + \frac{C_m}{T_m}$$

onde:

C<sub>i</sub> é o tempo real de exposição a um específico NPS e

T<sub>i</sub> é o tempo total permitido para aquele NPS, (ver Tabela 6.1)

Descrição	C em minutos (8 h = 480 min)	T em minutos	$\frac{C_i}{T_i}$	Qualificação < 1 = Boa > 1 = Ruim
Situação 6	120 min.	180 min.	0.6	Boa
Situação 7	180min	300 min.	1.6	Ruim
Situação 8	180 min.	75 min.	0.4	Boa
Situação 9	30 min.	90 min.	3	Ruim
Situação 10	240 min.	45 min.	0.1	Boa
Situação 11	240 min.	120 min.	0.5	Boa
Situação 12	180 min.	40 min.	0,2	Boa
Situação 13	50 min.	90 min.	1.8	Ruim
Situação 14	240 min	25 min.	0.1	Boa
Situação 15	240 min.	50 min	0.2	Boa
Situação 16	240 mim	20 min.	0,08	Boa
Situação 17	240 min.	Proibitivo o trabalho nessas condições		Ruim
Situação 18	240 min	Proibitivo o trabalho nessas condições		Ruim

Tabela 6.2 Avaliação da Dose Diária de Ruído

As situações 1 a 5, não foram consideradas, já que o tratorista nessas situações com o trator desligado, não realiza o desenvolvimento das tarefas.

## 6.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com todos os dados obtidos pode-se chegar às seguintes conclusões:

- Os níveis de pressão sonora mais altos provêm do telescópio, quando este encontra-se em condições de trabalho;

- O fato do tratorista não sentir conforto dentro da cabine, obriga-o a trabalhar com a porta aberta, o que incrementa o barulho dentro da cabine;

- Os níveis de pressão sonora encontrados nos casos avaliados mostra que um tratorista não tem condições de trabalhar nesse ambiente sonoro por períodos de tempo prolongados;

Outro aspecto importante é a mudança brusca de níveis de pressão sonora, onde enquanto o tratorista realiza trabalhos de transporte ele trabalha a um nível de pressão sonora, mas no momento em que ele precisa realizar uma tarefa onde é preciso utilizar o telescópio, altera-se repentinamente o nível de pressão sonora que atinge o nível máximo.

Valores observados acima de 110 dB apresentam perigo de surdez, mesmo no caso de exposição acidental.

A fadiga auditiva manifesta-se por uma elevação temporária do limiar de audição, predominando na faixa de média de 120 dB acima do limite superior do ruído nocivo. A surdez se caracteriza por um déficit na faixa de 3000 a 6000 Hz, (elevação do limiar de audição), que se acentua e se estende às frequências mais baixas, mas principalmente mais elevadas, provocando então um grave distúrbio.

## 6.5 EFEITOS DO RUÍDO NOS TRATORISTAS

Existem simulações onde muitos níveis de som devem estar combinados para predizer qual será o efeito total, já que foi percebido que o ruído que afeta ao tratorista não é só aquele gerado pelo motor e sim, a mistura de múltiplos ruídos gerados por fontes de ruído diversas.

Os efeitos causados pelo ruído as diferentes parte do corpo são:

### 6.5.1 Efeitos dos ruídos sobre o aparelho auditivo

Os ruídos podem provocar lesões irreversíveis no aparelho auditivo, surdez, ou alterações reversíveis, fadiga auditiva.

Os ruídos serão tanto mais perigosos quanto maior for sua intensidade, quanto mais altas forem suas frequências, quanto maior for sua pureza, isto é, quanto mais estreito for seu espectro, quanto mais forem inesperados e com súbita elevação de intensidade, quanto mais longa for a duração da exposição e quanto mais elevada for a idade do tratorista.

O Gráfico 6.1 ilustra a percentagem dos câmbios na audição de acordo com a idade e com diferentes níveis de ruído, e assim como a evolução de deficiências mecânicas do ouvido em função da intensidade e da duração. Cabe ressaltar que muitos países fixaram entre 85 e 90

dB(A) o nível máximo de ruído permissível das máquinas agrícolas, mas o Gráfico 6.1 mostra que ainda para níveis menores que 85 dB(A) existem riscos para a audição. Abaixo deste limite, o ruído causa mudanças que reduzem o conforto do operador e que resultam na diminuição do desempenho do trabalhador e crescente risco de acidentes.

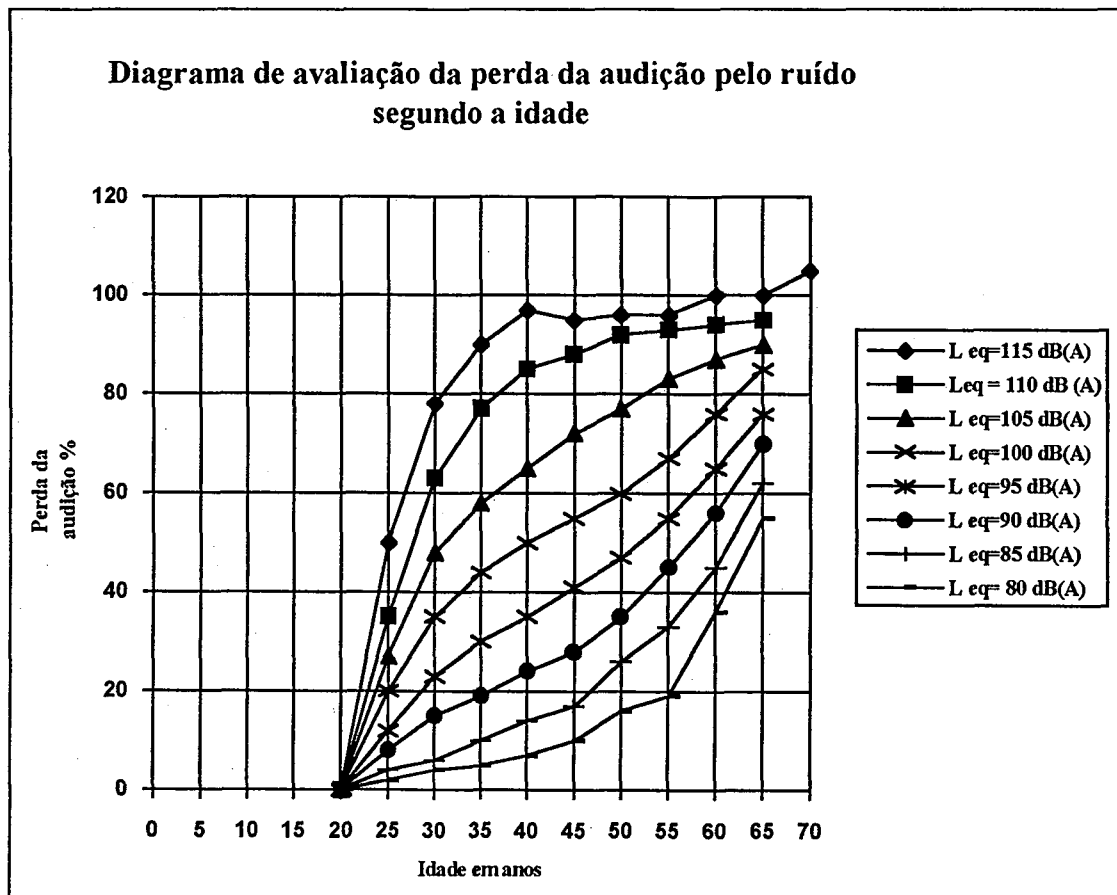


Gráfico 6.1

Para valores acima 115 dB(A) a perda de audição em jovens é de 55%, da mesma maneira para pessoas mais idosas acima de 60 anos expostas a níveis sonoros de 80 dB(A) a perda de audição é também de 55%, isto demonstra que o ruído atinge mais a pessoas de mais idade do que as mais jovens, num mesmo período de exposição

No que diz respeito às afecções provocadas pelo ruído, quando este excede de 60 a 70 dB afeta o sistema nervoso. A partir de 90 dB, os ruídos afetam o sistema nervoso simpático e o ouvido. A partir de determinada intensidade e frequência das ondas sonoras, o ruído excessivo pode ser até causa de surdez. Uma das formas para reduzir este ruído é a utilização de silenciadores de escape. Os tratores florestais providos de serras mecânicas produzem entre 90 e 105 dB.

Um ruído de 90 dB tem um efeito menor quando se trata de um ruído brando onde todas as frequências audíveis são representadas e têm a mesma intensidade), e pode provocar

alguns problemas auditivos quando não se amplia mais do que uma oitava, e apresenta pode acarretar sérios perigos sendo um som puro.

Uma duração de exposição duas vezes menor equivale a uma diminuição da intensidade de 3 dB, isto é, uma diminuição de metade da potência. Os riscos que decorrem da exposição ao ruído são previsíveis com o auxílio das normas ISO R 1996, NBR 10151 ou CONAMA 001, estabelecidas em função dos principais fatores já descritos.

Existem 4 grupos de efeitos produzidos no sistema auditivo pelo nível de ruído, e também por situações particulares:

- ⇒ Para ruídos menores a 30 dB(A) apreciam-se algum efeito;
- ⇒ Para aqueles de mais de 30 dB(A) observa-se reação psíquica;
- ⇒ Para mais de 65 dB(A) existe reação vegetativa;
- ⇒ Enquanto que para ruídos acima de 85 dB(A), existe alteração reversível ou ainda irreversível no ouvido;
- ⇒ E com 120 dB(A), produz-se destruição mecânica da audição.

Entre 30 e 65 dB(A), os efeitos psíquicos são predominantes mas podem variar de uma pessoa a outra. Estas sensações desagradáveis pelo ruído constante ou regular libertam mecanismos psicológicos de reações conscientes ou inconscientes.

Entre 65 e 85 dB(A), além de efeitos psíquicos produzem-se efeitos físicos que se representam através do sistema nervoso vegetativo (incremento da pressão sanguínea, do ritmo cardíaco, câmbios metabólicos, tensão muscular, diminuição da irrigação sanguínea da pele).

### 6.5.2 Efeitos dos ruídos sobre o desenvolvimento da tarefa

Os ruídos que não apresentam nenhuma informação no desenvolvimento da tarefa são, aqueles que não têm um conteúdo informativo, podem provocar um distúrbio, um incômodo. Esses efeitos estão em relação com a intensidade do ruído, mas outros fatores podem neles atuar: o caráter inesperado, quando se trata de ruídos breves, aleatórios no tempo, que perturbarão uma tarefa que exija atenção; os ruídos contínuos perturbam a execução de tarefas mentais complexas, como ser controlar ao mesmo tempo vários comando e controles no desenvolvimento de uma única tarefa.

A influência do ruído no desempenho é causada quando os ruído intensos, acima de 90 dB (A), prejudicam a comunicação e exigem mais atenção causando um aumento da tensão psicológica.

As tarefas que exigem concentração mental, atenção, velocidade e precisão dos movimentos, como é o caso do tratorista, são as mais vulneráveis a serem prejudicadas e tendem a piorar após 2 horas de exposição ao ruído.

O ruído também causa aborrecimento quando provoca interrupção forçada da tarefa ou simplesmente de uma conversa, ou do sono, levando a tensões e dores de cabeça.

Sabe-se que a existência de ruídos extremos obriga o trabalhador a utilizar mais energia para executar uma tarefa do que lhe seria exigida se não houvesse esse ruído. Sabe-se também que o barulho diminui o desempenho no trabalho que requer precisão e provoca uma reação psicológica indesejável criando como resultado a irritabilidade, o nervosismo e a fadiga.

### 6.5.3 Efeito do ruído nos sistemas extra-auditivos

Existem sérios efeitos causados pelo ruído no corpo humano tais como: aceleração da pulsação, aumento da pressão sanguínea e conseqüentemente o estreitamento dos vasos sanguíneos. Um longo tempo de exposição a ruído alto pode causar sobrecarga do coração causando secreções anormais de hormônios e tensões musculares Figura 6.3.

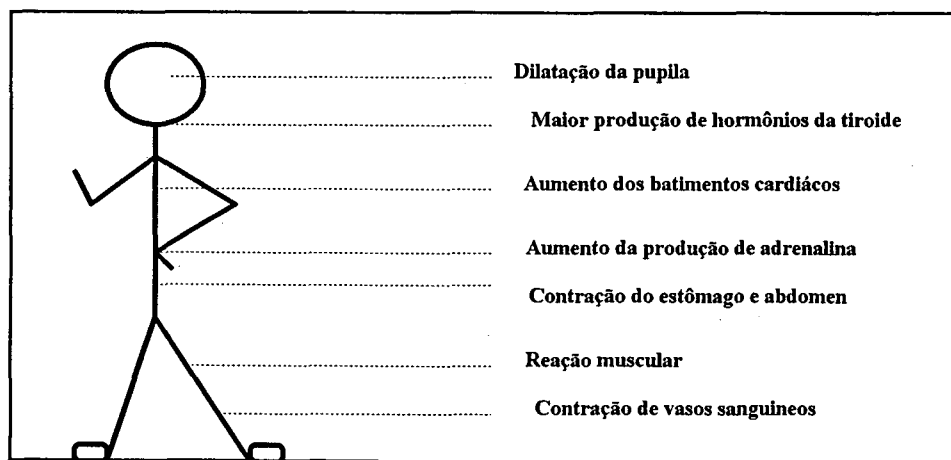


Figura 6.3 Efeito do ruído nos organismos do corpo humano

O efeito destas alterações aparece em forma de mudanças de comportamento, tais como: nervosismo, fadiga mental, frustração, prejuízo no desempenho no trabalho. Existem ainda, queixas de dificuldades mentais e emocionais que aparecem como irritabilidade, fadiga e mal-ajustamento em situações diferentes e conflitos sociais entre operários expostos ao ruído.

### 6.5.4 Efeito mais grave ocasionado pelo ruído - a surdez

A consequência mais evidente do ruído é a surdez. Ela pode ter duas naturezas:

- ☞ A surdez de condução
- ☞ A surdez nervosa.

A **surdez de condução** é a redução da capacidade de transmitir as vibrações a partir do ouvido externo para o interno ( infecção, perfuração do tímpano ou acúmulo de cera).

A **surdez nervosa** é a redução da sensibilidade das célula nervosa, no ouvido ocorre principalmente nas faixas de maior frequência, superiores a 1000 Hertz ( idade acima dos 40 anos, mais freqüente nos homens).



Uma exposição diária, a um nível elevado de ruído, durante a jornada de trabalho, sempre provoca algum tipo de surdez temporária, que tende a desaparecer com o descanso diário.

Fatores como frequência, intensidade e tempo de duração de exposição pode ocorrer de modo a não haver mais essa recuperação, provocando um efeito acumulativo, nestes casos a surdez temporária passa a ser permanente e irreversível.

Quando o operador encontra-se exposto 40 horas por semana, considerando dias úteis, numa jornada de trabalho de 8 horas, a níveis de ruídos de 90 dB(A) ou maiores pode produzir perda de audição permanente. A perda de audição induzida por ruído não acontece de maneira repentina a não ser que a exposição seja muito severa. Na realidade, esta perda de audição ocorre lentamente, podendo não ser perceptível e não causando dor.

A exposição prolongada a ruídos de alta intensidade, durante várias horas do dia, durante muitos meses tem efeito nocivo sobre a audição. Considerando-se que, geralmente, os tratores são projetados sem silenciosos e que freqüentemente retira-se dele tal acessório, é comum o aparecimento de casos de perdas permanentes de audição em tratoristas. (Leirle e Scott, 1952).

#### 6.5.5 Efeitos do ruído no desempenho do tratorista

Os ruídos intensos, acima de 90 dB, dificultam a comunicação verbal. Os tratoristas precisam falar mais alto e prestar mais atenção, para serem compreendidos. Isso tudo faz aumentar a tensão psicológica e o nível de atenção.

Uma das consequências do excesso de ruído no trabalho florestal é o aumento de acidentes devido à perda de inteligibilidade na comunicação verbal entre os tratoristas. Assim, por exemplo, uma pessoa alertando ou avisando a outra de um perigo, poderá não ser ouvida, acarretando a ocorrência de acidente.

O Nível de Interferência na Comunicação Verbal (NICV) tem como principais variáveis, consideradas para a inteligibilidade da fala, o nível geral das vozes e a distância entre o emissor e o receptor. A tabela 6.3 indica em quais condições obtém-se uma inteligibilidade mínima aceitável, em função da distância e nível de voz necessários.

Distância (m)	Normal	Alto	Muito alto	Grito
0,30	65	71	77	83
0,60	59	65	71	77
0,90	55	61	67	73
1,20	53	59	65	71
1,50	51	57	63	69
3,60	43	49	55	61

Tabela 6.3 Condições de inteligibilidade em função da distância

## 6.6 PROTETORES AUDITIVOS

Como os danos à audição ocorrem normalmente no ouvido interno, o protetor auditivo é uma barreira acústica que deve procurar proteger o ouvido. O funcionamento de um protetor auditivo depende de suas características, bem como das características fisiológicas e anatômicas do tratorista.

No caso de um tratorista com protetor auditivo, a energia sonora pode atingir o ouvido interno por quatro caminhos diferentes (Figura 6.4): Transmissão via ossos e via tecido, vibração do protetor, transmissão através do material do protetor e vazamento através do contato entre o protetor e a cabeça.

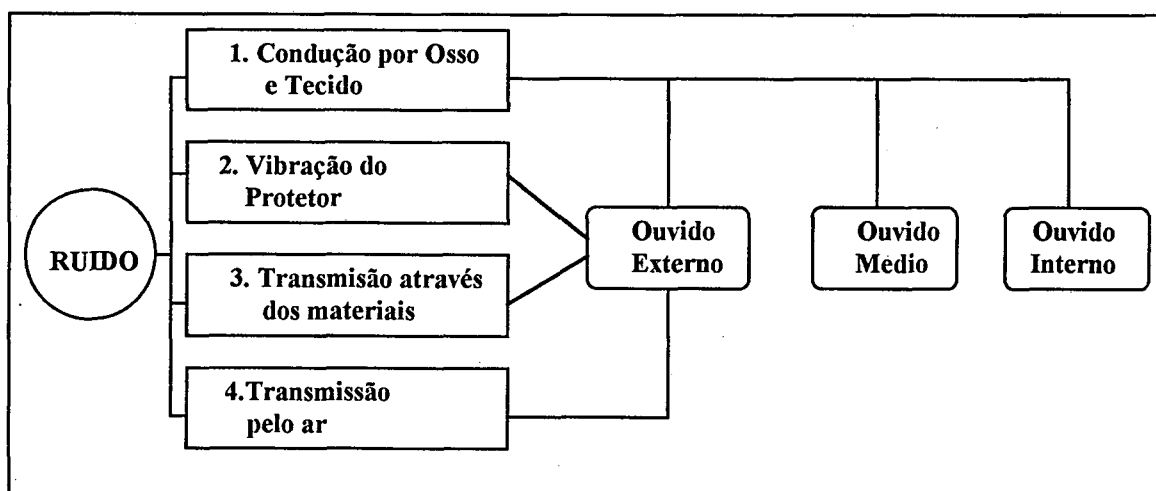


Figura 6.4 Caminhos de transmissão do ruído

Fonte: Gerges, S, 1992

Quando o ruído produzido excede o limite tolerável, é preciso adotar precauções, como o uso de tampões nos ouvidos, mas, é difícil conseguir que os trabalhadores os utilizem já que, ouvir faz parte da vida normal e o fato de cobrir os ouvidos ocasiona desconforto e também transtornos. Além disso, só são eficazes quando colocados exatamente sobre o ouvido do trabalhador.

Existem tampões de borracha que não garantem proteção adequada e a sua utilização não é muito higiênica.

Os protetores que cobrem toda a orelha são a melhor defesa contra o ruído. Estes podem ser fixados pelos capacetes de segurança.

Como medida de segurança em trabalhos muito ruidosos, e que não permitam uma boa isolamento do trabalhador do ruído, devem-se estabelecer um sistema de rotação utilizando os tratoristas em outras funções da área florestal.

Segundo novos regulamentos de prevenção de acidentes, os dispositivos de proteção de ouvido são de uso opcional para níveis de ruído até 85 dB(A), e de uso obrigatório a partir de 90 dB(A).

Onde não se pode tomar medidas de proteção rápidas, ou que representariam uma inversão a ser realizada no futuro, é necessária a utilização de dispositivos de proteção auditiva. Desta forma, as medidas técnicas de proteção variam em função da intensidade do ruído.

#### 6.6.1 Tipos de protetores auriculares

Existem vários tipos de protetores auditivos, são eles:

- ☞ Tampão tipo descartável, que apresenta, baixo custo, mas a redução do ruído dependerá tanto do material do tampão quanto da acomodação deste no ouvido. O mais aconselhável é o de fibra de vidro, por ser mais confortável. O de espuma polimerizada, que quando colocado se expande, é eficaz, confortável, mas não deveria ser considerada do tipo descartável, dado seu alto custo. Os tipos de algodão parafinado são de baixa qualidade e se contaminam rapidamente, além de raramente se acomodarem no ouvido.
- ☞ Tampão tipo pré-moldado, devem ser de material elástico, para se adaptarem rapidamente no ouvido, de material não tóxico e de superfície lavável. Este tipo de tampão apresenta algumas desvantagens: é desconfortável e as irregularidades do ouvido entre as pessoas podem tornar difícil sua colocação.
- ☞ Tampão tipo moldável: Devem ser de borracha de silicone e sua forma final é moldada no próprio ouvido, ao ser colocado. Este tipo de protetor precisa da experiência do tratorista para ser colocado, é aconselhado para os trabalhos em máquinas que produzem níveis de pressão sonora elevados.

