

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**ANÁLISE DOS RISCOS FÍSICOS E ERGONÔMICOS EM ROÇADORA
TRANSVERSAL MOTORIZADA**

JOSÉ ANTONIO POLETTO FILHO
Engenheiro Mecânico e de Segurança do Trabalho

Orientador Prof. Dr. João Eduardo Guarnetti dos Santos

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor em
Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU - SP
Agosto – 2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

P765a Poletto Filho, José Antonio, 1959-
Análise dos riscos físicos ergonômico em roçadora transversal motorizada / José Antonio Poletto Filho.-
Botucatu: [s.n.], 2013
xii, 148 f.: il., color., grafs., tabs.

Tese (Doutorado)- Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2013
Orientador: João Eduardo Guarnetti dos Santos
Inclui bibliografia

1. Ergonomia. 2. Ruído - Análise. 3. Máquinas - ferramenta - Vibração. I. Santos, João Eduardo Guarnetti dos. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônomicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

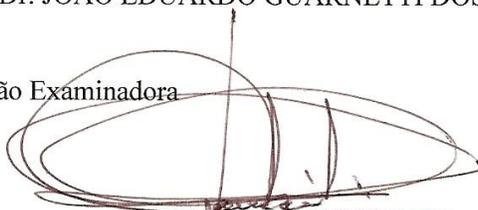
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “ANÁLISE DOS RISCOS FÍSICOS E ERGONÔMICOS EM ROÇADORA
TRANSVERSAL MOTORIZADA

ALUNO: JOSÉ ANTONIO POLETTI FILHO

ORIENTADOR: Prof. Dr. JOAO EDUARDO GUARNETTI DOS SANTOS

Aprovado pela Comissão Examinadora



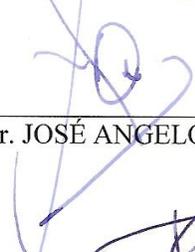
Prof. Dr. JOAO EDUARDO GUARNETTI DOS SANTOS



Prof. Dr. KLÉBER PEREIRA LANÇAS



Prof. Dr. CELSO LUIZ DA SILVA



Prof. Dr. JOSÉ ANGELO CAGNON



Prof. Dr. JAIR ROSAS DA SILVA

Data da Realização: 16 de agosto de 2013.

Em memória de José Antonio Poletto
Meu Pai

AGRADECIMENTO

À Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA-UNESP), campus de Botucatu e à Coordenadoria do programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Energia na Agricultura, pela oportunidade concedida e em especial ao Professor Doutor João Eduardo Guarnetti dos Santos pela orientação, apoio e dedicação durante esta jornada.

SUMÁRIO

1.	RESUMO	1
2.	SUMMARY	3
3	INTRODUÇÃO	5
4.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	8
4.1	Máquinas agrícolas	11
4.2	Motores de combustão interna.....	12
4.2.1	Motor dois tempos.....	13
4.3	Acidentes e riscos	14
4.3.1	Vibração	16
4.3.2	Ruído	29
4.3.2.1	Legislação.....	38
4.3.2.2	Efeito do som sobre o trabalhador.....	39
4.3.2.3	Ruído causado por motores a combustão interna	44
4.3.2.4	Controle de ruído.....	47
4.3.3	Exposição a agentes químicos.....	57
4.3.4	Trabalho a céu aberto	57
4.3.5	Exposição ao calor	58
4.3.6	Aspectos ergonômicos.....	61
4.4	Aspectos estatísticos	69
5	MATERIAL E MÉTODOS	72
5.1	Ambiente analisado.....	72
5.2	Colaboradores	73
5.3	Reconhecimento das equipes	73
5.4	Avaliações ambientais	74
5.5	Avaliações ergonômicas	74
5.6	Roçadoras analisadas	75
5.7	Poliamidas.....	77
5.8	Manta Geotextil	77
5.9	Instrumento de avaliação ambiental.....	77
5.10	Métodos.....	80
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	86
6.1	Análise da tarefa	86
6.2	Organização do trabalho	87