☞ Protetor tipo concha: Deve ser de material rígido, revestido de material com colchão circular de espuma, é especialmente projetado para proteger completamente a orelha. Seu desempenho é função da pressão que o protetor exerce sobre os lados da cabeça, suas vantagens são a maior proteção, fácil adaptação e higiene.

## CAPÍTULO 7

### PRINCÍPIOS GERAIS SOBRE A CONCEPÇÃO ERGONÔMICA DO AMBIENTE VIBRATÓRIO EM CABINE DE TRATORES DE FLORESTA

Neste capítulo serão estudadas as vibrações, produzidas pelos tratores, bem como seus efeitos, sobre o organismo. Algumas formas de minimizar as vibrações, seus efeitos também serão discutidos

A vibração é qualquer movimento que o corpo executa em torno de um ponto fixo. Esse movimento pode ser regular, do tipo senoidal, ou irregular, quando não segue nenhum padrão determinado, como no sacolejar do trator andando numa estrada de terra. As vibrações em geral podem ser descritas como movimentos oscilatórios de um sistema mecânico e podem gerar ruído em meios gasosos, fluídos ou sólidos.

A vibração é definida por três variáveis: A frequência, medida em ciclos por segundo ou Hertz (Hz); a intensidade do deslocamento, ( em centímetros ou milímetro ) ou aceleração máxima sofrida pelo corpo, medida em gramas. (1 grama. =  $9,81 \text{ m} \times \text{s}^{-2}$ ); e a direção do movimento, definida em três eixos triortogonais, x (das costas para frente), y (da direita para a esquerda) e z (dos pés à cabeça).

## 7.1 TIPOS DE VIBRAÇÕES EXISTENTES NOS TRATORES FLORESTAIS

As vibrações mecânicas consistem em dois movimentos oscilatórios de uma ou de várias massas sob o efeito de solicitações diversas. Pode-se compor de movimentos unicamente angulares (rotação), unicamente lineares (translação) ou como em casos gerais, de movimentos complexos, onde ocorrem ao mesmo tempo os movimentos de rotação e translação.

Estes movimentos oscilatórios podem ser descritos em termos de aceleração, de velocidade, ou de deslocamentos relativos à massa envolvida.

A ressonância é uma característica que todo sistema mecânico deformável possui em particular o corpo humano, provocando características dinâmicas fixas para a separação de massas e amortecedores dos elementos que o constituem.

Toda vez que um sistema mecânico é submetido a uma força exterior ativadora (vibração dependente, batida, etc) existe ruptura dos estados de equilíbrio do sistema e o surgimento de um conjunto de vibrações.

No presente trabalho, a vibração será estudada em um contexto mecânico de uma medida sólida. Muitas vibrações mecânicas importantes em tratores oscilam numa faixa de frequência de 1 a 100 Hz, correspondendo a velocidades rotacionais de 60 a 6000 rpm respectivamente.

O movimento oscilatório pode ser harmônico simples ou extremamente complexo. Como o ruído, a vibração mecânica está caracterizada pela frequência, amplitude e fase.

Uma observação importante é a limitação do estudo aos efeitos da vibração vertical, com respeito ao estado do tratorista, assim como as acelerações horizontais (lateral e longitudinal) e à angular, que serão também experimentadas pelo operador quando ele estiver sentado.

O projeto para isolamento e controle da vibração requer uma análise mais detalhada de vibrações complexas. Empregam-se avaliadores de vibração para determinar níveis de vibração em amplitudes que variam desde oitavos de Hertz até somente alguns Hertz.

No que diz respeito aos tratores, as vibrações produzidas neles apresentam problemas que repercutem na saúde do operador.

No caso de tratores florestais, o problema é mais complexo já que não existe só vibração do motor, mas também da serra, e ainda, aquelas vibrações próprias do movimento. A mistura destas representa um sério problema, sendo necessário avaliar qual delas apresenta risco para o trabalhador, para que sejam minimizadas.

Os efeitos das vibrações são uma função do tempo de exposição às vibrações, da frequência e intensidade destas e das partes do corpo afetadas.

## 7.2 EXPOSIÇÃO DO TRATORISTA À VIBRAÇÃO E OS EFEITOS SOBRE O ORGANISMO

A exposição do corpo humano a vibrações pode provocar efeitos negativos tanto do ponto de vista biológico, mecânico, e fisiológico, como também psicológico. As intensidades da vibração, ao dirigir o trator, são normalmente positivas e relacionadas com frequências rápidas, e geralmente tornam-se intoleráveis quando a velocidade é aumentada.

Os efeitos da vibração direta sobre o corpo do tratorista podem ser extremamente graves, podendo danificar permanentemente alguns órgãos do corpo humano. Nos últimos anos diversos pesquisadores têm coletado dados sobre os efeitos fisiológicos e psicológicos das vibrações sobre o operador de trator, alguns resultados obtidos mostram perda de equilíbrio, falta de concentração e visão turva, dos tratoristas diminuindo a acuidade visual.

Nos trabalhadores florestais onde o trator é provido de serra mecânica, há uma degeneração gradativa do tecido vascular e nervoso, causando perda da capacidade manipulativa e o tato nas mãos, dificultando o controle motor. Assim, as vibrações da serra mecânica tomando como ponto de contato o volante, afetam os braços e as mãos. Quando as vibrações são intensas, estas provocam cãibra nos membros e dor nos dedos e nas mãos, podendo as gemas dos dedos tornarem-se amarelas, situação crítica em locais frios.

Os primeiros sinais de artrose das articulações não são apresentadas imediatamente, podem demorar um ou dois anos. As artroses mais comuns ocorrem nas mãos, cotovelos e ombros.

Cabe ressaltar que, as vibrações causam maiores danos à saúde quando misturadas com ruído.

As propriedades vibratórias do organismo humano são determinadas pela percepção de vibrações mecânicas, e são percebidos por meios como a pressão, mudanças na pele, etc., e pelos órgãos de equilíbrio, como os canais auditivos que registrarão de modo muito sensível as mudanças de posição da cabeça provocadas pelas vibrações.

Esta percepção é grande se a vibração se produz ao longo do corpo, por fora e dentro de uma parte específica do corpo, embora neste ultimo caso os prejuízos sejam maiores.

Por outro lado, as vibrações produzidas no assento do tratorista podem provocar lesões na espinha dorsal e no sistema digestivo, conseqüentemente, a sua redução é indispensável.

Matheus (1972) afirma que a maioria dos tratores de grande porte e com alto índice de sofisticação, utilizam apenas 2/3 da sua capacidade máxima devido à inabilidade do operador ou insegurança de manter o trator em movimento a altas velocidades.

Segundo pesquisas realizadas por Matheus chegou-se à conclusão de que as vibrações produzidas por veículos em movimento produzem efeitos danosos à saúde do operador. Os

resultados destas pesquisas são mostrados na Tabela 7.1, que demonstram importância de um assento adequado para os condutores de tratores.

OCUPAÇÃO	% com deformações na espinha dorsal	Idade média da amostra
Condutor de Caminhão	80.0	
Condutor de trator	71.3	26
Mineiros	70.0	51
Condutor de ônibus	43.6	40
Trabalhadores de indústrias	43.0	45
Trabalhadores da construção civil	37.0	51

Tabela 7.1 Percentagem de danos causados pela vibração

Fonte: Rossegger, (1960)

As vibrações são particularmente danosas ao organismo nas frequências mais baixas, de 1 a 80 Hz. Elas provocam lesões nos ossos, juntas e tendões. A primeira publicação internacional que estabeleceu limites de exposição a vibrações nessa faixa foi a norma ISO de número. 2631 de 1978, que apresenta valores máximos de vibrações suportáveis para tempos de 1 minuto até 12 horas de exposição no trabalho. Neste trabalho será considerada a faixa de 1 minuto a 8 horas, que é o tempo normal de uma jornada de trabalho, Gráfico. 7.1. e Gráfico. 7.2 Estas vibrações atuam com maior severidade no, limite de conforto, limite de fadiga e limite de exposição, correspondente ao limiar do risco à saúde.

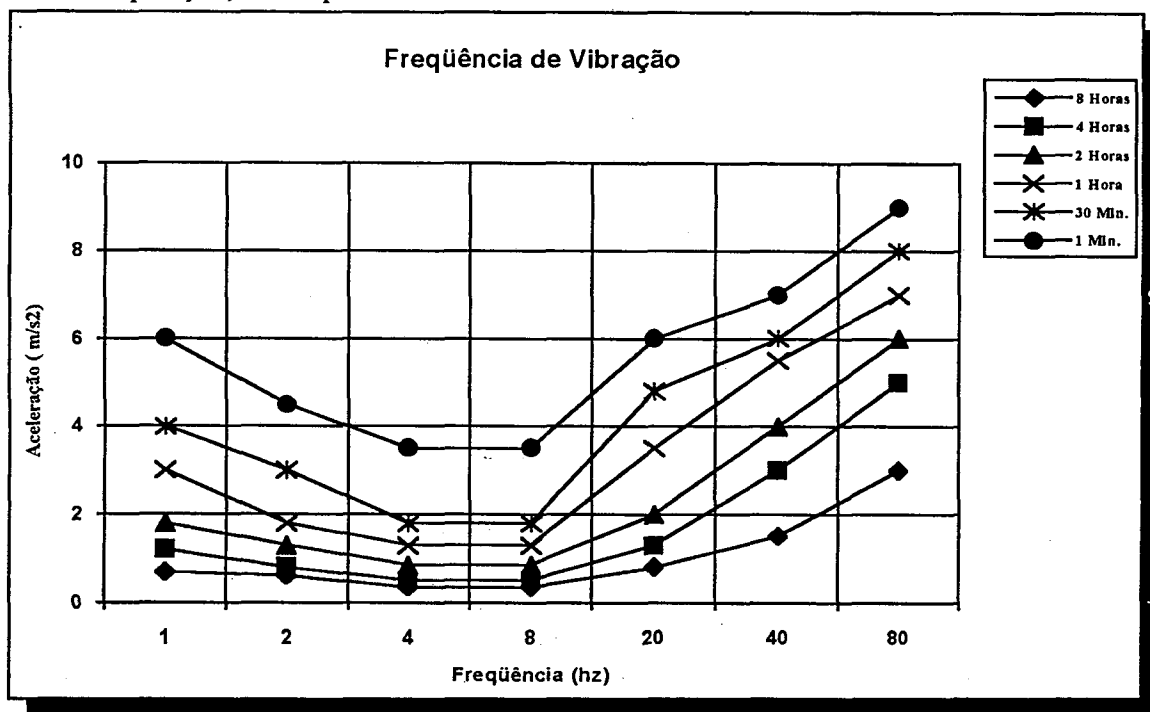


Gráfico 7.1 Tempos máximos permitidos em exposição da vibração longitudinal (z)



Uma avaliação do gráfico 7.1, que considera valores encontrados no eixo z, ou seja, vibração em sentido longitudinal dos pés à cabeça do tratorista, mostra que o corpo humano é mais sensível na faixa de 4 a 8 Hz, o que significa que nesta faixa a tolerância humana é mínima.

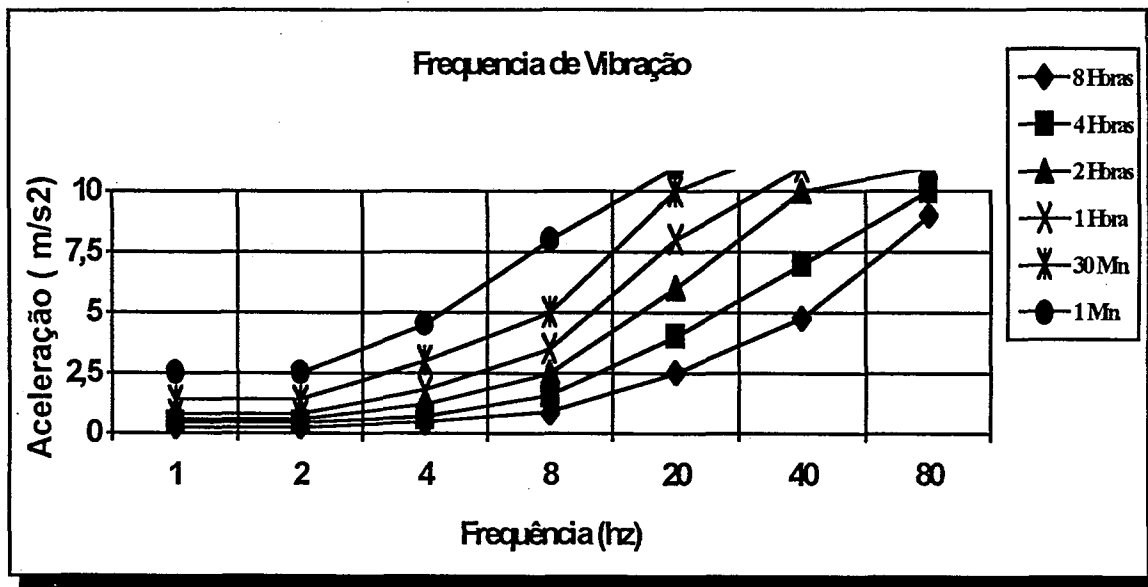


Gráfico 7.2 Tempos máximos permitidos em exposição das vibrações Transversais (x, y)

Ao respeito ao Gráfico 7.2, pode-se concluir que para as vibrações no sentido transversal (x, y) perpendiculares ao eixo z, o organismo é mais sensível a estas na faixa de 1 a 2 Hz, seja na posição em pé ou sentado<sup>3</sup>.

O corpo inteiro é mais sensível na faixa de 4 a 8 Hz, particularmente à vibração de 5 Hz, que corresponde à frequência de ressonância na direção vertical (eixo z). Na direção horizontal e lateral, as ressonâncias ocorrem a frequências mais baixas, de 1 a 2 Hz.

As frequências intermediárias, de 30 a 200 Hz provocam doenças cardiovasculares, mesmo com baixas amplitudes (1 mm) e nas frequências altas, acima de 300 Hz, o sintoma é de dores agudas e distúrbios neurovasculares. Alguns desses sintomas são reversíveis. Após um longo período de descanso eles podem ser reduzidas, mas retornam rapidamente caso o organismo seja novamente exposto às vibrações.

Suggs (1973) observou que estas vibrações verticais, numa faixa de 4 a 8 Hz de ressonância acontece em parte do corpo humano, produzindo desconforto. Cada parte do organismo tanto pode amortecer como amplificar as vibrações. Essas amplificações acontecem quando partes do corpo passam a vibrar na mesma frequência, dizemos então que entrou em ressonância.

<sup>3</sup> Gerges, Samir Ruído: Fundamentos e controle  
Itiro Lida Ergonomia : Projetos e Produção

Suggs estabelece que uma das ressonâncias mais perigosas é aquela provocada nos intestinos, os quais ressoam aproximadamente em 4 a 5 Hz, forçando o diafragma com uma mínima frequência. Isto produz uma ação mecânica sobre o cérebro, órgão regulador dos movimentos do diafragma, que envia ar aos pulmões. O dióxido de carbono, um componente da produção de plasma ácido, é espalhado na corrente sanguínea e provoca alkalosis respiratória, ou dificuldade respiratória. As tonturas associadas com a alkalosis podem ocasionar acidentes na condução de tratores.

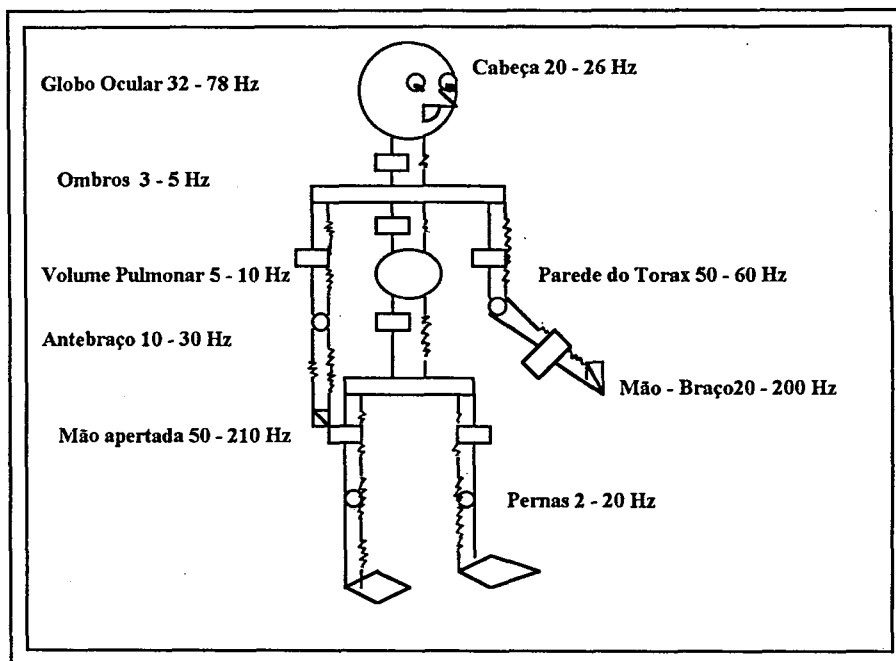
A coordenação motora, o controle dos pedais, o tempo de reação, a acuidade visual e o acompanhamento, são todos eles profundamente afetados por vibrações de baixa frequência. Porém estes efeitos, não contribuem para o desenvolvimento de problemas de saúde ou segurança, eles produzem uma redução da habilidade do operador em controlar o trator, implicando em maior risco de acidentes.

Segundo Suggs, a coordenação manual, o controle do pedal do pé, a reação temporal e a precisão visual, são influenciados negativamente pela vibração de baixa frequência. Mesmo que estes efeitos, por si, não constituam um problema de saúde, eles produzem diminuição na habilidade do operador para controlar o veículo o que aumenta a probabilidade de ocorrência de acidentes.

A baixa frequência vertical de vibração está presente durante as operações de trabalho. A amplitude de vibração é em parte dependente da topografia do campo. A frequência natural não amortecida dos tratores à roda comumente oscilam numa faixa de 3 a 10 Hz.

As vibrações de frequências mais altas, acima de 30 Hertz resultam de vibrações de partes do corpo, pé e mãos. As vibrações de maior frequência podem estar presentes quando se está guiando o trator, no contato com o volante, na mudança de marcha ou realizando o controle da alavanca e dos pedais.

A frequência de ressonância é um fator que influencia grande parte do organismo humano, uma estrutura complexa, composta de diversos ossos, articulações, músculos que não reagem da mesma maneira ante os efeitos das vibrações. Para se realizar uma análise mais completa destes efeitos sobre o corpo humano considerando-se como um sistema mecânico complexo, de múltiplos graus de liberdade, Figura. 7.1. Na reação do corpo humano em um campo de vibrações e choques, deve-se considerar, não apenas a resposta mecânica do sistema, mas também o efeito psicológico sobre o tratorista. O primeiro estudo quantitativo sobre este assunto foi realizado por Goldmann (Goldmann apud Gerges, 1992) e publicado em 1960.



**Fig. 7.1 O corpo Humano como Sistema Mecânico**

Como se pode observar, cada parte do corpo tem diferentes frequências de ressonância, por exemplo, os ombros ressonam entre 3 a 5 Hertz e os olhos ressonam entre 32 a 78 Hertz. Em geral, quanto maior for a massa do corpo, mais baixa será a sua frequência de ressonância.

As frequências que provocam o fenômeno de ressonância são chamadas de frequências de ressonância, mostradas na Tabela 7.1

PARTE DO CORPO	FREQUÊNCIA DE RESSONÂNCIA (Hz)
Cabeça	20 - 26
Globo ocular	32 - 78
Ombros	3 - 5
Volume Pulmonar	5 - 10
Antebraço	10 - 30
Parede do tórax	50 - 60
Mão apertada	50 - 210
Mão e braço	20 - 200
Pernas	2 - 20

**Tabela 7. 2 Frequência de ressonância de diversas partes do corpo humano**

Observando a tabela acima pode-se concluir que existem alguns órgãos que se encontram mais vulneráveis ao impacto da vibração do que os outros, em função da faixa de frequências que os afetam, por exemplo, a mão e o braço têm uma faixa ampla de frequência, o que significa que podem entrar em ressonância com maior facilidade que as outras partes do

corpo. Outro exemplo, que pode ser citado, é o fato de que quando realiza-se viagens, praticamente todos os meios de transportes, como carro e avião, estão sujeitos a vibrações de baixa frequência, (4 a 20 Hertz), assim algumas pessoas sentem enjojo dado que a frequência do estômago entrou em ressonância com a frequência do veículo em movimento, aumentando paulatinamente a intensidade do movimento do estômago até produzir o vômito. As frequências muito baixas, inferiores a 1 Hz, como as dos barcos provocadas pelas ondas do mar também causam enjoos.

Com relação às alterações que as vibrações produzem na coluna vertebral do tratorista, pode-se observar na Tabela 7.1 que de todas as outras atividades mencionadas, encontrou-se que somente condutores de caminhões tinham dificuldades na coluna mais do que os condutores de tratores.

Segundo estatísticas, uma percentagem da população normal, que não desempenha trabalhos braçais, apresenta sintomas de degeneração da coluna que aumenta com a idade. Pelos dados fornecidos na Tabela 7.1 acima observa-se que o problema degenerativo dos trabalhadores analisados era acentuado em função do processo de envelhecimento.

Também devem-se levar em conta as dificuldades gastrointestinais dos operadores de trator. Os resultados deste tipo de sintomas encontra-se na Tabela 7.3

	<b>Percentagem de Tratoristas com problemas.</b>	<b>Percentagem de problemas após ter submetido os Tratoristas a programas de controle da vibração no posto</b>
<b>Queixas de dores de estômago</b>	<b>76%</b>	<b>46%</b>
<b>Problemas de intestinais evidenciados através de Raio X</b>	<b>52%</b>	<b>30%</b>

**Tabela 7.4 Riscos da saúde em tratores sem controle da vibração.**

Fonte: Rosserger (1960)

Estes dados evidenciam que de um total de 322 operadores de trator, 76 % não tinham condições de trabalhar, dadas as fortes dores no estômago e ausentavam-se do trabalho. Da mesma forma existia um absenteísmo de 52 % dos operadores, por problemas de dores no estômago que foi comprovado através de Raio X. Logo após realizado um programa de controle das vibrações, constatou-se uma redução das queixas de 76% a 46%, e ao mesmo tempo foram comprovadas estas reduções através de Raio x diminuindo de 52% a 30%.

As pesquisas revelaram que conduzir um trator pode ocasionar consideráveis efeitos negativos na saúde do operador. Isto se deve aos efeitos causados pela vibração contínua

sobre o corpo humano, provocando reações que afetam à saúde do operador e em particular, à adoção de más posturas mantidas por longos períodos de tempo.

A resposta do corpo é a adoção da má postura tentando compensar os efeitos e manter o equilíbrio durante o tempo em que o tratorista realiza suas tarefas, o que aumenta a fadiga..

### 7.3 ENSAIOS DE TESTES DE ASSENTOS DE TRATORES FLORESTAIS

No projeto de assentos ergonômicos, os fabricantes Europeus realizam uma série de testes, simulando situações reais de uso no trabalho. A Fig 7.2 mostra os diferentes tipos de cinemática que são geralmente empregadas:

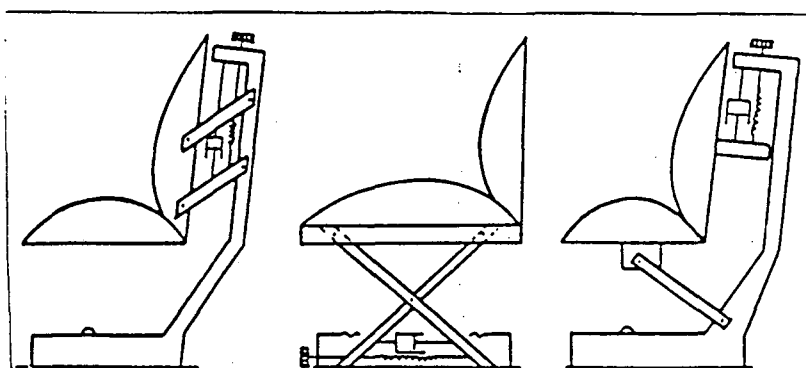


Fig 7.2 Tipos de cinemática utilizada em testes de assentos

Fonte: Tran, 1991

O tipo de cinemática é escolhida em função :

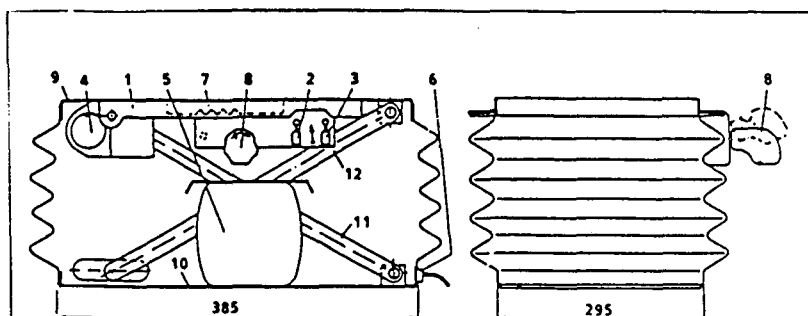
- Da rigidez da suspensão;
- Do espaço disponível sobre a bacia.

Para que a suspensão funcione corretamente é preciso que o assento esteja em posição intermediária em relação ao PRA (Ponto de referência do assento), quando o tratorista estiver sentado. Isto se obtém agindo sobre a "regulagem de pesos", por meio de um botão ou uma alavanca que permite variar a pré-pressão da mola de suspensão, de forma que esta se posicione no meio.

Com relação à suspensão pneumática, a "mola" é constituída por um guindaste ou macaco de simples potência que pressiona um volume de ar.

Na maioria dos assentos com suspensão pneumática, este macaco é alimentado com ar comprimido, por intermédio de um distribuidor, conduzido pelo seu deslocamento. A distribuição é fechada quando o macaco encontra-se no médio, que corresponde à posição média de funcionamento do assento.

A regulagem dos pesos do condutor é, neste caso, automático. Este tipo de suspensão é ilustrada pela Figura. 7.3 abaixo desenvolvida por Gronner (Gronner apud Tran,1991.). Uma descrição equivalente poderia ser realizada para as suspensões pneumáticas.



**Fig. 7.3** Suspensão pneumáticas

Fonte: Tran, 1991

#### Descrição da Figura. 7.3:

O dispositivo de suspensão elástico, é composto por um chassi inferior fixo (10), fixado sobre a armação do trator e um chassi superior móvel (9), destinado a receber o assento. O guindaste ou macaco dos deslocamentos verticais do chassi superior em relação ao chassi inferior é constituído de dois pares de alavancas entalhadeiras (7 e 12), articuladas uma sobre outra. As extremidades inferiores das duas alavancas (11) giram em torno de um eixo horizontal transversal. Este eixo é montado sobre o chassi inferior. As duas extremidades superiores das mesmas alavancas têm roldanas que rolam em duas direções longitudinais, em forma de "U". Estas são sólidas ao chassi superior, as duas outras alavancas (12) são montadas de forma análoga.

O chassi superior (a) se desloca também verticalmente. É empurrado na direção para cima pela câmara pneumática (5), onde uma extremidade é fixada sobre as alavancas (11) ou (12). O distribuidor pneumático (2) em repouso, fecha a câmara de ar e na posição ativada, coloca em comunicação a câmara com a atmosfera. O interruptor elétrico (3), na posição ativada, faz funcionar o compressor que enche a câmara. A manivela excêntrica do comando (1) é matida em volta da extremidade superior de uma das alavancas (11) e é conduzido o deslocamento horizontal.

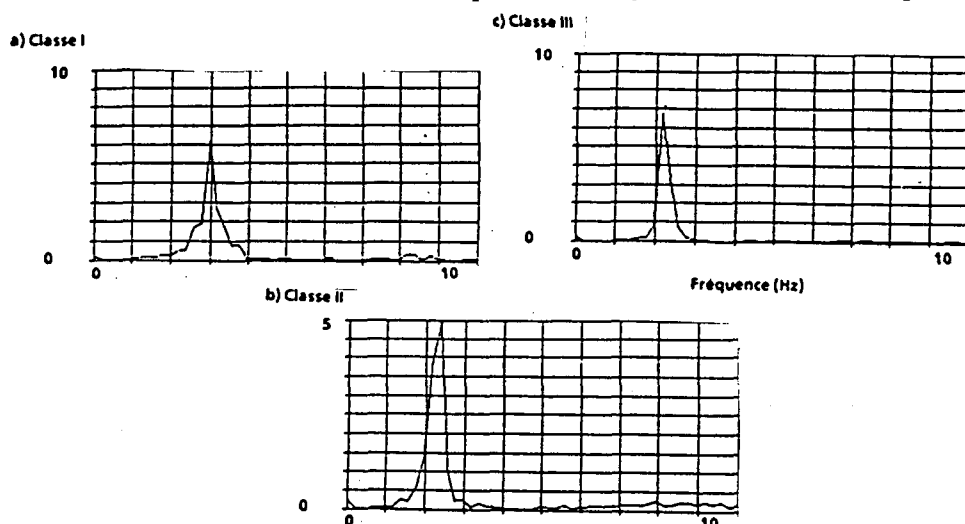
Os ensaios de vibração destinados a tratores são efetuados em laboratório, simulando a vibração. Por razões de produtividade de resultados e de facilidade de colocação, estes ensaios compreendem dois tipos de análise:

- ❶ Um ensaio de amortecimento, visando controlar o risco de dirigir para trás em situações freqüentes;
- ❷ Um ensaio representativo das vibrações dos tratores em relação àquelas destinadas ao assento, visando controlar um valor limite específico. O primeiro ensaio é realizado com uma vibração sinusoidal e duas massas inertes de 40 e 80 Kg; o segundo é executado com duas

peessoas, com 59 e 88 Kg, e uma vibração aleatória, onde o espectro temporal de deslocamento, definido ponto por ponto, é função do tipo de trator no qual será montado o assento.

Para a categoria A de tratores, são definidas duas classes: a classe 1, que considera os veículos de 1400 a 3600 Kg, e a classe 2, que considera os tratores de 3600 a 5000 Kg.

A Figura. 7.4 mostra as características dos dois tipos de vibrações aleatórias correspondentes.



**Fig. 7.4** Tipos de vibrações em assentos

Fonte: Tran, 1991

Estas duas vibrações são suposições feitas sobre condições específicas na base do trator agrícola e florestal.

Os ensaios de vibração de assentos destinados a tratores tipo B, com massa menor que 1400 Kg ou superior a 5000 Kg são efetuados em veículos em um trajeto sobre pista normalizada.

## CAPÍTULO 8

# PRINCÍPIOS GERAIS SOBRE A CONCEPÇÃO ERGONÔMICA DO AMBIENTE TÉRMICO EM CABINES DE TRATOR FLORESTAL

O conforto térmico é definido como aquela condição mental que expressa satisfação do homem com o ambiente que o envolve. Dadas as diferenças individuais, torna-se impossível especificar um ambiente térmico que satisfaça a todos os seus ocupantes, no que diz respeito ao conforto ambiental.

Caracterizar as exigências humanas de conforto térmico, de determinar os fatores que influem nas exigências, e quais podem ser analisados, bem como a forma de analisá-los para, depois estabelecer a qualidade do ambiente é um trabalho bastante complicado.

Este capítulo tem como objetivo a apresentação de uma metodologia de análise do conforto térmico de ambientes (notas de aula de Metrologia, 1993) que abriguem atividades humanas. Será exposta a forma de manipulação de instrumentos utilizados para medições de variáveis ambientais e o acesso orientado a bancos de dados elaborado por Fanger (pesquisador da área).

A medida dos parâmetros físicos que definem um ambiente térmico permite prever os efeitos sobre os trabalhadores e propor os meios de amenizá-los.

Nas trocas térmicas entre o corpo humano e o meio ambiente, quatro parâmetros físicos caracterizam um ambiente térmico:



- ☉ a temperatura do ar;
- ☉ a temperatura úmida;
- ☉ a velocidade do ar;
- ☉ a umidade relativa do ar.

### 8.1 METODOLOGIA UTILIZADA PARA AVALIAR O AMBIENTE TÉRMICO DA CABINE DO TRATOR FLORESTAL

Para estabelecer considerações sobre conforto térmico na cabine do trator florestal, foram adotados os critérios estabelecidos na norma ISO 7730-1984 (Moderate Thermal Environments-Determination of the PMV and PPD in dices and Specification of the Conditions for Thermal Comfort), que abrange a variação nos ambientes térmicos moderados, considerando que a sensação térmica do homem é principalmente relacionada ao balanço térmico quando a produção interna de calor no corpo é igual a perda de calor para o ambiente. O balanço termico é influenciado tanto pela atividade física e quantidade de roupa quanto pelos parâmetros físicos ambientais acima mencionados.

Quando todos esses fatores são estimados ou medidos, a sensação térmica do corpo como um todo pode ser prevista calculando-se os índices de PMV (Predict Mean Vote : Predição do Voto Médio) e do PPD ( Predict Percentage of Dissatisfied : Predição da Porcentagem de insatisfeitos).

O PMV é um índice que estima o valor médio dos votos de um grupo de pessoas segundo uma escala de sensação térmica, Tabela 8.1

Valor	Tipo de sensação
-3	muito frio
-2	frio
-1	levemente frio
0	neutro
+3	muito quente
+2	quente
+1	levemente quente

**Tabela 8.1** Escala de sensação térmica  
Fonte: Fanger (1970)

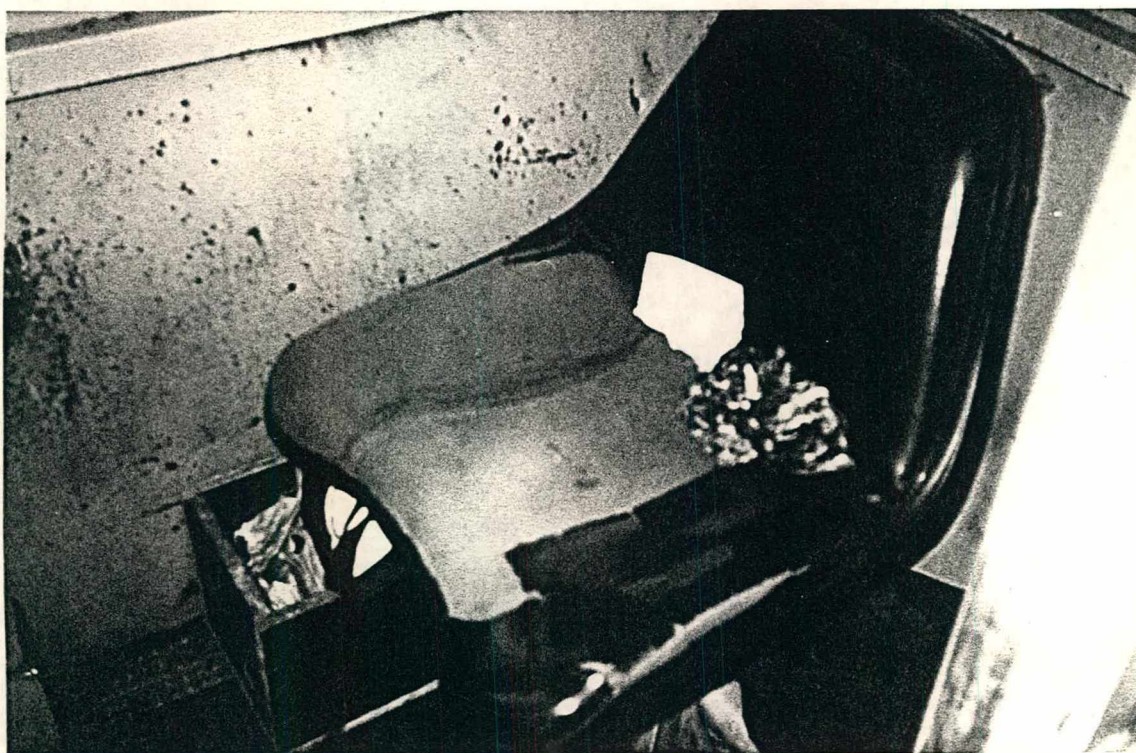
O PPD é um índice que estima a percentagem de um grupo de pessoas que entem desconforto térmico.

Neste trabalho, utilizou-se para o cálculo dos índices, um programa de computador, o Fanger .bas, em anexo da norma ISO 7730. Os dados de entrada necessários foram:

temperatura do ar, velocidade do ar, umidade relativa do ar, temperatura radiante média, taxa metabólica, resistência térmica da roupa e eficiência mecânica.

Em função dos dados de entrada necessários foram mantidas as seguintes variáveis ambientais: temperatura de bulbo seco (0,1 metros e 1,10 metros em relação do chão), temperatura de bulbo úmido, temperatura de globo e velocidade do ar.

Foram realizadas, num primeiro momento, medições tanto dentro como fora da cabine, para estimar o gradiente de temperatura que existia nestes dois pontos. Num segundo momento, foram realizadas cinco medidas no interior da cabine ou mais especificamente, no posto do tratorista, assento, conforme Foto 8.1.



**Foto 8.1** Ponto onde foi realizada a medição

Estas medições foram realizadas no dia 26 de Agosto de 1994, à partir das 13:30 horas, com um intervalo de 30 minutos entre cada tomada. A cabine estava, com a porta aberta, o motor ligado e com apenas uma pessoa presente no seu interior (para as medições).

Os procedimentos e instrumentos utilizados serão descritos posteriormente.

A escolha de apenas um ponto para as tomadas se deve ao fato do trabalho do tratorista só ser desenvolvido em um único ponto.

A norma ISO 7730 tem como proposta a apresentação de um método para estimar a sensação térmica e grau de desconforto de pessoas expostas a ambientes térmicos moderados e também especificar condições térmicas aceitáveis para o conforto. Ela se aplica a homens e

mulheres saudáveis submetidos a ambientes internos, onde o propósito é alcançar conforto térmico ou, ambientes onde ocorrem desvios moderados de conforto.

A insatisfação pode ser causada por uma sensação de desconforto frio ou quente do corpo como um todo. Os limites de conforto podem ser, neste caso, expressos pelos índices no PMV e do PPV. Mas, a insatisfação térmica pode ser causada por um indesejável aquecimento ou resfriamento de uma das partes do corpo, devido a uma grande diferença de temperatura do ar entre a cabeça e o tornozelo, provocada por um piso muito quente ou muito frio, por uma velocidade do ar muito elevada ou por uma assimetria de temperatura radiante muito alta.

### 8.1.1 Levantamento dos dados

Durante o levantamento dos dados foram utilizados os seguintes instrumentos:

- ⇒ Termo-anemômetro digital ALNOR COMPUFLOW, modelo 8565
- ⇒ Psicômetro Giratório SP-G2
- ⇒ Termômetro de globo

#### *Variáveis obtidas através dos instrumentos:*

##### ⇒ **Temperatura de bulbo seco (TBS 0,1 metros)**

Foram tomados cinco valores a uma altura de 0,1 metros, utilizando-se o termômetro de mercúrio, com bulbo seco, existente no Psicômetro giratório. O instrumento foi colocado na posição durante um intervalo de, no mínimo, 15 minutos antes de cada tomada. Os valores de temperatura de bulbo seco nessa posição são necessários para estabelecer o gradiente de temperatura.

##### ⇒ **Temperatura de bulbo seco (TBS a 1,1 metros) e Temperatura de bulbo úmido (TBU a 1,1 metros).**

Foram tomados cinco valores para TBS e TBU a uma altura de 1,1 metros, utilizando-se os termômetros de mercúrio bulbo seco e bulbo úmido, com a mecha de tecido umedecida com água destilada, existentes no Psicômetro giratório.

Seguidamente o Psicômetro era submetido a um movimento giratório durante o intervalo de 1 minuto antes de cada tomada, já que a temperatura a ser calculada tinha que ser convecção forçada. Também tomou-se o cuidado de que a mecha estivesse sempre bem umedecida sem interferir no termômetro de bulbo seco.

Os valores da TBS nessa posição são necessários para estabelecer o gradiente de temperatura, para dados de entrada (temperatura do ar) e também para, juntamente com os valores da TBU, estabelecer a umidade relativa e a Temperatura radiante média (Trm).

☉ **Temperatura de globo (Tg):**

O valor da Tg. também é realizada a 1,10 metros do chão. O instrumento permanece na mesma posição durante todo o tempo das medições. Estes valores são necessários para calcular a temperatura radiante média.

☉ **Velocidade do ar (Var):**

Este valor também obtido a 1,10 metros do chão. A velocidade do ar foi verificada em três direções, obtendo-se sempre o mesmo resultado (Var=0). Tomou-se o cuidado de esperar o instrumento estabilizar-se.