6.3	Avaliação das roçadoras quanto aos riscos físicos: ruído e vibração	87
6.4	Proposta para mitigar o risco físico ruído	95
6.5	Vibração	106
6.6	Exposição ao calor	108
6.7	Análise da atividade	112
6.7.1	Questionário Nórdico musculoesquelético.....	113
6.7.2	EWA – Ergonomic Workplace Analysis	114
7	CONCLUSÃO	117
8	REFERÊNCIAS	119

LISTAS DE TABELA**Página**

Tabela 1: Relação entre a frequência e o efeito no trabalhador.....	18
Tabela 2: Relação entre a frequência vibracional e o efeito de ressonância no corpo humano	20
Tabela 3: Vibração em ferramentas motorizadas portáteis (m/s^2).....	21
Tabela 4: Limites para exposição da mão – TLV.....	23
Tabela 5: Magnitude da aceleração da vibração ponderada em frequência (m/s^2)	23
Tabela 6: Limites propostos por Pelmeier e Leong.	24
Tabela 7: Sistema de classificação do encontro de Estocolmo para dedos brancos.....	27
Tabela 8: Sintomas e frequências de vibração.	28
Tabela 9: Faixas de frequências.....	32
Tabela 10: Filtros de compensação	36
Tabela 11: Frequências centrais e os limites superior e inferior.	38
Tabela 12: Exposição ao ruído, resumida.....	39
Tabela 13: Exposição ao ruído segundo ISO e OSHA, resumida.	39
Tabela 14: Correção do nível de potência sonora irradiado pela exaustão dos motores.	45
Tabela 15: Atenuação da potência sonora pela incorporação de silenciadores	46
Tabela 16: Fator de correlação – ruído no bloco.....	46
Tabela 17: Nível sonoro em bandas de oitavas.	47
Tabela 18: Regime de Trabalho x Tipo de Atividade - quadro 1da NR 15.....	60
Tabela 19: Metabolismo por tipo de Atividade – NR 15.	61
Tabela 20: Taxa Metabólica por tipo de atividade	62
Tabela 21: Distribuição dos trabalhadores nas equipes de trabalho.....	74
Tabela 22: Tarefas prescritas para cada integrante da equipe.	75
Tabela 23: Pontuação objetiva.....	84
Tabela 24: Resultados das médias dos níveis sonoros encontrados – Ruído Instantâneo.....	90
Tabela 25: Desvio padrão para fabricante A – 2,54 kW.	91
Tabela 26: Desvio padrão para fabricante B – 1,64 kW e 2,00 kW.	91

Tabela 27: Desvio padrão para fabricante C – 1,19kW.....	92
Tabela 28: Desvio padrão.....	93
Tabela 29: Níveis em bandas de oitavas emitidos pela exaustão.	96
Tabela 30: Perda de transmissão para as demais frequências	98
Tabela 31: Coeficiente de absorção acústica da manta Geotextil.	99
Tabela 32: Perda de transmissão para as demais frequências	100
Tabela 33: Valor por banda de oitava.....	101
Tabela 34: Pressão sonora por banda de oitava após a instalação do silencioso.....	103
Tabela 35: Resultados das acelerações encontradas.....	106
Tabela 36: Temperatura IBUTG.....	109
Tabela 37: IBUTG diário.....	111
Tabela 38: Desconforto informado pelos trabalhadores.....	114
Tabela 39: Resultado da avaliação EWA.	115
Tabela 40: Avaliação objetiva – realizada pelo avaliador.....	136
Tabela 41: Avaliação da atividade física geral.....	137
Tabela 42: Classificação do levantamento.	138
Tabela 43: Classificação das posturas de trabalho e movimento – pescoço e ombro	139
Tabela 44: Risco de acidente	141
Tabela 45: Gravidade do acidente	142
Tabela 46: Severidade do acidente	142
Tabela 47: Risco e severidade	142
Tabela 48: Conteúdo do trabalho	143
Tabela 49: Restrições no trabalho	143
Tabela 50: Comunicação entre trabalhadores e contatos pessoais	144
Tabela 51: Tomada de decisão	144
Tabela 52: Repetitividade do trabalho.....	145
Tabela 53: Duração do estado de alerta (atenção) em relação ao ciclo total.....	145
Tabela 54: Demanda por atenção	146