*Variáveis obtidas através de cálculos:*

☉ **Umidade Relativa (UR)**

Foi estabelecida em função das TBS e TBU, analisadas na carta Psicométrica ISO 7726-1985 (E), Figura 8.1

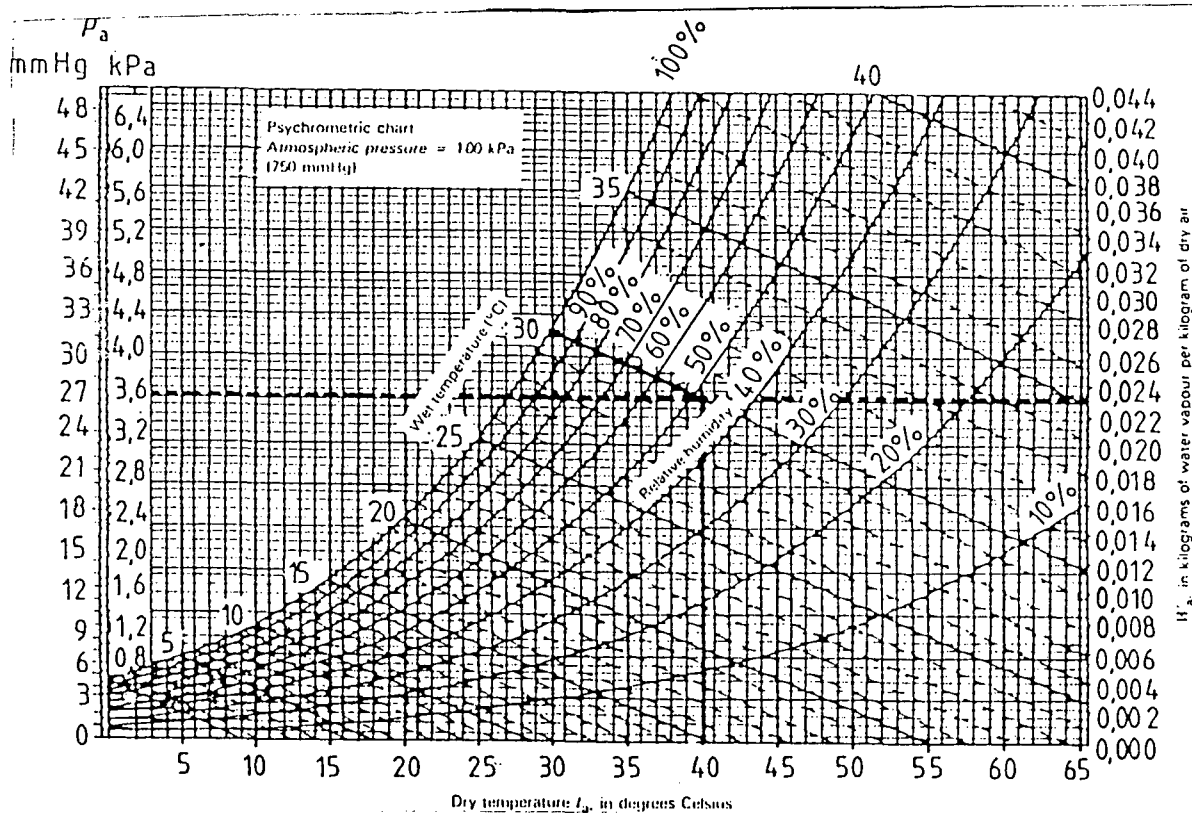


Figura. 8.1 Carta Psicométrica

☉ **Temperatura radiante média (Trm)**

Foi calculada em função das TBS e Tg através da fórmula:

$$T_{rm} = \left[ (T_g + 273)^4 + 0,4 \times 10^8 |T_g - T_{ar}|^4 * (T_g - T_{ar}) \right]^{1/4} - 273 \quad \text{Eq. (1)}$$

### ☉ Taxa metabólica (TM)

Conforme a norma ISO 7730-1984, Tabela 8.2, a atividade correspondente à realizada pelos tratoristas no desenvolvimento de suas tarefas, é uma atividade considerada de Média-forte de trabalho com máquinas e com bastante deslocamentos, então a taxa metabólica para este tipo de atividade é de 2,8 met. ou de 165 w/m<sup>2</sup>

Atividades	Taxa Metabólica	
	W/m <sup>2</sup>	Met.
Descansando	46	0,8
Sentado - Relaxado	58	1,0
Caminhando - Relaxado	70	1,2
Atividade sedentária (escritório, laboratório, escola, etc)	70	1,2
De pé caminhando em atividade (Shopping, laboratório, leve indústria)	93	1,6
Caminhando em atividade (assistente de loja, trabalho domestico)	116	2,0
Trabalhadores de máquinas-Atividade Media Forte (trabalho com máquinas, talher mecânico)	165	2,8

Tabela 8.2 Tabela das Taxas Metabólicas

Fonte: ISO 7730-1984

Para o tratamento de dados no programa a taxa de metabolismo deverá ser expressada em kcal/h.m<sup>2</sup>

$$TM = 165 \text{ W/m}^2 \Rightarrow (1 \text{ W} = 8,601 \times 10^{-1} \text{ Kcal/h}) \Rightarrow 141,9 \text{ Kcal/h.m}^2 \quad \text{Eq.(2)}$$

### ☉ Resistência térmica (RTV)

Foi calculada através das recomendações do anexo C da norma ISO 7730-1984, em função das roupas usadas pelo tratorista. A resistência térmica para o tipo de vestimenta do operador é indicada na Tabela 8.3 abaixo.

Peças	I clo
Roupa interior	0,05
Macacão	0,57
Meia	0,04
Sapato	0,04
TOTAL	Σ 0,7

Tabela 8.3 Vestuário do Tratorista

Fonte: ISO 7730-1984

$$\sum I \text{ clo} = 0,7 \text{ clo}$$

$$I \text{ clo} = 0,82 \times \sum I \text{ clo}$$

$$I \text{ clo} = 0,57 \text{ clo}$$

onde:

clo : Índice de resistência da roupa

### ⇒ Eficiência Mecânica (Ef. M)

Segundo a norma ISO 7730-1984, a eficiência mecânica foi considerada igual a zero.

#### 8.1.2 Resultados obtidos

A tabela 8.4 apresenta os dados obtidos segundo descrição realizada acima:

Hora	TBS °C 1,1 m	TBU °C	Tg. °C	Var m/s	TBS °C 0,1 m	U.R. %	Trm °C
13:30	23,4	15	25	0	23,0	39	25,67
14:00	21,0	14	24,4	0	20,0	42	26,13
14:30	20,0	13	22,8	0	20,0	48	24,18
15:00	21,4	14	22,2	0	21,1	48	22,49
15:30	22,0	14	22,2	0	20,8	43	22,25

Tabela 8.4 Resultados obtidos nas medições

Fonte: Própria

A maioria dos operadores considerou que, naquele dia e naquelas circunstâncias, a *sensação térmica* foi de +1 ou seja *levemente quente*. Sendo que, em dias de verão essa sensação pode ser de +3 e em dias de inverno severo atingir a -3.

Foram estabelecidas as seguintes incertezas tanto dos instrumentos quanto do erro do olho humano nas leituras.

TBS, TBU, Tg., TRM.....± 0,2 °C

Var.....± 0,1 m/s

RTV.....± 0,05 Clo

TM.....± 5 Kcal/hm<sup>2</sup>

UR.....± 4%

## 8.2 EFEITOS CAUSADOS PELAS MÁ S CONDIÇÕES NO AMBIENTE TÉRMICO

A temperatura do ambiente de trabalho exerce efeito não só sobre o conforto, mas também sobre a saúde e o desempenho do tratorista. Deve existir um controle sobre a temperatura e a umidade no ambiente de trabalho do trator, dando ao tratorista conforto dentro da cabine. Os efeitos do não controle variam de acordo com o grau de temperatura a que o tratorista é submetido, Tabela 8.5

Temperatura em ° C	E F E I T O
40 ° C	⇒ Tolerância por cerca de uma hora
29,4 ° C	⇒ Diminuição das atividades mentais, reação lenta. Aparecimento de erros.
23,9 ° C	⇒ Início da fadiga física.
18,3 ° C a 23 ° C	⇒ Limite de conforto no verão.
10 ° C	⇒ Início de enrigecimiento das extremidades.

Tabela 8.5 Efeitos da temperatura no corpo humano

Fonte: W . W. Woodson. Human Engineering Guide for Equipment Designers University of California Press, los Angeles (1966)

O quadro mostra, de modo generalizado, o efeito da temperatura sobre o tratorista. É claro que, a intensidade da atividade física e a umidade relativa afetarão os dados nela relacionados.

## 8.3 O PROGRAMA FANGER.BASICA

FANGER (1970) foi o primeiro a generalizar a base psicológica do conforto, de modo que para qualquer nível de atividade (metabolismo) e valores de vestimenta é possível de prever analiticamente o conforto em termos de combinações de temperatura do ar, temperatura radiante média, umidade do ar, e velocidade relativa do ar. FANGER derivou a equação de conforto que toma a forma de :

$$F\left(\frac{H}{Adu}, Icl, ta, tmrt, P, v\right) = 0 \quad \text{Eq. (3)}$$

onde:

$H/A_{du}$  = produção de calor interna por área de superfície unitária do corpo.

$A_{du}$  = área do corpo

$I_{cl}$  = resistência térmica da roupa

$t_a$  = temperatura do ar

$t_{mrt}$  = temperatura radiante média

$P_a$  = pressão de vapor de água no ambiente

$v$  = velocidade relativa do ar.

Um operador de trator gastará de 60 a 150 Kcal/hm<sup>2</sup>; pessoas sedentárias gastariam 50 Kcal/hm<sup>2</sup> em média. Vestimenta leve, média ou pesada terá valores de 0.5, 1.0, 1.5 Clo, respectivamente. Num dia claro e ensolarado, a temperatura radiante média  $t_{mrt}$  pode ser 5 a 10° sobre a temperatura do ar dentro da cabina [ $t_a$ ]. As velocidades do ar dentro da cabina devem estar na faixa de 1 até 3 [m/s].

A solução para a equação 3 é complexa. Fanger resolveu a equação e apresentou as soluções em termos de um conjunto de gráficos obtidos a partir de um programa de computação para usos práticos de engenharia.

Em pesquisas recentes, Kaufman (Kaufman 1976 apud ) concluiu que a abordagem de Fanger, com relação ao conforto térmico, foi efetiva, predizendo o conforto da cabina do trator para diferentes condições.

Mediante este programa FANGER, pode-se ter um critério do grau de satisfação e conforto em que o tratorista encontra-se, durante o desenvolvimento de suas tarefas. A Tabela 8.6 e as Tabelas 8.7 apresentam os dados, considerando as incertezas.

VOTO MÉDIO ESTIMADO (segundo Fanger)								
Colunas:								
1.- Temperatura do ar ambiente (°C)								
2.- Velocidade relativa do ar (m/s)								
3.- Temperatura equivalente de radiação (°C)								
4.- Índice de resistência térmica da roupa (clo)								
5.- Nível de atividade (kcal/(hm <sup>2</sup> ))								
6.- Umidade relativa do ar (%)								
7.- Eficiência mecânica das pessoas								
8.- Voto médio estimado								
9.- Porcentagem de insatisfeitos								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
23,4	0	25,7	0,57	142	39	0	1,75	68,30
21,0	0	26,1	0,57	142	42	0	1,56	59,30
20,0	0	24,2	0,57	142	48	0	1,35	49,0
21,4	0	22,5	0,57	142	48	0	1,37	50,1
22,0	0	22,3	0,57	142	43	0	1,39	51,1

Tabela 8.6 Resultados obtidos do programa FANGER. básica

Fonte: Própria



VOTO MÉDIO ESTIMADO (segundo Fanger)								
Colunas:								
1.- Temperatura do ar ambiente (°C)								
2.- Velocidade relativa do ar (m/s)								
3.- Temperatura equivalente de radiação (°C)								
4.- Índice de resistência térmica da roupa (clo)								
5.- Nível de atividade (kcal/(hm <sup>2</sup> ))								
6.- Umidade relativa do ar (%)								
7.- Eficiência mecânica das pessoas								
8.- Voto médio estimado								
9.- Porcentagem de insatisfeitos								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
23,6	0	25,6	0,57	142	39	0	1,76	68,90
21,2	0	26,0	0,57	142	42	0	1,57	59,80
20,2	0	24,0	0,57	142	48	0	1,36	49,40
21,6	0	22,4	0,57	142	48	0	1,39	50,80
21,8	0	22,3	0,57	142	43	0	1,38	50,30
23,4	0	25,6	0,57	142	39	0	1,74	68,00
21,0	0	26,1	0,57	142	42	0	1,56	59,30
20,0	0	24,1	0,57	142	48	0	1,35	48,70
21,4	0	22,4	0,57	142	48	0	1,37	49,80
21,6	0	22,4	0,57	142	43	0	1,37	49,70
23,4	0	25,6	0,57	142	39	0	1,74	68,00
21,0	0	26,1	0,57	142	42	0	1,56	59,20
20,0	0	24,1	0,57	142	48	0	1,35	48,70
21,4	0	22,4	0,57	142	48	0	1,37	49,80
22,0	0	22,2	0,57	142	43	0	1,39	50,90
23,4	0	25,6	0,57	142	39	0	1,74	68,00
21,0	0	26,1	0,57	142	42	0	1,56	59,20
20,0	0	24,1	0,57	142	24	0	1,35	44,00

Tabela 8.7 Resultados obtidos, considerando as incertezas aplicado ao programa FANGER. básica  
Fonte: Própria

VOTO MÉDIO ESTIMADO (segundo Fanger)								
Colunas:								
1.- Temperatura do ar ambiente (°C)								
2.- Velocidade relativa do ar (m/s)								
3.- Temperatura equivalente de radiação (°C)								
4.- Índice de resistência térmica da roupa (clo)								
5.- Nível de atividade (kcal/(hm <sup>2</sup> ))								
6.- Umidade relativa do ar (%)								
7.- Eficiência mecânica das pessoas								
8.- Voto médio estimado								
9.- Porcentagem de insatisfeitos								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
21,4	0	22,5	0,57	142	48	0	1,38	50,20
22,0	0	22,2	0,57	142	43	0	1,39	50,90
23,4	0	25,6	0,57	142	39	0	1,74	68,00
21,0	0	26,1	0,57	142	42	0	1,56	59,20
20,0	0	24,1	0,57	142	48	0	1,35	48,70
21,4	0	22,5	0,57	142	48	0	1,38	50,20
22,0	0	22,2	0,57	142	43	0	1,39	50,90
23,4	0	28,8	0,57	142	39	0	1,97	79,30
21,0	0	29,4	0,57	142	42	0	1,80	70,60
20,0	0	27,4	0,57	142	48	0	1,58	60,00
21,4	0	25,5	0,57	142	48	0	1,58	60,30
22,0	0	25,2	0,57	142	43	0	1,60	61,10
23,4	0	22,8	0,57	142	39	0	1,54	58,40
21,0	0	23,0	0,57	142	42	0	1,34	48,60
20,0	0	21,0	0,57	142	48	0	1,14	38,20
21,4	0	19,7	0,57	142	48	0	1,17	40,59
22,0	0	19,4	0,57	142	43	0	1,20	41,20
23,4	0	25,6	0,57	142	39	0	1,72	66,90

Tabela 8.7 Resultados obtidos, considerando as incertezas aplicado ao programa FANGER. básica  
Fonte: Própria

VOTO MÉDIO ESTIMADO (segundo Fanger)								
<b>Colunas:</b>								
1.- Temperatura do ar ambiente (°C)								
2.- Velocidade relativa do ar (m/s)								
3.- Temperatura equivalente de radiação (°C)								
4.- Índice de resistência térmica da roupa (clo)								
5.- Nível de atividade (kcal/(hm <sup>2</sup> ))								
6.- Umidade relativa do ar (%)								
7.- Eficiência mecânica das pessoas								
8.- Voto médio estimado								
9.- Porcentagem de insatisfeitos								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
21,0	0	26,1	0,57	142	42	0	1,56	59,20
20,0	0	24,2	0,57	142	48	0	1,35	49,10
21,4	0	22,5	0,57	142	48	0	1,36	49,60
22,0	0	22,2	0,57	142	43	0	1,37	50,00
23,4	0	25,6	0,57	142	43	0	1,76	69,00
21,0	0	26,1	0,57	142	46	0	1,58	60,00
20,0	0	24,1	0,57	142	52	0	1,36	49,50
21,4	0	22,5	0,57	142	52	0	1,39	51,00
22,0	0	22,2	0,57	142	47	0	1,41	51,80
23,4	0	25,6	0,57	142	35	0	1,72	67,10
21,0	0	26,1	0,57	142	38	0	1,54	58,40
20,0	0	24,1	0,57	142	44	0	1,33	47,90
21,4	0	22,5	0,57	142	44	0	1,36	49,30
22,0	0	22,2	0,57	142	39	0	1,37	50,00
23,4	0	25,6	0,57	142	39	0	1,74	68,00
21,0	0	26,1	0,57	142	42	0	1,56	59,20
20,0	0	24,1	0,57	142	48	0	1,35	48,70
21,4	0	22,5	0,57	142	48	0	1,38	50,20

Tabela 8.7 Resultados obtidos, considerando as incertezas aplicado ao programa FANGER. básica  
Fonte: Própria

VOTO MÉDIO ESTIMADO (segundo Fanger)								
Colunas:								
1.- Temperatura do ar ambiente (°C)								
2.- Velocidade relativa do ar (m/s)								
3.- Temperatura equivalente de radiação (°C)								
4.- Índice de resistência térmica da roupa (clo)								
5.- Nível de atividade (kcal/(hm <sup>2</sup> ))								
6.- Umidade relativa do ar (%)								
7.- Eficiência mecânica das pessoas								
8.- Voto médio estimado								
9.- Porcentagem de insatisfeitos								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
22,0	0	22,2	0,57	142	43	0	1,39	50,90
23,4	0	25,6	0,57	142	39	0	1,74	68,00
21,0	0	26,1	0,57	142	42	0	1,56	59,20
20,0	0	24,1	0,57	142	48	0	1,35	48,70
21,4	0	22,5	0,57	142	48	0	1,38	50,20
22,0	0	22,2	0,57	142	43	0	1,39	50,90

Tabela 8.7 Resultados obtidos, considerando as incertezas aplicado ao programa FANGER. básica  
 Fonte: Própria

8.4 ANÁLISE DOS DADOS

A Figura 8.2 apresenta as zonas de conforto em função à temperatura, à atividade metabólica e à resistência térmica da roupa

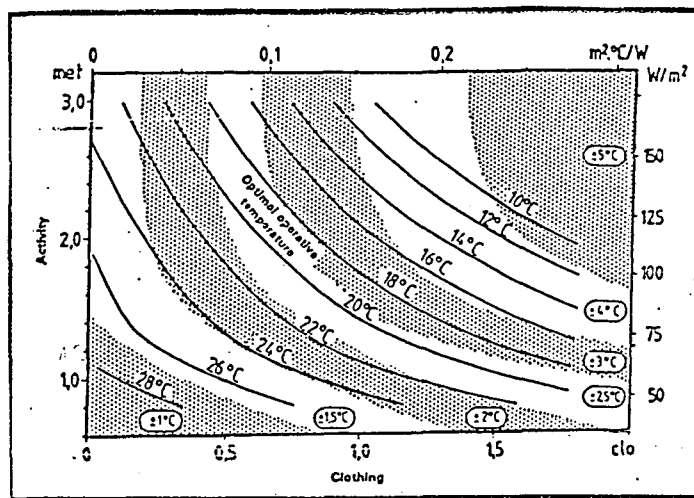
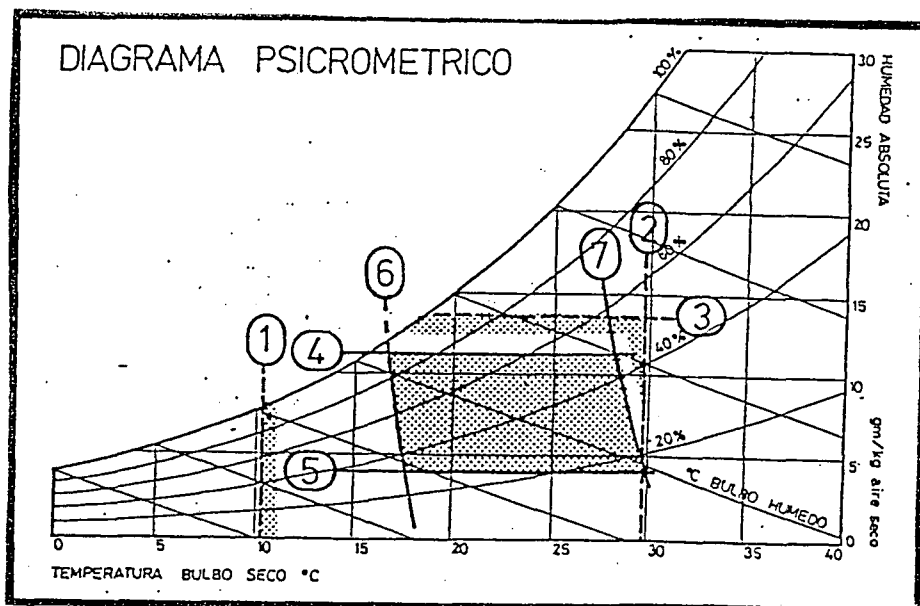


Figura 8.2 Atividade Metabólica em função da resistência térmica da roupa

Uma outra análise, por meio dos "Limites do Diagrama de Conforto", Figura 8.4, permite chegar às seguintes conclusões:



**Figura 8.3 Diagrama de Conforto,**

Fonte: Prof. John Martin Evans - 2º Encontro Nacional de Conforto Ambiente Construído.

**Linha 1 :** Indica o limite mínimo de temperaturas do PMV. A sensibilidade da pele, à temperaturas inferiores, não permite distinguir diferenças com precisão, embora com roupas pesadas e níveis altos de atividade seja possível usar um PMV para temperaturas levemente inferiores.

**Linha 2 :** Indica o limite máximo de temperaturas do ar para aplicação do PMV. Temperaturas superiores aumentam a umidade da pele, fator não contemplado no cálculo do PMV. Pode-se aceitar temperaturas radiantes médias até 40 °C, equivalente a uma temperatura de operação de 35 °C.

**Linha 3 :** Indica o limite máximo da umidade absoluta para a aplicação do PMV, 14g.m./Kg., com maior umidade absoluta a transpiração é excessiva.

**Linha 4 :** Indica a umidade absoluta máxima para obter conforto, 12 g.m./KG, valores maiores de umidade aumentam o desconforto, devido ao acúmulo de transpiração

**Linha 5 :** Indica a umidade mínima para obter conforto, 4 g.m./Kg , valores menores de umidade produzem uma evaporação excessiva que pode afetar as vias respiratórias, provocando desconforto e propensão a enfermidades.

**Linha 6 :** Indica o limite mínimo de conforto para atividades levemente fortes em espaços interiores (cabine) correspondente aos seguintes valores: RTV = 1,1 Clo ; PMV = -1, o que representa um PPD = 0,26

**Linha 7** : Indica o limite máximo de conforto para atividades levemente fortes, em espaços interiores (cabine), correspondente aos seguintes valores: RTV = 0,5 Clo; PMV = +1 ; Var = 0,25 m/s, o que representa um PPD = 0,26.

#### 8.4.1 Simulação para condições de Inverno e de Verão

A simulação das condições de inverno e verão sugeridas não possuem um caráter conclusivo, visam apenas mostrar como se comportam as variáveis, dentro dos limites dentro do diagrama de conforto, Figura 8.9, na busca de melhor qualidade para o ambiente térmico.

As Tabelas 8.8 e 8.9 apresentam os valores simulados para inverno e verão respectivamente.

T °C	Var m/s	UR %	Tmet	RTV clo	Trm °C	PPD	PMV
13	0	38	165	1.1	15,9	0,76	20,90
12	0	39	165	1.1	15,0	0,65	17,10
11	0.1	35	165	1.5	14,0	0,87	25,0
10	0.1	35	165	2.0	13,0	1,07	34,90
9	0.1	30	165	2.0	10,4	0,93	27,80

**Tabela 8.8 Simulação de condições de inverno**

Fonte: Própria

Na situação sugerida como inverno diminuiu-se a temperatura do ar e a umidade relativa do ar, aumentou-se a resistência da roupa, mantendo a temperatura radiante média próxima da temperatura do ar, o que é razoável para espaços interiores. Manteve-se a taxa metabólica e a velocidade do ar foi variada de acordo com às condições meteorológicas encontradas em jornais.

A tabela apresentada permite dizer que, embora se tenha o problema da umidade baixa, bastaria aumentar um pouco a temperatura do ar, desde que, a velocidade do ar ficasse próxima de zero, para se chegar a níveis próximos dos estabelecidos para o conforto.

T°C	Var m/s	UR %	Tmet	RTV clo	Trm °C	PPD	PMV
35	0.1	42	165	0.5	37,8	3	100
36	0.1	44	165	0.5	37,3	3	100
37	0	45	165	0.3	39,7	3	100
38	0	46	165	0.3	39,3	3	100
39	0	48	165	0.3	40,3	3	100

**Tabela 8.9 Simulação de condições de verão**

Fonte: Própria

Na situação sugerida como verão aumentou-se a temperatura do ar, a temperatura radiante média e a umidade relativa do ar, manteve-se a taxa metabólica e variou-se a resistência térmica da roupa e velocidade do ar. A insatisfação foi total nessas condições, ou seja, 100 % de insatisfeitos.

Pode-se observar que a temperatura do ar deve ser mantida próxima de 24 °C, a velocidade do ar próxima de 0,25 m/s (deve-se ter cuidado de não acarretar em desconforto local num ponto), a umidade relativa em torno de 50% e a resistência térmica da roupa perto de 0,30 Clo.

## CAPÍTULO 9

### **PRINCÍPIOS GERAIS SOBRE A CONCEPÇÃO ERGONÔMICA DO AMBIENTE LUMINOSO EM CABINES DE TRATORES DE FLORESTA**

Neste capítulo será abordado o tema da iluminação e, conseqüentemente, os fatores que influenciam na visibilidade. Desta forma, podemos definir o conforto visual como a criação de condições para o tratorista exercer suas tarefas visuais no ambiente de trabalho, com o menor esforço e o máximo de acuidade. Isso se traduz por um conjunto de parâmetros a serem atendidos, tais como, a luminância necessária, o controle do ofuscamento causado por fontes de luz e a existência ou não de zona de sombra. O estudo destes parâmetros compreende a luminotécnica clássica.

A sensação de bem estar no espaço está também, relacionada com a percepção do tratorista, aspecto diretamente influenciado pela iluminação. A luz pode tanto mascarar como realçar elementos do espaço, facilitando ou dificultando sua compreensão.

A realização de qualquer tarefa exige necessariamente algum tipo de esforço. Este será maior ou menor, dependendo da natureza da tarefa, da velocidade exigida, da idade, das características do ambiente de trabalho e, finalmente, das condições de iluminação. Assim, ao se realizar e/ou avaliar um projeto, é importante se conhecer esses parâmetros para se determinar



a iluminação mais adequada para cada caso.

A qualidade e a quantidade de luz, ajustadas à natureza do trabalho, exercem decisiva influência sobre a produção, pois afetam a capacidade visual do operador quanto à acuidade, rapidez de visão e de acomodação e continuidade da visão (Faria, 1984). A visibilidade para o tratorista, deve ser tal que permita uma direção segura, além do controle da situação perfeita, que deve existir entre o trator ou seu implemento ou telescópio, como também a verificação dos instrumentos visuais, aumentando a segurança, facilitando o manejo e possibilitando o emprego eficiente do trator. Uma iluminação bem projetada contribui para que o trabalho seja mais rápido e mais preciso, a fadiga seja reduzida e os acidentes evitados.

O sistema visual é um instrumento particularmente importante na procura de informações a respeito do trabalho que vai ser desenvolvido pelo tratorista; a vista é um meio pelo qual pode-se realizar um reconhecimento do espaço no qual o homem se desloca, controla de modo imediato e permanente os atos do tratorista e seus efeitos sobre a tarefa e o meio ambiente (Laville, 1977). As condições em que as informações visuais são apresentadas determinam a dificuldade do trabalho. Essas condições são várias como, características físicas habituais, do tipo dimensões, a cor e o relevo, também é preciso acrescentar a localização no espaço, em função das estratégias de exploração visual.

## 9.1 FONTES LUMINOSAS

As fontes que proporcionam luz são a natural e a artificial, sendo que ao mesmo tempo estas são de dois tipos: As térmicas onde o corpo que constitui a fonte é levado a uma temperatura elevada, e emite radiações luminosas, como: o sol e as lâmpadas incandescentes; e as quânticas onde a excitação térmica, elétrica ou química de determinados corpos provoca a emissão de luz ( tubos fluorescentes) (Laville, 1977).

## 9.2 AS UNIDADES DE MEDIDA

O fluxo luminoso é a quantidade de energia emitida por segundo sob a forma de radiação visível e a unidade é o lúmen, a intensidade luminosa é a quantidade de energia emitida por uma fonte, sob a forma de radiação visível, em determinada direção e a unidade é a candela, o fluxo e a intensidade luminosa caracterizam a fonte. A iluminação é o fluxo luminoso recebido por um superfície e a unidade é o lux (Laville, 1977).

$$\text{Lux} = \frac{1 \text{ lúmen}}{1\text{m}^2} \quad \text{Eq. (1)}$$

A iluminação depende da intensidade luminosa da fonte, da distância entre a fonte e a superfície iluminada e da obliquidade da superfície em relação aos raios luminosos.

### 9.3 ILUMINAÇÃO E DESEMPENHO

O olho humano é suficientemente evoluído para atender plenamente às necessidades dentro do desenvolvimento do trabalho. Pode ser observado na Tabela 9.1 os cinco aspectos estratégicos nas tarefas visuais e sua relação com a capacidade humana.

Tarefas Visuais	Capacidade Visual
Tamanho e distancia	Acuidade visual, qualidade da acomodação da visão binocular
Contraste: Luz Cor Ambiente	Sensibilidade à luz Visão de cor Resistência ao ofuscamento
Brilho (luminância): Iluminação Reflexão	Tamanho da pupila Transmissão ocular. Efeitos de adaptação causados pela idade.
Tempo	Tempo de percepção (0,1 a 0,3 s) Tempo de acomodação (0,5 s) Tempo de piscadela (10%)

**Tabela 9.1** Capacidade visual em determinadas circunstancias

Fonte: Palmer, C 1976

O desempenho é função de duas variáveis importantes, a primeira e fundamental é a idade e a segunda é a capacidade visual intrínseca de cada pessoa, podendo ser corrigida com o uso de óculos, mas mesmo assim, o desempenho visual se reduz com o tempo, como se vê no Gráfico 9.1.

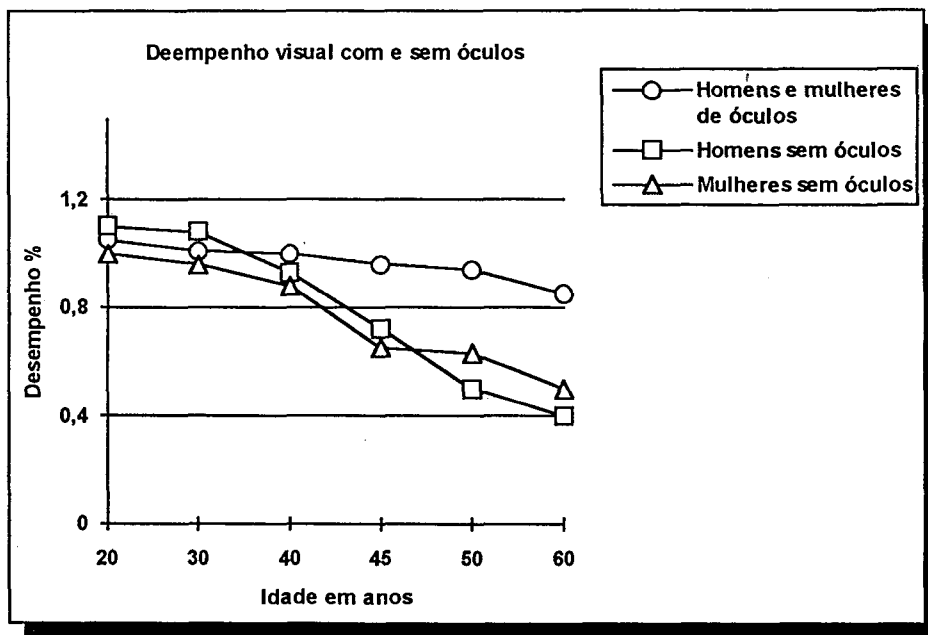


Gráfico 9.1 Desempenho visual

Fonte: (Palmer C. 1976).

#### 9.4 MÉTODOLOGIA DA AVALIAÇÃO DO AMBIENTE LUMÍNICO NA CABINE DO TRATOR FLORESTAL

A metodologia utilizada para a avaliação do conforto luminotécnico dentro da cabine do trator, foi baseada em roteiro procedural, elaborado na disciplina de Metrologia.

Foram realizados os seguinte procedimentos:

- ❶ Medição da quantidade de iluminação do ambiente;
- ❷ Verificação da existência de ofuscamento;
- ❸ Avaliação de contraste de luminâncias;
- ❹ Avaliação do padrão da sombra e direcionalidade do ambiente luminoso.

Para cada procedimento foi elaborada uma metodologia específica.

Após o levantamento e análise dos dados pertinentes foi possível avaliar as condições lumínicas do ambiente, bem como o nível de conforto proporcionado ao tratorista.

##### 9.4.1 Característica lumínica do ambiente de análise

O trator florestal possui um nível de iluminação natural máximo, proveniente das janelas, pábriskas, 2 janelas laterais, janela da porta e 1 janela traseira. (Foto 9.1).



Foto 9.1 Zonas de entrada da iluminação natural.

A iluminação artificial é constituída por uma luminária com uma lâmpada de bulbo esférico pequena.

#### 9.4.1.1 Medição do nível de Iluminação do ambiente

Esta medição tem como objetivo detectar a quantidade de luz que chega em uma superfície onde se realiza a tarefa visual. A unidade de iluminância é o LUX, sendo  $1 \text{ LUX} = 1 \text{ Lúmen/m}^2$ .

Como regra geral, quanto maior a iluminância do ambiente, mais fechada estará a pupila. O que melhora a definição da imagem captada pelo olho é, portanto, a acuidade visual.

A quantidade de luz necessária para qualquer espaço em particular depende, primeiramente, da atividade a ser desenvolvida (ABNT NBR 5413).

A NBR 5382 fixa o modo pelo qual se faz a verificação da iluminância de interiores de áreas regulares através da iluminância média sobre um plano horizontal proveniente da iluminação geral (entende-se como iluminação artificial).

Entretanto, esta norma não leva em conta fontes de iluminação natural e nem iluminação localizada, que deverão ser tratadas a parte.

Para o ambiente do trator, o nível de iluminamento recomendado encontra-se na faixa

de 300 a 500 LUX.

#### 9.4.1.2 Critérios para determinação dos pontos medidos

Sendo a cabine do trator o ponto a ser avaliado, procurou-se verificar as condições lumínicas a partir do referencial de conforto do tratorista (observador).

Os pontos medidos foram a superfície de trabalho do tratorista ou painel e o plano de fundo do tratorista, pára-brisas

Para obter valores que possibilitassem um mapeamento geral do nível de iluminação do ambiente, foram definidos 4 pontos de medição

Para a medição da quantidade de iluminação foi utilizado o aparelho denominado Luxímetro, marca GOSSEN, Modelo PAN-LUX 2, com uma margem de medição de 0 a 200.000 lux. O sensor utilizado foi uma fotocélula.

Além dos cuidados gerais com o aparelho (bateria, ajustes de escalas, etc.), foram tomadas as seguintes precauções: verificação do nivelamento adequado do sensor, de acordo com a superfície a ser medida, constatação da ausência de interferências de pessoas, objetos, etc., e estabilização do equipamento, por meio de uma exposição a uma iluminância mais ou menos igual a do ambiente, antes da leitura propriamente dita.

A Figura 9.1 apresenta a localização dos pontos medidos

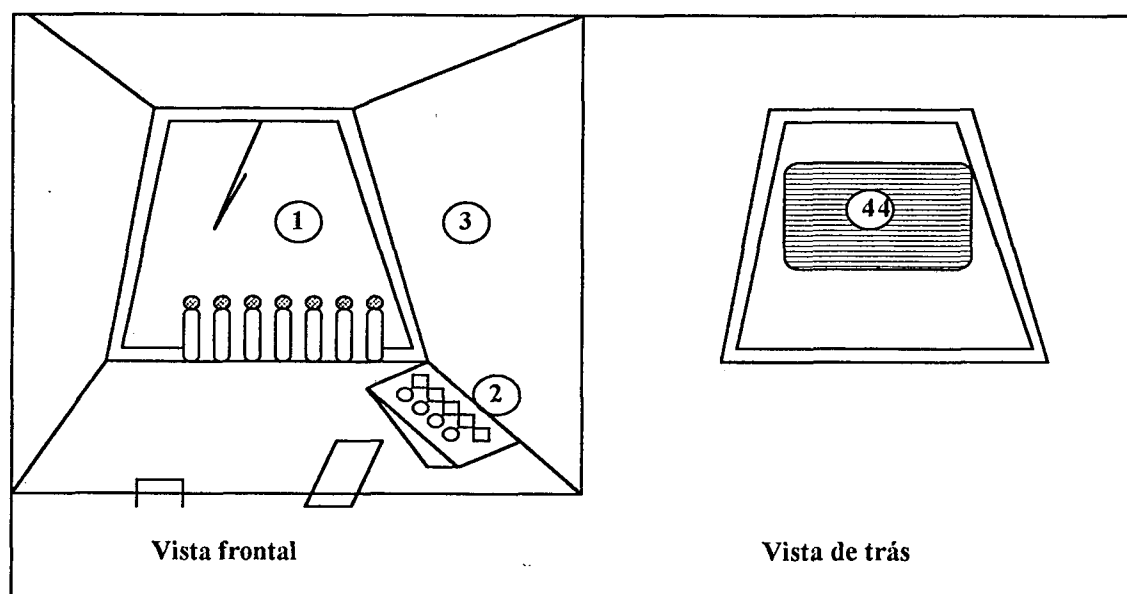


Fig. 9.1 Localização dos pontos medidos

Fonte: Própria

A Tabela 9.2 apresenta os valores de iluminamento obtidos no período da manhã e da tarde.

Ponto	Plano	Nível de Iluminação (lux)	
		Manhã	Tarde
1	Vertical	2000	1850
2	Horizontal	1450	1000
3	Vertical	900	750
4	Horizontal	1300	1200

**Tabela 9.2 Iluminancias pontuais da cabine do trator florestal**

Fonte: Própria

A maioria dos valores obtidos do nível de iluminamento na Tabela 9.2 estão fora dos parâmetros da norma, que varia entre 300 a 500 Lux. Isto ocorre porque a iluminação é totalmente natural e, como os cristais que permitem a entrada de luz não apresentam nenhuma proteção que minimize a entrada dos raios solares, então o ambiente lumínico acaba sendo afetado com o excesso de luz.

Outro aspecto a considerar, é que os pontos medidos no período da tarde apresentam valores mais baixos, pois neste horário o sol já começa a sumir e as árvores provocam sombras.

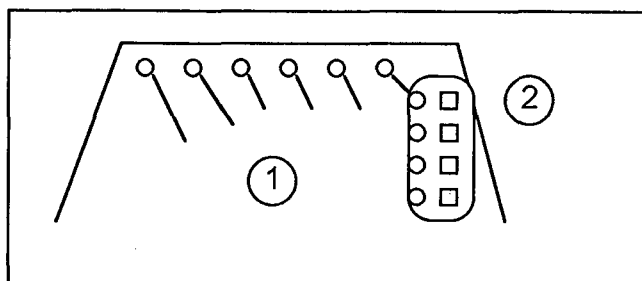
Como pode-se observar, já pelos valores obtidos, nos diferentes períodos (manhã e tarde), a influência da iluminação artificial no ambiente é nula. A iluminação que a única luminária do trator emite 600 Lux.

#### 9.4.2 Nível de Luminância

Nas medições de luminância o equipamento utilizado foi um Luxímetro, marca GOSSEN, modelo PAN-LUX2, com margem de medição de 0 a 2.000.000 cd/m<sup>2</sup> com o adaptador para luminâncias, cujo ângulo sólido de leitura é de aproximadamente 20°.

A metodologia utilizada nesta avaliação seguiu alguns passos: primeiramente, escolheu-se as superfícies do posto de trabalho a serem medidas; depois conectou-se o adaptador ao sensor; posteriormente, tomou-se o cuidado de observar o ângulo de abrangência do aparelho, isto é, a lente foi colocada o mais próximo possível de cada superfície para evitar a interferência de uma sobre a outra. Evitou-se também a presença de sombras provocadas por quem fazia as medições.

Seguiu-se este procedimento nas duas superfícies medidas (comandos e instrumentos do painel) Figura 9.2



**Fig. 9.6** Superfícies escolhidas para o cálculo da Luminância  
Fonte: Própria

Os dados de luminancia obtidos são apresentados na Tabela 9.3.

		Nível de luminância (cd/m <sup>2</sup> )	
Ponto	Superfície	Manhã	Tarde
Plano de fundo	Comandos	145	125
Plano de fundo	Painel	30	43
1	Comandos	60	56
2	Painel	40	38

**Tabela 9.3** Luminâncias da cabine do trator florestal  
Fonte: Própria

#### 9.4.3 Cálculo dos contrastes

A partir dos valores obtidos para as luminâncias, foram determinados os contrastes entre a tarefa e o entorno imediato. O contraste é a relação que existe entre os comandos e o plano de fundo, este é provocado quando existe uma diferença de brilho entre os instrumentos do painel e o fundo.

Para uma análise de contrastes de luminâncias vivenciada pelo tratorista, foi feita uma avaliação, considerando como fatores importantes a posição do tratorista e a orientação do trator desta forma são apreentadas as seguintes situações:

**Situação No.1:** Plano de fundo correspondente à área do pára-brisas, para a qual o tratorista detém o seu foco visual por mais tempo (60%).

Os valores das relações entre o plano de fundo e os comandos foram os seguintes:

$$\text{Contraste} = \frac{60}{145} = 1:2,4 \text{ (de manhã)}$$

$$\text{Contraste} = \frac{56}{125} = 1:2,2 \text{ (de tarde)}$$

**Situação No.2** Plano de fundo corresponde à superfície em volta dos instrumentos do painel, o tratorista visualiza esta superfície em torno de 30 % do tempo.

Os valores das relações entre o plano de fundo e o painel foram os seguintes:

$$\text{Contraste} = \frac{40}{30} = 1,3: \quad (\text{de manhã})$$

$$\text{Contraste} = \frac{38}{43} = 1:1, \quad (\text{de tarde})$$

Uma análise dos valores de contraste mostra que, para todos os pontos, o contraste entre a tarefa e o entorno imediato estão muito baixos em relação ao valor recomendado pela norma NBR 5382, pois o recomendado é 3:1. O fato do contraste ser baixo significa que as duas superfícies têm pouca diferença no momento de realizar a visualização, não se destacando uma da outra.