Tabela 55: Iluminação	146
Tabela 56: Valores de referência para velocidade do ar e umidade relativa	147
Tabela 57: Ambiente térmico	147
Tabela 58: Ruído	148

LISTAS DE FIGURAS

Página

Figura 1: Roçadora transversal motorizada.....	11
Figura 2: Desenho esquemático do motor dois tempos.....	14
Figura 3: Ponte Tacoma Narrows.....	17
Figura 4: Frequência natural do corpo humano.....	19
Figura 5: Efeito da vibração sobre a saúde do trabalhador.....	22
Figura 6: Doenças causadas pela vibração sobre as mãos.....	25
Figura 7: Estimativa do surgimento da “síndrome de mão branca”.....	27
Figura 8: Sistema de coordenadas para a mão – eixos de medição.....	28
Figura 9: Intensidade Sonora na superfície de esfera.....	34
Figura 10: Ação do som sobre o trabalhador.....	42
Figura 11: Sistema auditivo humano.....	43
Figura 12: Processamento do som nos seres humanos.....	44
Figura 13: Reflexão do som.....	48
Figura 14: Transmissão do som através de um material absorvente.....	49
Figura 15: Silenciador reativo para motores de combustão interna.....	52
Figura 16: Relação entre as câmaras no atenuador.....	53
Figura 17: Silenciados tipo "Plenum".....	54
Figura 18: Silenciadores resistivos.....	56
Figura 19: Silenciadores combinados.....	56
Figura 20: Curvas típicas de atenuação (Resistivo, Reativo e combinado).....	57
Figura 21: Determinantes do trabalhador e da empresa.....	66
Figura 22: Média e desvio padrão.....	71
Figura 23: Equipe de trabalhadores utilizando a roçadora transversal motorizada.....	73
Figura 24: Conjunto motor, tanque de combustível e admissão de ar.....	76
Figura 25: Equipamento sem o tanque de combustível filtro de ar.....	76
Figura 26: Medidor de pressão sonora, modelo MS 6701 – Mastech.....	78
Figura 27: Medidor integrador de uso pessoal.....	78
Figura 28: Analisador de bandas de oitavas.....	79
Figura 29: Medidor de vibração e tacômetro COM RS 232.....	79

Figura 30: Equipamento utilizado para avaliar exposição ao calor: IBUTG.	80
Figura 31: Local das avaliações segundo NBR 9999.	81
Figura 32: Localização dos acelerômetros nos equipamentos.....	82
Figura 33: Equipe de trabalhadores exercendo a sua atividade na rodovia.....	86
Figura 34: Nível sonoro instantâneo do equipamento do fabricante A, equipamentos 1 e 2	89
Figura 35: Dosimetria de ruído.....	94
Figura 36: Pressão sonora por banda de oitava – equipamento “E”.....	94
Figura 37: Escapamento original.....	96
Figura 38: Silencioso a ser instalado – dimensões em m.	97
Figura 39: Plenum – dimensões em m.	99
Figura 40: Desenho esquemático do protótipo do silencioso, dimensões em m.	101
Figura 41: Technyl, fez a separação das três câmaras.....	102
Figura 42: Polímero com os orifícios e antecâmara revestida com material fonoabsorvente.	102
Figura 43: Tubos de PVC para construção do corpo do silencioso.....	102
Figura 44: Protótipo do terceiro tipo de silencioso.	103
Figura 45 : Níveis de pressão sonora por banda de oitava	104
Figura 46: Resultados comparativos dos componentes de vibração.	107
Figura 47: Resultado do IBUTG durante dezoito meses nos anos de 2011 e 2012	110
Figura 48: IBUTG x IBUTG max	112