Outro fator importante a ser analisado é o ofuscamento, que é produzido pela presença de luzes, janelas ou áreas excessivamente brilhantes em relação ao nível geral do ambiente, ao qual o olho foi acostumado, este tipo de ofuscamento pode causar a cegueira com o tempo, já que quando essa luz forte atinge o olho, dispersa-se no interior do mesmo, principalmente nas pessoas idosas e isso causa um bloqueio que interfere na visão e no cotidiano. Observa-se ainda que o olho sofre o efeito fototrópico, ou seja, ele é naturalmente atraído para a parte mais brilhante do campo visual.

#### 9.4.4 Refletividade e transmitância das superfícies

Finalmente, foram avaliados os fatores de refletância e transmitância dentro da cabine florestal. A superfície de trabalho, devido ao tipo de material do qual é constituído, não permite a transmissão através dela.

A refletividade das superfícies foi obtida com razão entre luminância e o nível de iluminação.

$$\text{Refletividade} = \frac{\text{Luminância (cd / m}^2\text{)}}{\text{Iluminação (lx.)}} \times 100 \quad \text{Eq. (3)}$$

Os valores obtidos são mostrados na Tabela 9.4 :

Ponto	Iluminação (lux)	Luminância (cd/m <sup>2</sup> )	Refletividade %
Comandos (manhã)	2.000	60	3%
Comandos (tarde)	1.850	56	3%
Painel (manhã)	1.450	40	2%
Painel (tarde)	1.000	38	3%

Tabela 9.7 Níveis de refletividade

Fonte: Própria



Os níveis de refletividade são pequenos o que demonstra que as superfícies estão absorvendo grande parte da luz que incide sobre elas.

### 9.5 ACUIDADE VISUAL

O procedimento para a obtenção dos dados, no teste de acuidade visual foi realizado no interior da cabine do trator florestal, onde procedeu-se a medição da distância entre o olho do tratorista e o menor detalhe que ele ainda conseguia discernir e, finalmente, mediu-se a altura do detalhe discernido. Para este teste foi utilizado um gráfico com letras arábicas de diferentes tamanhos, que variam de 0,5 até 2 cm. (Figura 9.3).

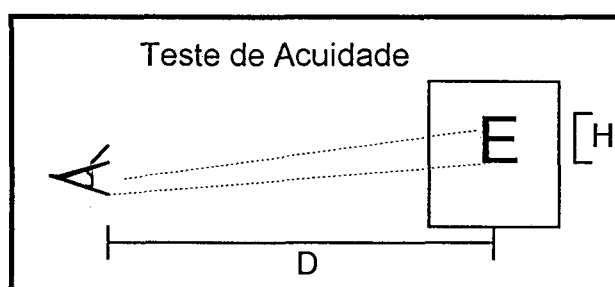


Fig. 9.3 Teste de acuidade visual

Os dados obtidos foram:

Ponto	Distância (cm)	Altura do detalhe (cm)	$\alpha$ (graus) arc tag H/D	$\alpha$ (min)	Acuidade (a) $1/\alpha$	% de população que discerne
Comandos (manhã)	75	0,1	0,07	4,58	0,21	98 %
Comandos (tarde)	75	0,2	0,15	9,1	0,10	+ de 98 %
Painel (manhã)	83	0,1	0,06	4,14	0,24	+ de 98 %
Painel (tarde)	83	0,2	0,13	8,3	0,12	+ de 98 %

Tabela 9.5 Valores da acuidade

Fonte: Própria

Com os valores de acuidade obtidos, recorreu-se ao Gráfico 9.2, que apresenta as curvas de porcentagem da população de tratoristas que conseguem discernir o objeto. Obteve-

se desta forma o resultado que demonstra que mais de 98 % dos tratoristas conseguem discernir os objetos à distância exigida para a realização de suas tarefas.

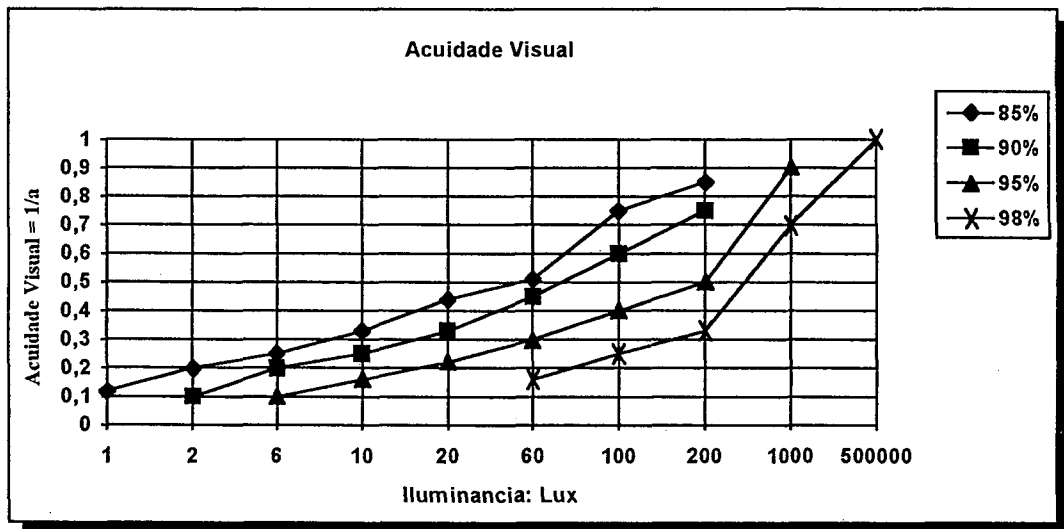


Gráfico 9.2 Curvas da percentagem de população que consegue discernir os objetos

Fonte: Própria

## 9.6 EFEITOS DE UMA MÁ ILUMINAÇÃO

### 9.6.1 Fadiga Visual

A fadiga visual é provocada principalmente pelo esgotamento dos pequenos músculos ligados ao globo ocular, responsável pela movimentação, fixação e focalização dos olhos. Raramente referem-se à dificuldade de percepção.

A fadiga visual provoca tensão e desconforto. Os olhos ficam avermelhados, começam a lacrimejar, e a frequência de piscar vai aumentando. Muitas vezes, a imagem perde a nitidez ou se duplica. Em graus mais avançados, a fadiga visual provoca dores de cabeça, náuseas, depressão e irritabilidade emocional.

A fadiga visual no caso do tratorista pode decorrer das seguintes causas:

- ☉ Fixação de detalhes: objetos ou letras muito pequenas que exigem grande esforço dos músculos dos olhos para acomodação e convergência.
- ☉ Iluminação inadequada: A iluminação encontrada no posto provoca brilhos e ofuscamentos.
- ☉ Contraste reduzido: onde por existir pouca diferença entre o comando e o plano de fundo, provocam confusão e exigem maior esforço visual por apresentar cores e formas semelhantes.
- ☉ Outro fator que deve ser considerado é a má postura do tratorista que pode dificultar a leitura dos instrumentos e causar confusão na sua avaliação.

- Finalmente, o ofuscamento pode ocorrer de modo a perturbar ou inabilitar a realização de uma tarefa visual.

## CAPÍTULO 10

### CADERNO DE ENCARGOS DE RECOMENDAÇÕES ERGONÔMICAS

#### 10.1 RECOMENDAÇÕES ERGONÔMICAS RELATIVAS AO POSTO DA CABINE DO TRATOR FLORESTAL

Após o levantamento de dados, obtidos a partir da análise das tarefas e das atividades dos tratoristas (Vide Capítulo 3), são apresentadas considerações e recomendações sobre como seria uma cabine florestal adequada do ponto de vista ergonômico.

É importante salientar que não existe um homem padrão, motivo pelo qual as medições ergonômicas devem ser feitas à partir de uma estatura máxima ou mínima média, e deve-se prever uma aceitação, de tal maneira que os comandos da máquina possam ser adaptados para cada característica do operador de forma ótima, o que exige conhecimentos ergonômicos.

O espaço funcional para o operador do trator é aquele onde realizam-se os movimentos complexos de todos seus membros. Ele determina de que maneira um ou outro movimento pode ser executado de maneira ótima e segura sem exigir força muscular excessiva. Pelo qual o operador deve evitar aquelas atitudes forçadas, os movimentos do corpo devem ser naturais.

O espaço dentro do posto influencia as atividades que exigem um esforço físico o qual é constituído por trabalho dinâmico, embora o trabalho seja desenvolvido em forma de trabalho estático é nocivo devido à fadiga que este provoca, pelo qual devem ser considerados folgas no dimensionamento especialmente do assento que permitam ao tratorista mudar de posições, evitando assim as posturas incomodas. Ao longo do trabalho, o tratorista deve evitar os esforços numa só posição, que causam solicitações num grupo pequeno de músculos. A força exercida deve ser repartida entre o maior número de grupos de músculos.

Para a concepção do espaço, deve-se considerar alguns requisitos e peculiaridades dos tratoristas:

- ⊖ idade variável de 16 a 80 anos com média perto de 50;
- ⊖ entrada e saída do posto frequentes do operador em função da tarefa executada;
- ⊖ durante o período de desflorestamento, quando as árvores estão prontas e as condições de tempo são boas, é comum o operador permanecer de 12 a 14 horas sobre o trator, sendo necessário manter-se tanto em pé como sentado;
- ⊖ o trabalho do trator requer que o tratorista olhe em todas as direções, principalmente no trabalho florestal, onde ele deve observar onde cortar, o tamanho da árvore e a possível queda de galhos, assim, o corpo do tratorista se movimenta sobre o assento grande parte do tempo;

Algumas características de segurança, que as cabines de tratores devem possuir, são propostas pela Organização Internacional do Trabalho (O.I.T.):

- ⊖ a cabine deve ser suficientemente forte e estar solidamente presa ao trator.
- ⊖ deve ser construída de forma tal que o operador e o passageiro possam sair facilmente em caso de tombamento do trator;
- ⊖ a cabine não deve impedir a utilização do telescópio ou braço que normalmente faz parte do trator;
- ⊖ deve ser suficientemente espaçosa para que o operador tenha ampla liberdade de movimento ao conduzir e no manobrar o acoplamento ou braço.

As saídas e as portas devem considerar a estatura máxima; a mesma observação deve ser feita para todas as dimensões interiores. Mas ao contrário, as dimensões relativas a uma manobra do trabalhador deve considerar a estatura mínima.

Uma recomendação importante para o projeto de portas é a utilização de portas corrediças e não as de uso comuns, a fim de obter maior espaço livre e, além disso, a largura da porta pode ser aumentada sem risco de ocupar espaço ao abrir ou fechar. Recomenda-se que as portas bem como o resto da cabine sejam de material transparente, (vidro, ou fibra de vidro) para ampliar o campo visual desta. Conforme a norma ISO/DIN 4252, as dimensões mínimas das saídas de emergência das cabines deverão ser de 510 mm x 510 mm para as portas do tipo quadrada, de 610 mm x 400 mm para portas retangulares e de 610 mm de diâmetro para as circulares.

Dois pontos importantes a serem analisados no projeto do posto de trabalho para um operador de trator são a visibilidade e a amplitude. Estes fatores estão relacionados às características antropométricas e biomecânicas do tratorista. A visibilidade primária ou externa num trator requer meios para que o operador possa observar em todas as direções. Importante também é ter visão em direção do chão, tanto de frente como de trás, motivo pelo qual recomenda-se que a estrutura do trator seja em sua maior parte de vidro ou fibra de vidro.

Os acessórios da cabine devem estar no ângulo direito da direção da parte visual do operador e serem os menores possíveis. Para permitir uma boa visão das rodas dianteiras e de objetos localizados na frente, do lado e atrás do trator, é necessário espelhos para evitar uma postura antifisiológica.

No caso do operador sentado com a vista para a frente, a localização do painel de instrumentos deve ser determinada pela possibilidade de visão com um ângulo máximo de 45° e a uma distância ótima de 71 cm .

Os instrumentos e ferramentas devem estar localizados à vista do operador, sendo esta tendência para incrementar o campo visual, e localizar os menos necessários nas laterais .

As lâmpadas terminais devem estar suficientemente brilhantes e devem ser dimensão adequada para serem vistas mesmo no verão.

As dimensões, em relação ao assento, são importantes para facilitar a operação dos controles.

Em relação a aqueles movimentos que são efetuados mais frequentemente, estes não devem sair da zona de máximo alcance.

Finalmente, os degraus devem ser feitos em material antiderrapante ou concebidos de tal maneira que os pés não escorreguem mesmo que a terra ou o óleo do motro tenham aderido aos calçados. A distância entre cada degrau deve ser de 15 cm e com relação ao chão no máximo 40 cm

Toda a área de saída deve ser provida de passa mãos, se possível de borracha para não deslizar as mãos e que com o tempo o material não se deteriore causando ferimentos, o que acontece quando é utilizado material metálico. A altura do passa mão deve auxiliar ao operador tanto no acesso ao trator como na saída, sendo a melhor opção colocar dois passa mãos que atendam a ete requisitos.

### **Recomendações adicionais**

As recomendações da SAE J154 (operator enclosures; human factors design considerations) sobre considerações ergonômicas no projeto, constituem uma guia de design para determinar o espaço mínimo do posto do operador na cabine.

As recomendações da SAE J185 (Acces Systems for Construction and Industrial Equipment) sobre construção de sistema de acesso para a construção de equipamentos industriais fornecem informações detalhadas para o design do acesso ao posto de trabalho.

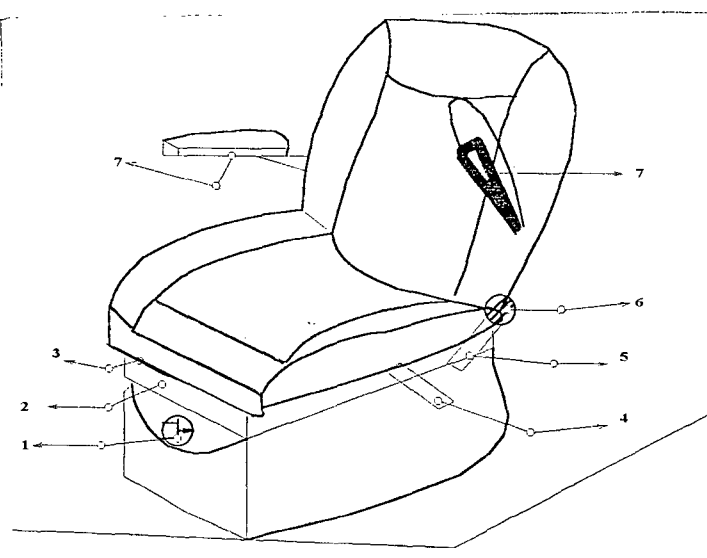
A ISO 4253 faz recomendações sobre o posto de condução suficientemente bem dimensionado.

## 10.2 RECOMENDAÇÕES ERGONÔMICAS RELATIVAS AO ASSENTO DO CONDUTOR

Após se ter realizado uma análise das diferentes situações de trabalho, e considerando que o assento é um elemento fundamental no desenvolvimento das atividades do operador de trator (Vide, capítulo 4), desta forma serão realizadas recomendações estabelecidas pela norma ISO 5700 que visam melhorar o projeto do assento:

1. O assento e o encosto devem possuir um acolchoamento ou almofadas de 30 mm x 50 mm de espessura, a fim de repartir o peso do condutor e atenuar as vibrações de alta frequência;
2. Em posição normal o tratorista deve conseguir passar a mão empunhada entre a base do volante e a parte superior das suas pernas.
3. O assento deve possuir uma suspensão sobre molas, auxiliadas por amortecedores com o objetivo de suavizar o efeito das vibrações sobre o tratorista, mesmo trabalhando em terrenos acidentados. A fim de evitar o deslocamento do condutor em relação aos comandos, devido as vibrações de baixa frequência., o movimento de molejamento deve ser linear no sentido vertical;
4. O material do forro de assento deve ser forte, fácil de limpar, resistente à intempéries, permitir ventilação no calor e evitar sensação de frio no inverno. O estofamento também deve permitir a eliminação de umidade que possa vir a penetrar no seu interior.

O estofamento deve ser também dotado de drenos que permitam a eliminação de umidade que possa vir a penetrar no seu interior. Com suspensão regulável, de molas helicoidais, auxiliadas por um amortecedor hidráulico, suaviza-se o efeito das oscilações sobre o tratorista mesmo trabalhando em terrenos acidentados Figura 10.1



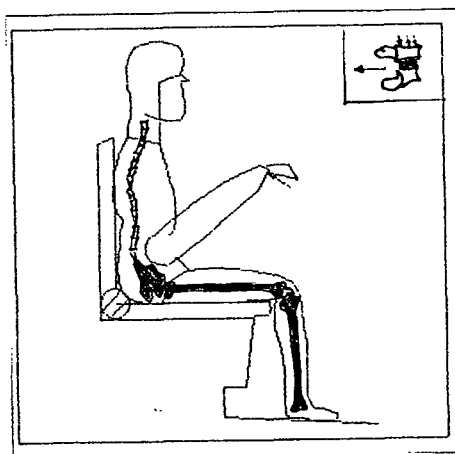
**Figura 10.1** Regulagem do assento

Fonte: Própria

São sete as regulagens que o assento deve oferecer para permitir o perfeito ajuste da máquina ao tratorista, de acordo com sua altura e peso:

- ❶ Amaciar ou endurecer a suspensão;
- ❷ Permitir a oscilação do assento;
- ❸ Deslocar o assento para frente ou para trás;
- ❹ Regular a inclinação da parte frontal da almofada;
- ❺ Regular a inclinação da parte traseira da almofada;
- ❻ Regular a inclinação do encosto;
- ❼ Regular a altura do descanso para o braço ( ambos os lados)

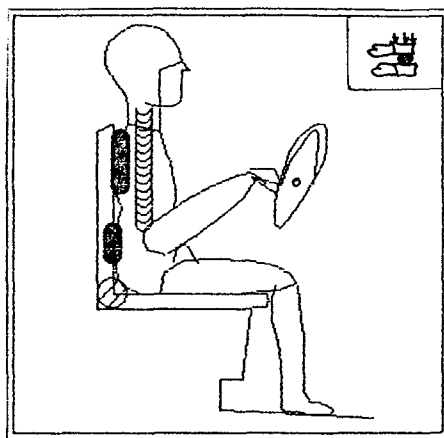
6. Para melhorar a postura do tratorista e diminuir ao máximo os problemas da coluna, propõe-se acrescentar ao assento original, Figura 10.2, dois pequenos encostos, os quais permitirão manter a coluna reta, proporcionando maior conforto e, ao mesmo tempo, diminuindo os riscos de problemas na coluna Figura 10.3.



**Figura 10.2** Tratorista com problemas na coluna pela má postura

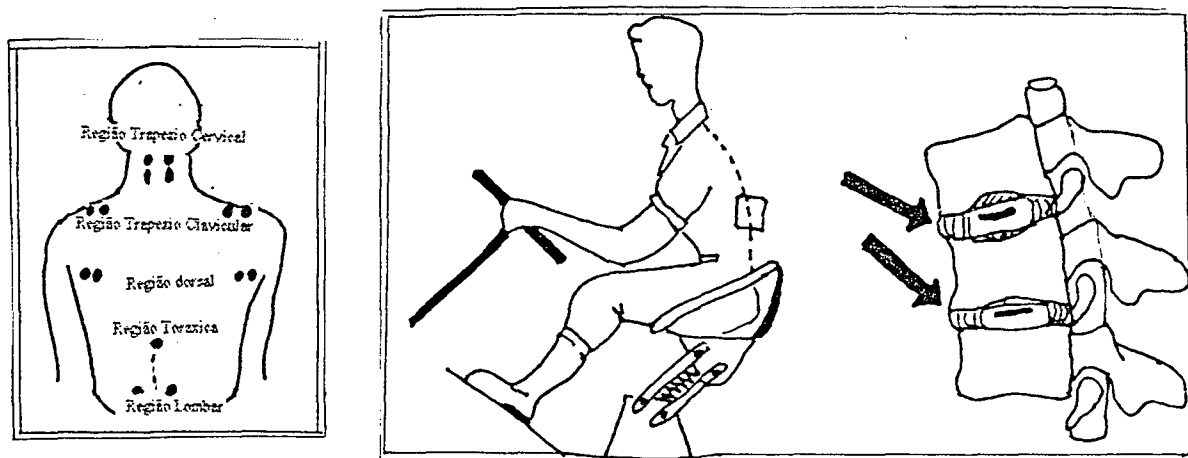
Fonte: Própria





**Figura 10.3** Encosto com duas almofadas adicionais para manter a postura da coluna reta

7. Todos os tratores devem ser dotados de encosto o qual, além de, proporcionar uma melhor postura, evita que as vibrações de alta frequência atinjam a porção da coluna vertebral (Região lombar) que tem maior solicitação do que o resto do corpo, como mostra a Figura 10.4. Mas também, é importante considerar outras regiões das costas, as quais em maior ou menor grau são também atingidas.



**Figura 10.4** Região vertebral mais atingida nos trabalhos em tratores florestais

Fonte : Própria

8. As dimensões do assento devem atender as especificadas nas Tabelas comparativas (Vide, Capítulo 4), permitindo, assim, proporcionar melhores condições de trabalho ao tratorista.

9. A largura do assento deve ser adequada à largura torácica do tratorista e, o comprimento deve ser tal que, a borda do assento fique pelo menos 2 cm afastada da parte interna da perna.