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
AET	Análise Ergonômica do Trabalho
ANSI	American Standards Institute
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
D	Distância entre a entrada e a saída
dB (A)	Decibel, escala A
EWA	Ergonomic Workplace Analysis
Hz	Hertz
IBUTG	Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo [$^{\circ}\text{C}$]
IBUTG _{máx}	Índice Bulbo Úmido Termômetro Globo máximo [$^{\circ}\text{C}$]
IEC	International Electrotechnical Commission
T _{bn}	Temperatura de Bulbo Úmido Natural [$^{\circ}\text{C}$]
T _g	Temperatura de Globo [$^{\circ}\text{C}$]
T _{bs}	Temperatura Bulbo Seco [$^{\circ}\text{C}$]
ISO	International Organization for Standardization
kcal/h	Quilocaloria por hora
kcal/h	Quilocaloria por hora
kg/m ²	Quilogramas por metro quadrado
L _{eq}	Nível sonoro equivalente
L _p	Nível de Pressão Sonora
m/s ²	Metros por segundo ao quadrado
NBR	Norma brasileira da ABNT
NHO	Norma de Higiene Ocupacional da Fundacentro
NIOSH	National Institute of Occupational Safety & Health
NR	Norma Regulamentadora
OIT	Organização Internacional do Trabalho
OSHA	Occupational Safety & Health Administration
Pa	Pascal
PAIRO	Perda Auditiva Induzida por Ruído Ocupacional
PAO	Perda auditiva ocupacional
PMI	Ponto morto inferior
PMS	Ponto morto superior

PT	Perda de Transmissão
PVC	Policloreto de polivinila
RSS	Somatório dos quadrados das componentes da aceleração
S_e	Área da câmara [m ²]
TLV	Threshold Limit Value
TST	Tribunal Superior do Trabalho
W	Watts
W/m ²	Watts por metro quadrado
ω_i	Energia Sonora Incidente
ω_t	Energia Sonora Transmitida
θ	Ângulo que d faz com a normal da superfície de entrada
τ	Coefficiente de Transmissão
R	Razão entre as áreas S_c/S_e [m];
S	Sensação
I	Intensidade do estímulo
K	Constante
L_p	Nível de pressão sonora [dB]
P	Valor da pressão sonora medido no ambiente [Pa]
P_0	Valor de referência padronizado de 20 μ Pa – limiar de audibilidade
Pot	Potência do motor [kW]
K	Fator turbocompressor (motor com turbocompressor k=6; motor sem turbocompressor k=0)
l_{ex}	Comprimento da tubulação de exaustão [m]
γ	Comprimento da onda [m]
C_{ar}	Velocidade do som no ar [m/s]
F	Frequência [Hz]
T_{ar}	Temperatura do ar [°C]
α	Coefficiente de absorção sonora do revestimento interno
S_s	Área de saída da câmara [m ²]
S_c	Área interna da câmara [m ²]
D	Distância entre a entrada e a saída [m]
θ	Ângulo que d faz com a normal da superfície de entrada
a_{hv}	Valor da vibração total, [m/s ²]
a_{hwX}, a_{hwY}	Valores eficazes de aceleração ponderados em frequência, em m/s ² ,

a_{hwz} ;	determinados segundo as coordenadas ortogonais (x, y, z)
T	Duração total diária da exposição à vibração
T_o	Duração de referência de oito horas (28.800s)
L_c	Comprimento [m]
S	Desvio padrão
N	Número de amostras
x_i	Amostra
M_a	Média aritmética
REM	Movimento Rápido dos olhos