10. No posto de trabalho, como o tratorista passa horas sentado, recomenda-se colocar encosto móvel para que o tratorista possa reclinar-se para trás, periodicamente, a fim de aliviar a fadiga.
11. É aconselhável que a parte baixa do encosto seja separada da base do assento e, em alguns casos deve-se, deixar uma distância de 15 a 20 cm. entre ambos, permitindo maior liberdade de movimento ao tronco na segunda e quinta vértebras lombares. No caso do trator florestal considera-se que, este espaço poderia ser suprido por uma pequena curvatura na área mencionada;
12. Considera-se anti-ergonômica a adaptação de tratores de uso geral na atividade florestal, devido às diferenças de atividades, meio ambiente e condições físicas, bastante específicas.
13. No que diz respeito à vibração, o estudo do trator pode ser considerado como um sistema Amortecedor-massa-mola vibrando com 6 graus de liberdade. A vibração afeta de tal forma o tratorista, que ele é obrigado a adotar diferentes posturas as quais representam um risco para sua saúde. As pesquisas de Rayni (1961), Pradko (1968) e Janeway (1975) mostram que a movimentação vibracional predominante de uma roda de trator é vertical e que o tratorista sentado é mais sensível à aceleração vertical, se for considerado somente o movimento vertical, produzido na base do assento do tratorista, motivo pelo qual deve-se minimizar este tipo de vibração produzido pelas rodas.
14. Para proporcionar conforto há alguns anos atrás eram utilizados os assentos estáticos, mas este tipo de assentos não são os melhores se avaliados em relação ao conforto dinâmico.
15. Na regulação do assento com suspensão deve ser considerado o peso máximo do operador que ira operar a máquina, que é fundamental para o funcionamento ótimo da suspensão, esta deve ser de preferência independente da regulação da altura do assento. Assim, existirá regulação correta toda vez que o tratorista se sente, e possa acessar facilmente para realizar a regulagem usando o mínimo de força física, permitindo regular continuamente sem risco de estragar a regulagem.
16. Segundo a Norma NBR 9405 (jun/1986), a determinação do ponto de referência de assento (PRA) de tratores e de máquinas agrícolas autopropelidas fixa as condições para a determinação do ponto de referência de assento (PRA), em assentos projetados para operadores sentados em tratores e máquinas agrícolas autopropelidas.

### 10.3 RECOMENDAÇÕES ERGONÔMICAS RELATIVAS AOS COMANDOS E CONTROLES

Após de realizada uma análise sobre os comandos, considerando seus princípios, funções e objetivos (Vide, capítulo 5) recomenda-se para projetar ergonômicamente os comandos e os controles:

- Limitar a força máxima, a velocidade e o alcance do movimento exigido do tratorista na operação do controle;
- Instalar o mínimo de controles;
- Usar controles que exijam movimentos nos controles devem ser simples, fáceis, naturais e o mais curtos possíveis;
- Oferecer resistência ao acionamento dos comandos, a fim de impedir ações involuntárias, e ao mesmo tempo tornar leves os comandos utilizados por longos períodos.
- Instalar dispositivos auxiliares para situações onde a força necessária para acionar o comando for excessiva;
- Colocar comandos de emergência resistentes a golpes e de fácil acesso;
- Os comandos devem ter indicativos de qual a função desempenhada, assim como indicar se estão ou não ativados.
- Superfícies de controle não devem permitir deslizamento dos órgãos eferentes.
- Facilitar a identificação dos comandos, devem ser legíveis e compreensíveis
- Respeitar as cores e pictogramas padronizados;
- Respeitar as características antropométricas dos usuários;
- Alocar os comandos que requerem precisão, rapidez de acionamento nas mãos;
- Alocar aos pés comandos que requerem aplicação contínua de força; segundo as considerações da norma ISO 4253 podem-se resumir algumas características desejadas sobre os pedais :
  - Estes devem ter um bom posicionamento, a fim de evitar esforço muscular excessivo do tratorista ao acioná-los. :
  - O pedal de embreagem deverá estar a uma distância entre 7,5 a 30 cm. do plano de simetria do tratorista, estar posicionado à esquerda e permitir a operação com uma força media de  $\pm 30$  Kgf.
  - Da mesma forma que no pedal de embreagem, o pedal de freio deverá estar localizado também entre 7,5 e 30 cm. do plano de simetria do tratorista.
- Cada pé não deve possuir mais do que dois comandos;
- Instalar os comandos de pé na frente do tratorista;
- Devem ter os comandos, movimentos compatíveis com os movimentos dos tratoristas, equipamentos, componentes, ou veículo;

- Utilizar comandos de ajuste discretos quando o número de posições requeridas for limitado;
- Utilizar comandos de ajuste contínuo quando se requer precisão e quando o número de regulagens é grande, maior que 24;
- Os comandos podem ser discretos para ajuste grosseiro e contínuos para ajuste fino;
- Todos os comandos devem possuir identificação;
- Comandos que têm movimentos em duas ou três dimensões são melhores do que seriam separados e movimentando-se numa só direção;
- Em controles de velocidade, as máquinas devem ter velocidade de movimento próximo à velocidade de acionamento dos comandos.

Para o projeto ergonômico de instrumentos do painel é recomendado:

- Arranjar em grandes painéis, os botões em grupos de 3 a 5, diferenciados pelas funções, ou ter formas, tamanhos e cores diferentes para facilitar a identificação dos mesmos;
- Associar os movimentos rotacionais no sentido horário a movimentos de mostradores para cima e para a direita;
- Em movimentos de mostradores e comandos situados em planos paralelos entre si, a rotação do controle à direita tende a afastar o mostrador e vice-versa;
- Executar movimentos no mesmo sentido em mostradores e comandos;
- Deve-se arranjar os comandos com funções similares de forma que fiquem próximos um do outro, num máximo de três colunas verticais e três linhas horizontais. Se a seqüência não varia, recomenda-se chavear os comandos de forma que ao ser executado um deles somente o próximo possa ser acionado;
- Os comandos que não pertencem à seqüência devem ter códigos que o localizem;
- Os comandos devem estar dispostos de forma a permitir uma postura e posição adequada do tratorista, estando na área de atuação das mãos, braços e/ou pés.
- A disposição no espaço e a direção do movimento de acionamento deve favorecer à geração de forças e os movimentos dos órgãos eferentes;
- A disposição dos comandos deve ser tal que a movimentação do corpo seja mínima
- Padronizar os comandos quando há deslocamentos de tratoristas entre as máquinas ou pouco treinamento
- Considerar as pessoas canhotas, que em média correspondem a 10 % da população;
- Os comandos devem estar dispostos de forma que ao serem acionados não encubram o mostrador ou sinalizador de funcionamento;
- Os comandos em máquinas, veículos e equipamentos semelhantes devem obedecer a mesma forma, disposição e direção de acionamento;

- ⇒ Os controles de alta prioridade devem ser localizados nas zonas de operação de fácil acionamento, em frente do tratorista;
- ⇒ Os esforços entre mão esquerda, direita e pés devem ser divididos de acordo com as necessidades de acionamento simultâneo e variação das mãos e pé preferido.

Para comandos ergonômicos manuais recomenda-se:

- ⇒ Os braços devem move-se em direção oposta e simétrica;
- ⇒ As cargas, no trabalho com os dedos, devem ser distribuídas de acordo com a capacidade de cada dedo;
- ⇒ Utilizar uma mão em vez de duas para comandos de precisão e velocidade;
- ⇒ Para comandos de ligar/desligar utilizar botões de pressão ou interruptores. Quando a velocidade de operação é importante, usar botões de pressão, porém deve-se cuidar o espaçamento (Braley e Wallis 1959);
- ⇒ Os comandos devem ser executados em uma posição de conforto para o operário;
- ⇒ Quando há contração dos membros, o tempo de ação sobre os comandos deve ser curto;
- ⇒ A posição dos comandos não deve obstruir ações de emergência ou atuações acidentais;
- ⇒ A máxima distância dos comandos deve estar dentro do campo de ação do tratorista;
- ⇒ Forças de puxar ou empurrar são enérgicas quando os comandos estão distantes do tratorista;
- ⇒ Volantes de grande diâmetro são melhor operados quando usa-se ambas as mãos (Provins, 1955)
- ⇒ Quando grandes forças devem ser exercidas sobre o comando deve-se utilizar botões de pressão (Konzard e Day, 1966)
- ⇒ As formas e dimensões da empunhadura do comando deve ser adaptada ao órgão eferente que o utilizará ao modo de pegar ou pisar. Para o caso de acionamentos com os dedos, a superfície deve ser côncava, para acionamento com as mãos, a superfície deve ser convexa, no acionamento com os pés, a superfície deve ser plana. Os comandos múltiplos devem ter boa diferença nos diâmetros em profundidade de um em relação ao outro de sendo no mínimo de 20 mm. Por outro lado, para os pedais em que o pé esta sempre apoiado, deve-se projetar um apoio para o calcanhar...

No que se refere as recomendações ergonômicas para a direção, trajetória e resistência ao acionamento é importante:

- ⇒ Se a tarefa exigir um esforço muito grande para a operação do comando, este deve ser provido de dispositivos que auxiliem seu funcionamento, como a instalação de servo mecanismo;

- A sensibilidade dos comandos grosseiros deve ser grande e a dos comandos finos deve ser pequena;
- A resistência ao acionamento funciona também para permitir o apoio do órgão eferente sobre o comando;
- Grande inércia de comando devido a grande massa ou grande raio de giro permite que não ocorram acionamentos involuntários;
- Os comandos devem ser montados com folgas mínimas para evitar ajustes imprecisos

Segundo a norma ISO/DIN 3778 as alavancas de controle em geral, o esforço para acionamento deverá ser no máximo 13 Kgf.

A seguir, na Tabela 10.1 mostram-se as forças máximas requeridas para manobrar os comandos:

Sistema de manobra	Tipo de órgão de comando	Força necessária para manobrar o comando (N)	Sentido do esforço
Freio de serviço	Pedal	600	Empurrar
	Alavanca	400	Puxar
Freio de estacionamento	Pedal	600	Empurrar
	Alavanca	400	Puxar
Embreagem	Pedal	350	Empurrar
Embreagem de duplo efeito	Pedal	400	Empurrar
Tomada de força	Pedal	300	Empurrar
	Alavanca	200	Puxar
Sistema de condução manual	Móvel	250	Aplicada para passar da linha direita ao ângulo de curva necessário para descrever um círculo
Sistema de condução auxiliar em caso de falha	Móvel	600	Aplicada para passar da linha direita ao ângulo de curva necessário para descrever um círculo
Sistema de elevação hidráulica	Alavanca	50	Empurrar Puxar

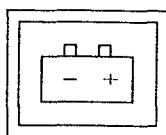
Tabela 10.1 Forças máximas para manobrar os comandos

Fonte: ISO/DIS 3778.

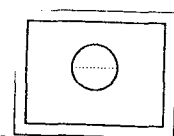
As recomendações sobre os instrumentos de leitura são:

- ☞ Os instrumentos de leitura deverão estar localizados em local de fácil visibilidade. Não é aconselhável que o tratorista necessite movimentar o corpo para proceder à leitura dos instrumentos.
- ☞ A visibilidade e iluminação nos instrumentos de leitura é muito importante, já que a visão é a fonte mais importante de informação de que dispõe o condutor. Com o aumento de tamanho dos tratores e das cabines, a observação direta do solo tornou-se mais difícil, sendo os principais obstáculos: o cano de escapamento, o filtro de ar e as molduras da cabine.
- ☞ Os símbolos ou ícones dos instrumentos de leitura devem ser padronizados, para permitir uma interfase mais natural entre o operador e o trator ( SAE J 194):

**a )Luz indicadora de carga de bateria:** é uma luz de aviso que acende quando a chave de partida está ligada e apaga quando o motor está em funcionamento, indicando que o sistema de carga da bateria está funcionando. Se a lâmpada acender com o motor funcionando, desliga-se o motor e verifica-se a causa.

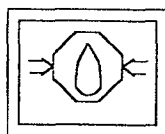


**b.)Luz indicadora de restrição do filtro de ar:** é uma luz de aviso que acende no painel indicando que o filtro de ar está obstruído. Quando a chave de partida está acionada e o motor parado, esta luz deve acender, apagando assim que o motor comece a funcionar.

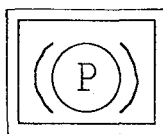


**c.)Luz indicadora de pressão de óleo da transmissão:** esta luz acende quando a chave de partida é ligada e desligada.

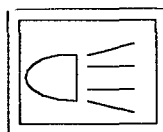
Se ela acender com o motor funcionando, o óleo da transmissão está com a pressão muito baixa, neste caso, para-se o motor e verifica-se a causa.



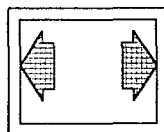
d.) **Luz indicadora do freio de mão acionado:** esta lâmpada acende avisando que o freio de mão está acionado.



e.) **Luz indicadora de luz alta:** esta lâmpada acende avisando que os faróis do trator estão com luz alta.

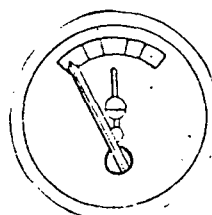


f.) **Luz indicadora de pisca-pisca ligado:** acende e apaga, intermitentemente, indicando que o pisca-pisca ou pisca alerta estão ligados.



g.) **Medidor de temperatura de água do motor:** indica a temperatura da água do sistema de arrefecimento do motor.

Na faixa verde, indica uma temperatura normal de trabalho, já na faixa vermelha indica uma temperatura muito alta. Neste caso pára-se o equipamento e procura-se identificar o problema.



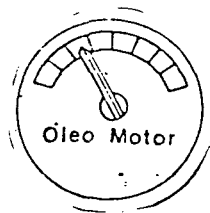
h.) **Pressão de óleo do motor:** indica a pressão do óleo lubrificante do motor.

Faixa vermelha: à esquerda: pressão insuficiente.

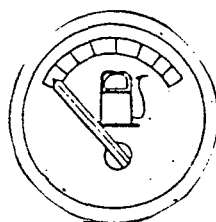
Faixa verde: pressão normal.

Faixa vermelha à direita: Pressão excessiva no sistema. Quando o ponteiro permanecer marcando na faixa vermelha com o motor em funcionamento, pára-se o motor e verifica-se a causa.



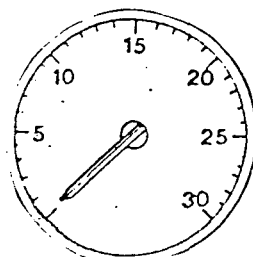


i.) **Indicador de combustível:** indica a quantidade aproximada de combustível existente no tanque.



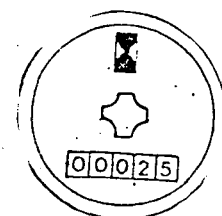
j.) **Tratômetro:** é composto de um tacômetro, indicando a rotação do motor e de um horímetro, que marca a quantidade de horas trabalhadas do trator.

k.) **Tacômetro:** Compõe-se de um ponteiro sobre escala graduada de 0 a 28, onde cada divisão equivale a 100 rpm.



l.) **Horímetro :** É composto por 6 dígitos, sendo os 4 da esquerda indicadores de horas inteiras e os 2 da direita indicadores dos minutos. O horário padrão é indicado a 1800 rpm., abaixo deste valor, o horímetro é mais lento que o relógio comum e mais rápido com uma rotação superior a 1800 rpm.

O horímetro é o dispositivo de referência para efetuar os serviços periódicos de manutenção e lubrificação, bem como todos os procedimentos baseados em horas trabalhadas do trator.



#### 10.4 RECOMENDAÇÕES ERGONÔMICAS RELATIVAS AO AMBIENTE SONORO DAS CABINES DE TRATORES DE FLORESTA

As recomendações tiveram como referência a Tabela 6.1 (Vide capítulo, 6) que indica os níveis aceitáveis atualmente em vigência. Pode ser utilizada como guia para exposição dos tratoristas ao ruído.

O melhoramento do ambiente sonoro do posto de condução do trator depende da forma de utilização deste e se for possível do isolamento sônico da cabine. Os fatores que mais influenciam são a intensidade, a distribuição de frequência e o tempo de exposição.

Os níveis de pressão sonora equivalentes definidos pela ISO como "Níveis suportáveis de ruídos" correspondem a:  $Leq = 85 \text{ dB(A)}$  e  $Leq = 90 \text{ dB(A)}$ , considerados respectivamente como nível de alerta e nível de perigo.

Esses índices consideram tanto os fatores do projeto (econômico, tecnológico) quanto a capacidade de resistência do sistema auditivo.

Pela Norma S 31-031, já a partir de 80 dB existem riscos de diminuição da capacidade auditiva, considerando-se uma frequência limitada. Alguns autores consideram que níveis menores ou iguais a 70 dB(A) não apresentam riscos auditivos.

O nível sonoro de trabalho é freqüentemente devido ao ruído de fundo causado pelo funcionamento dos aparelhos e máquinas do local, mas o ruído predominante é o do trator onde o tratorista trabalha ou dos tratores vizinhos. Para combater o ruído deve-se agir sobre: a fonte do ruído; a sua propagação direta ou indireta, aérea ou sólida (meio ou estrutura) e a proteção individual do operador, sendo esta a menos aconselhável, e só usada em último caso.

A redução dos ruídos na fonte é uma solução que, embora não seja a mais simples, é a mais eficaz e deve ter prioridade sobre a outras.

Antes de qualquer intervenção visando reduzir o ruído emitido, deve-se verificar se o funcionamento da máquina e do seus elementos está correto, isto é, boa fixação, ajuste de parafusos e um bom equilíbrio nos aparelhos rotatórios.

No que diz respeito aos isolamentos usados nos tratores para diminuir os ruídos, pode-se citar o isolamento interno, que seria o isolamento feito com borrachas ou espumas sintéticas, mas podem provocar um aquecimento caso dificultem a ventilação.

As Mudanças de tecnologias, proporcionam modificações no próprio aparelho ou máquina ou no seu modo de funcionamento, apresentando-se como outra forma de reduzir ruídos.

Algumas modificações no desempenho de certos elementos, como troca de peças retas por peças helicoidais da engrenagem, adaptação de silenciadores nos escapamentos de ar comprimido, modificações de condutores no caso de circulação de fluido, para obter um fluxo laminar e não turbulento podem também reduzir o nível de ruído.

Os ruídos podem ser provocados pelo funcionamento direto da máquina, mas também por vibrações de certas partes da máquina.

Enfim, é preciso verificar se numa operação ruidosa pode-se encontrar soluções mais simples considerando o trator utilizado, ou seja, pela melhoria da qualidade de moldagem das peças, por meio de um acabamento melhor.

Outro fator importante na redução do ruído é a diminuição, da transmissão de ruído por via sólida, pela estrutura, já que como mencionou-se, o ruído é também transmitido pela vibração de paredes, divisórias, e o piso.

É preciso, portanto, eliminar a transmissão dessas vibrações modificando a fixação das máquinas com a utilização de :

- ❶ Pés anti-vibratórios, onde a frequência de corte deve ser adaptada à gama vibratória a ser eliminada. Para tipos de pés que estão sendo utilizados, devem ser feitas observações quanto a sua flexibilidade, a fim de evitar deslocamento do trator quando em funcionamento;
- ❷ Pranchas intermediárias;
- ❸ Fundações independentes.

O escapamento também é um elemento importante a ser analisado para redução do ruído no trator, onde, o tamanho e o tipo do trator, o sistema de escapamento, o silencioso, bem como as variações topográficas do terreno, influem no aumento do nível de ruído.

Um ponto importante, que não pode ser deixado de lado, consiste na classificação dos ruídos, buscando-se a eliminação daqueles que não proporcionam nenhuma informação e deixando aqueles que contribuem com o desenvolvimento da tarefa pela emissão de sinais, que dão segurança ao tratorista.

É importante lembrar que a **Ergonomia de correção** é uma técnica bastante dispendiosa e que apresenta dificuldades para tentar minimizar as causas que poderiam ter sido consideradas na etapa do projeto.

As medidas de combate ao ruído podem ser analisadas sobre três aspectos: a diminuição de ruído na fonte, a diminuição de sua propagação e a proteção pessoal contra o mesmo.

Os protetores auditivos são recomendados em último caso, quando exista um alto risco para o trabalhador e não possa ser possível uma reprojeção a curto prazo.

## 10.5 RECOMENDAÇÕES ERGONÔMICAS RELATIVAS AO AMBIENTE VIBRATÓRIO DAS CABINES DE TRATORES DE FLORESTA

No que diz respeito ao ambiente vibratório e depois de ter realizado um estudo dos efeitos que as vibrações ocasionam no organismo do operador (Vide, Capítulo 7) serão oferecidas recomendações para diminuir as vibrações dentro da cabine:

O assento do condutor é o item mais importante dos elementos de ligação entre homem e a máquina, deve proteger o homem contra suas vibrações e efeitos e também assegurar-lhe uma posição confortável, conforme as exigências de seu trabalho.

Na fase de projeto do trator e, em particular do assento, devem ser analisadas formas de reduzir as vibrações ao mínimo, por meio do uso de suspensões adequadas para absorvê-las, que permita ao operador adotar uma boa postura e sentir-se confortável, com um mínimo de esforço.

Com o passar do tempo, as vibrações provocam fadigas no ser humano, podendo provocar efeitos prejudiciais ao sistema nervoso simpático, bem como, causar lesões nas articulações e produzir artroses.

Pode-se diminuir a incidência da vibração sobre o condutor adotando medidas técnicas apropriadas. Estas devem prever as características da mola e/ou dos amortecedores de suspensão do assento, que devem ser adaptáveis ao comportamento do trator ou da máquina durante a condução.

Para proteger o condutor contra os efeitos de vibrações do veículo, deve-se procurar equilibrar as diversas vibrações do veículo. Para que a posição seja confortável e atenda às exigências do trabalho, o condutor deve ter meios de regular a altura da parte posterior e a inclinação do assento.

A margem de vibração do assento deve considerar as dimensões da cabine, caso contrário, os operadores de elevada altura sentirão mais as vibrações. A margem de vibração deve ser calculada em função da zona de prevenção funcional. De maneira geral, devem-se prevenir os riscos de traumatismo por vibrações.

Com relação à direção de exposição privilegiada, de maneira geral, pode-se notar predominância de vibração no eixo vertical para os veículos que efetuam uma ação de rolamento (tratores agrícolas). Esta constatação justifica a predominância de assentos providos com suspensão vertical.

No caso de tratores pneumáticos, os movimentos são maiores e são percebidos pelo condutor como os movimentos lineares dianteiros, traseiros e laterais onde a combinação pode-se tornar mais geral que a componente vertical.

Outra recomendação é dotar o assento de amortecimentos especiais para este tipo de veículo, pois devido à vibração que afeta ao operador; ele toma posturas diferentes, que representam um risco para sua saúde. Há 20 anos fizeram-se estudos para encontrar a melhor

forma de localização do assento. De início só se pensava em proporcionar conforto estático, mas este tipo de assento não são os melhores, se avaliados em relação ao conforto dinâmico.

Os estudos foram baseados em características da suspensão do assento de que deveria ser dotada a cabine. Depois, surgiram normas com base nos estudos realizados. Estas são:

- ☛ Para os tratores agrícolas, a experiência de homologação do assento são registrados depois de 1978, pela norma Europeia L 255
- ☛ Para os tratores e máquinas automotoras, 2 códigos de pesquisa estão atualmente em preparação, segundo as prescrições contidas na norma metodológica AFNOR E 90-451 [XI].

No que diz respeito à regulação do assento o peso é fundamental para o funcionamento ótimo da suspensão, a regulação do peso deve ser, de preferência, independente da regulação da altura do assento. Assim, existirá regulação correta cada vez que o operador se senta, mas às vezes acontece que:

- ☛ A regulação não é sempre facilmente acessível;
- ☛ A sua utilização exige cada vez uma força física maior;
- ☛ Ela não funciona mais.

Na prática, a suspensão do assento é raramente ou nunca, ajustada pelos operadores de tratores.

Para evitar inconveniências, ao introduzir a suspensão no assento, já que nos tratores existem algumas dificuldades, a suspensão deve ser adequada e ter uma espessura estimada de 20 centímetros entre a base do assento e a placa de fixação do veículo.

Existem várias formas de reduzir as vibrações no assento, uma delas é fornecer assentos de molas não rígidas, que tenham certo grau de movimento, utilizando também um almofadão especial para amortecimento. A utilização deste almofadão dispensa a de assento com molas macias.

Outra forma de reduzir as vibrações é colocar uma manivela ou equipar os motores de um pistão único com um contra-pistão, para equilibrar a carga dos mesmos.

### 10.6 RECOMENDAÇÕES ERGONÔMICAS RELATIVAS AO AMBIENTE TÉRMICO DAS CABINES DE TRATORES DE FLORESTA

Dentro dos fatores analisados, um dos que influencia mais no conforto é a temperatura (Vide, capítulo 8), as recomendações propostas são as seguintes:

O anexo A da norma ISO 7730-1984, define os requisitos de conforto recomendados para a atividade desenvolvida pelo tratorista ( $165 \text{ w/m}^2 = 142 \text{ Kcal/ h} \cdot \text{m}^2$ ) Tabela 10.2

	Inverno RTV = 1 Clo	Verão RTV = 0,5 Clo
Temperatura de Operação (Fig. 8.7)	Entre 20°C e 24°C ( $22^\circ \pm 2^\circ \text{C}$ )	Entre 23°C e 26°C ( $24,5^\circ \text{C} \pm 1,5^\circ \text{C}$ )
Gradiente de temperatura vertical entre: 1,1 m e 0,1 m	Deve ser menor que 3°C	Deve ser menor que 3°C
Velocidade Média do ar	Deve ser menor que 0.15 m/s	Deve ser menor que 0,25 m/s

Tabela 10.2 Requisitos de conforto recomendado

Fonte: ISO 7730-1984

No que diz respeito às recomendações sobre o PPD (Voto médio estimado) e o PMV (Porcentagem de insatisfeitos), considera-se o seguinte, segundo a Figura 10.5, abaixo.

- ☉ PPD < 10 %
- ☉  $-0,5 < \text{PMV} < +0,5$

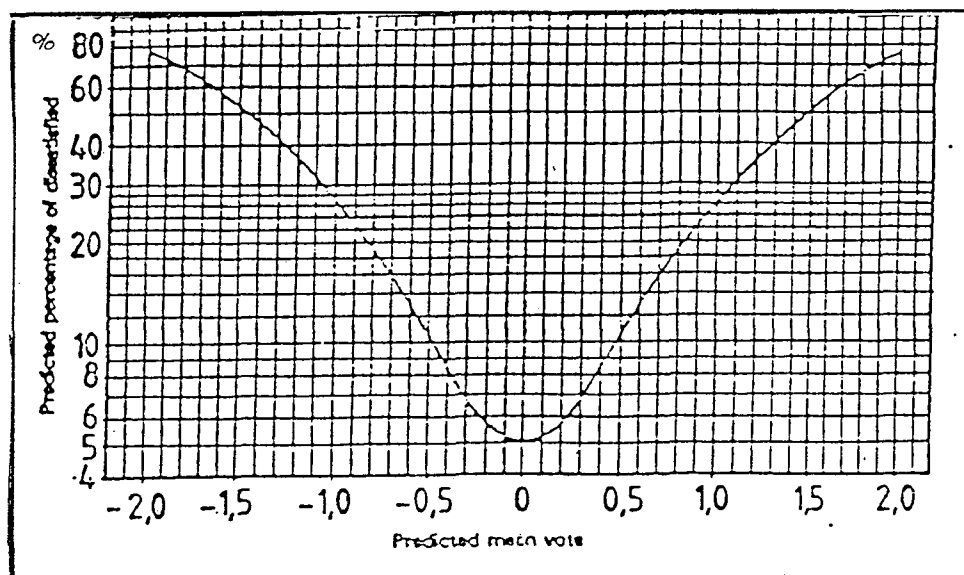


Figura 10.5 PPD em função do PMV

## 10.7 RECOMENDAÇÕES ERGONÔMICAS RELATIVAS ÀS CONDIÇÕES DO AMBIENTE LUMÍNICO

Finalmente são realizadas recomendações para melhorar o ambiente lumínico que como foi observado tem um papel importante no desenvolvimento das atividades do operador (Vide, capítulo 9) :

- ☞ A iluminação natural ou solar, apesar de sua ação bactericida, apresenta inconvenientes ao meio do trabalho, porque a intensidade da luz solar direta é perturbadora da visão, pois provoca ofuscamento e sombra. A luz solar pode ser transformada em difusa utilizando vidros opacos ou materiais plásticos transparentes e translúcidos nas janelas. Outro aspecto importante é que, ainda que a luz natural tenha a vantagem de conservar as cores tem o inconveniente de ser variável ( estação, hora do dia, existência de nuvens, etc. Outras observações podem ser feitas:
- ☞ A iluminação dos postos de trabalho deve ser cuidadosamente planejada desde as etapas iniciais de projeto.
- ☞ Sempre que for possível deve-se evitar que a iluminação natural incida diretamente sobre as superfícies claras ou envidraçadas.
- ☞ A distância da janela ao assento do tratorista não deve ser superior ao dobro da altura da janela, para o aproveitamento da luz natural.
- ☞ Para reduzir o ofuscamento deve-se utilizar vários focos de luz, aumentar o nível de iluminação ambiental em torno da fonte de ofuscamento, para diminuir o brilho e evitar as superfícies refletoras, substituindo-as pelas superfícies difusas.
- ☞ O nível de iluminação é função das dimensões dos detalhes, a serem percebidos. Para uma distância de visão de 30 cm, as dimensões expressas em unidades angulares para o tipo de tarefa do tratorista vão de 30 a 120 graus. Em geral, quanto mais elevado for o nível de iluminação, mais favorecida será a percepção.
- ☞ No que diz respeito ao contraste, pode-se afirmar que quanto maior o contraste, menos elevada é a iluminação necessária. O problema do contraste é particularmente importante. Com bastante frequência, os tratoristas queixaram-se de iluminações demasiado fortes, mas isto é por que os contrastes demasiadamente violentos (vermelho, amarelo claro) provocam ofuscamento, quando zonas muito iluminadas ou muito refletoras situam-se próximas a zonas escuras.
- ☞ Cores claras nas paredes, tetos e outras superfícies, reduz a absorção da luz.

## CONCLUSÕES

O desenvolvimento deste estudo mostrou, a possibilidade de concepção de novas situações de trabalho para o tratorista a partir de mudanças tanto no redimensionamento do posto quanto do melhoramento das condições ambientais dentro da cabine.

A metodologia utilizada permitiu a partir da análise da demanda ter um primeiro contato com o trabalho florestal, desta forma obteve-se uma idéia geral do processo da atividade e dos pontos que poderiam ser melhorados. Na análise da tarefa foram obtidas as informações das etapas do processo de trabalho florestal, através de manuais de operação e dos manuais do usuário, que estabelecem as instruções para o desenvolvimento das diferentes tarefas prescritas ao tratorista, na sua jornada de trabalho. Posteriormente, na análise da atividade realizada na pesquisa de campo, foi possível um contato mais direto com o operador florestal realizando um acompanhamento das operações, podendo-se desta forma vivenciar o desenvolvimento do seu trabalho, e registrando-se as seqüências e descrições de todos os pontos, por meio de filmagens, fotos e entrevistas com o tratoristas. As informações obtidas nesta etapa foram de grande importância para comparar as instruções encontradas nos manuais com a realidade do processo de trabalho, e constatar que existe uma diferença entre a tarefa prescrita e a realizada.

Outro objetivo da pesquisa de campo foi obter dados das dimensões reais do posto, medidas antropométricas da população da área florestal e o levantamento de dados referentes aos fatores ambientais no posto.

Com as informações coletadas foi possível realizar uma avaliação global da cabine, analisando desta forma aqueles aspectos considerados de maior importância. Quanto ao posto de trabalho, pode-se concluir que este não atendia aos requisitos estabelecidos pelas normas, e a distribuição dos seus elementos (assento, comandos e controles) eram precária, não considerando o operador, o qual devia adaptar-se ao posto e não o posto adaptar-se às suas necessidades, contrariando assim os princípios da Ergonomia.



Como consequência da má concepção do posto o operador obriga-se a adotar posições inadequadas, que com o tempo afeta a sua saúde e provoca demora na realização de uma determinada operação. As dimensões do posto são reduzidas em sua maioria, e estão fora das especificadas, devido a esta falta de espaço, na cabine, o operador passa a concluir sua tarefa o mais rápido possível, para se libertar daquela situação que o faz sentir-se preso, o que reforça a hipótese da necessidade da utilização das medidas antropométricas nos projetos, evitando assim o desconforto

No que diz respeito aos elementos que constituem a cabine, pode-se concluir que o assento por ser o elemento fundamental, ou pivô do posto deveria atender as exigências físicas e biomecânicas do operador, o que não foi respeitado, conforme a pesquisa de campo, já que todas as situações levantadas apresentavam assentos os quais eram mais cadeiras estáticas com nenhuma ou muito pouca mobilidade, desprovidas de elementos de suspensão e que formavam um elemento só, junto com a estrutura, fazendo com que as vibrações de alta frequência atinjam, principalmente, a coluna vertebral do operador e, as de baixa frequência no sentido vertical, causarem efeito de ressonância nos demais órgãos do operador.

Da mesma forma, os comandos e controles que são considerados o segundo elemento em importância depois do assento, apresentavam um mau funcionamento e desgaste pelo tempo de uso. Na grande maioria dos tratores observados, funcionavam simplesmente os comandos mais imprescindíveis. No que se refere ao acondicionamento dos instrumentos de leitura, observou-se que estes foram alocados na frente do operador, mas encobertos pelo volante, fazendo com que os operadores utilizassem poucas vezes as informações destes instrumentos. Os pedais encontravam-se dispostos muito perto uns dos outros, o que aumentava a incidência de erros devido ao mal acionamento. Outro fator importante, que foi observado no levantamento dos comandos, era que eles não respeitavam os estereótipos existentes.

Pelo que foi levantado sobre os fatores ambientais pode-se afirmar que as influências negativas destes fatores afeta não somente ao desempenho na atividade do operador, mas também o afeta psicofisiologicamente. Tendo em vista que estes fatores não atuam de forma isolada dentro do posto, eles formam um conjunto, onde por exemplo, a vibração da máquina incrementa os níveis de ruído, da mesma maneira que ocorrência simultânea de altos níveis de pressão sonora com vibrações de alta frequência, temperaturas elevadas e uma iluminação deficiente, ocasiona traumas violentos no operador, causando o estresse nervoso, obrigando os trabalhadores a mudar de campo de trabalho.

Não se pode esquecer o lado social do operador. De fato, ele é parte de uma família, a qual acaba também sendo afetada, de forma indireta, pelas condições de vida precárias enfrentadas pelo operador nas florestas.

Assim, o estudo ergonômico do trabalho florestal permitiu realizar um caderno de encargos com as recomendações ergonômicas para cada um dos aspectos que foram avaliados. Estas recomendações permitiram confirmar a hipótese de que levando-se em conta a ergonomia para as modificações dos futuros projetos, pode-se proporcionar ao operador melhores condições de trabalho e, conseqüentemente, aumentar sua produtividade.

Outra questão a ser colocada é que, embora o estudo tenha se baseado em uma situação de referência real, as questões relativas ao projeto da cabine foram hipotéticas, e serão comprovadas na aplicação das recomendações no projeto por parte da empresa que demandou o estudo (Iochppe Maxion).

Recomenda-se para futuros trabalhos na área de ergonomia, um estudo mais específico da cabine do trator florestal nos seguintes aspectos:

- **Análise cognitiva do trabalho no setor florestal**, visando as situações de informações materiais e informações simbólicas, tanto gerais como específicas, para posteriormente realizar as representações dessas situações, o raciocínio ( Epistêmicos e pragmáticos) e o conhecimento, que permitem a construção do conhecimento, em termos de memorização das ações, separando-as em atividades automatizadas, não automatizadas e de resolução de problema, para que, finalmente, possa o operador de trator ter uma seqüência das ações e uma avaliação de como desenvolver uma determinada tarefa.

- **Análise da organização do trabalho florestal**, representando como é organizado o trabalho no setor florestal, as relações existentes dentro das diferentes categorias de trabalhadores, o sistema de desenvolvimento do trabalho e, finalmente, a forma de vida que o tratorista e a sua família leva dentro dos acampamentos tendo em vista que, na pesquisa de campo, foi observado que a qualidade de vida oferecida a estes trabalhadores não é adequada para um ser humano.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGER, B.** Design of work systems in forestry. In: I UFRO World Congress, XVII. Ibaraki, I UFRO, 1981 p. 362-376
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** Rio de Janeiro. Iluminação: NBR 5461. Rio de Janeiro 1980.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** Rio de Janeiro. Iluminância de Interiores: NBR 5413. 1982
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** Rio de Janeiro. Verificação de Iluminância de Interiores: NBR 5382. 1985
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** Níveis de Ruído Acústico: NBR 10152 Rio de Janeiro, 1987. p. 7
- ANAIS.** 2º Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. Florianópolis, março de 1993.
- AXELSON, A.** Heat stress in forest work-an attempt to evaluate the physical work capacity of forest works as influenced by a hot climate. Roma, FAO, 1974. p 70
- BALASTREIRE, L.** A prevenção de acidentes com tratores agrícolas. Revista Brasileira de saúde ocupacional, nº 28 vol.7 1982
- BOLET BAEZA, A.** Avaliação ergonômica de uma cabine para colhedora de cana-de-açúcar. Revista Brasileira de saúde ocupacional, nº 72 vol. 17 1991
- CAMPANA, C.** Insalubridade residual por ruído em tratores cabinados. Revista Brasileira de saúde ocupacional, nº 47 vol. 12 1984

**CASEY, S. KISO, J.** The acceptability of control locations and related features in agricultural tractor cabs Santa Barbara California. 1990.

**COMISSÃO ECONOMICA EUROPEIA,** Apectos na Concepção de Tratores. **AGRI-MECH** n° 71, M. S.J. Flot, Noruega.

**DONATI P. et BOULANGER P.** Le choix D'un sieege suspendu pour véhicules indutriels et agricoles. n° 32 novembre-décembre 1987

**EVANS, John Martin.** Diseño Arquitectónico y Confort. Curo ministrado no 2° Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. Florianópolis, março de 1993.

**FARIA, N.** Organização do trabalho, Ed. Atlas, São Paulo 1984 p. 82-192

**FERREIRA, L.** Conhecer a diveridade e trabalhar com a flexibilidade: um desafio para a ergonomia. Revista Brasileira de saúde ocupacional, n° 71 vol. 18 1990.

**GERGES, Samir N. Y.** Ruído: Fundamentos e controle. Florianópolis, 1992

**GOUPILLON, J. LANGLE J.** Le poste de conduite du tracteur agricole de demain. 1991

**GRANDJEAN E.,** Sitting Posture, Sitzhaltung posture Assise, London 1976

**IDA, Itiro.** Ergonomia: Projeto e Produção. São Paulo: Editora Edgar Bucher Ltda, 1990.

**INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION.** Moderate Thermal Environments - Determination of the PMV and PPD indices and pecification of the conditions for thermal confort, 1984. (ISO 7730-1984)

**INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION.** Thermal Enviroment - Instrument and methods for measuring physical quantities, 1985 (ISO 7726-1985).

**INSTITUTO DE PEQUISAS TECNOLOGICAS** Segurança e Ergonomia em Maquinaria Agrícola São Paulo 1987.

**INT- Instituto Nacional de Tecnologia,** Unidade de programção de desenvolvimento Industrial. Chefe Responsável: Diva Maria Rires Ferreira Gouçalves de Araujo.

**JAHNS G. et THOME F.J.** L'Ergonomie dan le Machinisme Agricole, n° 322. Genève, novembre 1984.

**LILJEEDAH, J. CARLETON W. TURNQUIST P, SMITH D.** Tractors and their power units (third edition). Lafayette, Indiana 1979.

**MACHADO, C.C. & SOUZA, A.P.** Exploração florestal I- Parte. Viçosa, Imprensa Universitária, 1981. p. 48

**MANUAL DO OPERADOR, MAXION.** 2º Edição - Junho 1990

**MANUAL DO OPERADOR, MASSEY PERKINS.** 5º Edição 1990

**MARQUIE, J.** Regulation et charge de travail dans l' exploitation agricole: Approche comportementale des conditions de travail des éleveurs de Bredis lactieres du Sud-Aveyron. Devant l'Univerite Paul Salvatier de Toulouse (ciences).

**OSANI, A.M. & WARD, D.M.** Problem of forest ergonomics in tropical countries. Nigeria Forestry Bulletin n° 21, Federal Department of Forestry, 1972. p.38

**PALMER, C.** Ergonomia, Ed. Fundação Getulio Vargas. Rio de Janeiro 1976. p. 25-150

**PANERO, Julius, ZELNIK, Martin.** Las dimensiones Humanas en los Espacios Interiores. México: Ediciones G. Gili. S.A. 1984

**SCHNEIDER, R.** Tractor seat and steering control turn to face work. Magazine Hydraulics & Pneumatics 1989.

**SEE N., NICOURT C.** La Tranformation Ergonomique de L'Outil en Agriculture. Paris, Equipe de Recherche sur L'Amélioration des Conditions de Travail en Agriculture. septembre 1980.

**SERRANO, Ricardo da Costa.** Novo Equipamento de Medições Antropométrica. Ed. Rev. São Paulo. FUNDACENTRO. 1987.

**TRAN NGOC D., BOULANGER P. et DONATI P.** Les sièges à suspension pneumatique. Bulletin technique du machiname et de l'equipament agricoles, 1991

**VERDUSEN, R.** Ergonomia: a racionalização humanizada do trabalho. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1978. p. 161

**WENCL, J.** Basic principle of Ergonomics. In: Technical report of FAO/ Austria Training Course on forests roads and harvesting in mountainous forest. Roma, FAO 1975 p. 85-90

**WENCL, J.** Basic principle of Ergonomics. In: Logging of mountains forests - FAO Forestry Paper. Rome, FAO, 1982. p. 239-252

ZAMBERLAN, M. Limites de Forças de acionamento de pedais em tratores Agrícolas.  
COPPE-UFRJ (Mestrado em engenharia de Produção) março 1987

ZIMMERMAN, M., Embalando o Operador Humano. Machine Design. October 12, 1978.

**ANEXO**