1. RESUMO

No Brasil os números de acidentes no trabalho apresentaram uma redução de aproximadamente 7% entre os anos de 2008 e 2010, contudo, ainda são altos. Segundo Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho do Ministério do Trabalho e Emprego (2011) os números de acidentes de trabalho em 2006 foram 512.232, em 2007, 653.090, em 2008 755 mil, em 2009 733 mil e em 2010 um total de 701 mil, representando uma queda de aproximadamente 7 % no período. O presente trabalho teve por objetivo estudar os principais agentes geradores de lesões presentes na atividade dos operadores de roçadora transversal motorizada, que pode gerar sobrecargas físicas e mentais a estes operários. Os dados coletados a partir da percepção de uma amostra de quarenta e cinco trabalhadores na operação com este equipamento, que é cada vez mais utilizado nas operações de limpeza no meio rural e urbano, mostram riscos ao trabalhador em relação ao equipamento – calor, ruído e vibração –, às condições ambientais – trabalho a céu aberto – e à ergonomia – dores musculares. O trabalho em tela foi realizado na Rodovia Comandante João Ribeiro de Barros, em trecho de aproximadamente 100 quilômetros de extensão, entre os municípios de Bauru e Marília, na região oeste do Estado de São Paulo. Com relação aos resultados encontrados, o ruído ultrapassa 115 dB(A), vibração $4,0 \text{ m/s}^2$ e estresse térmico de $29,9 \text{ }^\circ\text{C}$. As avaliações ergonômicas também demonstraram que a atividade causa lesão aos trabalhadores. Diante disso, verificou-se a necessidade de serem propostas melhorias no equipamento e nas condições de trabalho.

Para solucionar os altos níveis de ruído foi proposta a instalação de um silencioso na descarga dos gases gerados na combustão, fazendo com que o nível de ruído produzido pelo equipamento fosse reduzido, sendo assim, o protótipo aqui proposto reduziria o ruído a aproximadamente 107 dB(A). No concernente à vibração, por ser um agente mais complexo, de difícil solução e pela falta de critérios legais, a proposta seria um redimensionamento do motor do equipamento.

Palavras-chave: ergonomia, ruído, vibração, análise da atividade.

ANALYSIS OF PHYSICAL HAZARDS AND ERGONOMIC RISK IN MOTORIZED SIDE TRIMMERS. Botucatu, 2013, 160 p. Tese (Doutorado em Agronomia/ Programa de Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.
Author: JOSÉ ANTONIO POLETTI FILHO

Adviser: Prof. Dr. JOÃO EDUARDO GUARNETTI DOS SANTOS

2. SUMMARY

In Brazil the numbers of accidents at work showed a reduction of about 7% between 2008 and 2010, still is high. According to Statistical Yearbook of industrial accidents of the Ministry of labor and employment (2011) the number of occupational accidents in 2006 were 512,232, in 2007, 653,090, 755 thousand were 2008, 2009 was seven hundred and thirty-three thousand and 2010 a total of seven hundred and one thousand, representing a decrease of approximately 7% over the period. The present work aimed to study the main generators of agents present in the lesions of motorized cross brush cutter operators that can generate physical and mental overloads to these workers. The data collected from the perception of a sample of 45 workers in operation with this equipment that is increasingly used in cleaning operations in urban and rural areas, show risks to workers in relation to equipment: heat, noise and vibration, in relation to environmental conditions: open-air and ergonomic work: muscle aches. The work was carried out in the screen Commander João Ribeiro de Barros Highway, approximately one hundred kilometers, between the municipalities of Bauru and Marília, in the Western region of the State of São Paulo in Brazil. With respect to results, the noise exceeds 115 dB (A) vibration and 4.0 m/s^2 . The ergonomic evaluations also demonstrated that the activity cause injury to employees. Given that, the need to propose improvements in the equipment and working conditions.

To address the high levels of noise was proposed to install a silencer on the discharge of gases generated in combustion, thus causing the noise level produced by the equipment should be reduced, therefore the prototype proposed here would reduce the noise at approximately 107 dB (A). The vibration issue, for being an agent more complex,

difficult solution and by the lack of legal criteria the proposal would be a resizing of the engine of the equipment.

Keywords: ergonomics, noise, vibration, analysis of the activity.

3 INTRODUÇÃO

Segundo o Anuário Brasileiro de Proteção do Ministério e Trabalho e Emprego (MTE, 2012), apesar do número de acidentes no trabalho no Brasil não apresentar um crescimento nos últimos anos, há custos anuais de dez bilhões e setecentos milhões aos cofres da Previdência Social. Faz-se importante ressaltar que essas estatísticas de acidentes no trabalho refletem somente os acidentes registrados pela Previdência Social e que há no Brasil uma alta taxa de não notificação de acidentes de trabalho. Mesmo assim, a diminuição do número de acidentes não repercutiu na diminuição do número de acidentes fatais, que vem apresentando aumento. De dois mil quinhentos e sessenta óbitos registrados em 2009, no ano de 2010 houve aumento a dois mil setecentos e doze e em 2011 foram dois mil oitocentos e oitenta e quatro trabalhadores mortos durante o exercício de suas atividades profissionais, o que representa uma elevação de 6,3% nas fatalidades.

Ainda segundo a mesma fonte ocorreram vinte sete mil setecentos e cinquenta acidentes no trabalho no setor agropecuário no ano de 2009, o que corresponde a 3,8% do total de acidentes em todas as atividades econômicas.

De acordo com Anuário Estatístico da Previdência Social (2011), o número de acidentes no trabalho registrados no setor Agropecuário é bastante elevado. No ano de 2010 há registros de trinta e quatro mil novecentos e noventa e seis acidentes, e no ano de 2011 houve trinta e um mil e noventa e seis acidentes no setor.

Dentre tantas doenças e acidentes no trabalho a perda auditiva é uma delas. Segundo a Organização Pan-Americana de Saúde (2011) a Perda Auditiva Ocupacional (PAO) é o agravo à saúde do trabalhador, frequente no ambiente de trabalho, presente em mais de noventa por cento das atividades laborativas existentes. Na operação com roçadora transversal motorizada também é o principal risco ao qual o trabalhador está exposto.

Vibrações mecânicas também estão presentes em muitas atividades humanas expondo os colaboradores a um agente extremamente agressivo. A ação combinada destes dois fatores pode causar danos à saúde do trabalhador, desta forma, o ruído e a vibração são os dois grandes agentes ocupacionais presentes na atividade do operador de roçadora. No caso da vibração há um agravante, não há norma brasileira que indique ou proíba o trabalho a partir de um valor específico de aceleração.

No caso dos operadores de roçadora há outro fator de risco, o trabalho a céu aberto, que expõe o trabalhador a raios solares e a índices de temperatura elevados. Também devem ser consideradas a relação homem máquina e a adaptação do equipamento ao trabalhador.

Desta forma optou-se pelo estudo de três agentes: ruído, vibração e calor, além dos aspectos ergonômicos da atividade. Os valores encontrados para ruído 117dB(A), vibração $4,0 \text{ m/s}^2$ e calor $29,1^{\circ}\text{C}$ indicam o comprometimento da saúde a que estão expostos os trabalhadores. Tal comprometimento pode ser corroborado pela avaliação ergonômica.

A importância do assunto e o grau de dano que estes agentes podem causar ao trabalhador, principalmente pela irreversibilidade das lesões causadas, a inexistência de literatura sobre o assunto, a falta de legislação específica quanto ao risco físico vibração motivaram a realização do presente trabalho, que ao final propõe o desenvolvimento de um protótipo de silencioso melhorando desta forma os níveis de ruído do equipamento, mesmo não atingindo limites preconizados pela legislação.

Este trabalho teve como objetivo analisar quarenta e cinco a roçadoras transversais motorizadas de forma a identificar os riscos ambientais e ocupacionais para estes trabalhadores, estabelecendo uma relação com a saúde e segurança do trabalho.

Neste sentido a Ergonomia, que tem como objetivo a segurança, bem estar e conforto do usuário tem um papel fundamental, pois pode-se utilizar de suas ferramentas para avaliar as reais condições de trabalho nesta atividade.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As relações entre o trabalho e o adoecimento já apareciam na Bíblia, constituindo parte da vida e cultura da humanidade. O uso de recursos para a prevenção de acidentes de trabalho é citado em Deuteronômio XXII:8, que recomenda a instalação de proteção na construção civil para evitar quedas: “Quando construíres uma casa nova, farás uma balaustra em volta do teto, para que não se derrame sangue sobre tua casa se viesse alguém a cair lá de cima.” (SANTANA, 2006).

No ano de 2010 foram comemorados os trezentos e dez anos do lançamento da primeira edição da obra-prima de Bernardino Ramazzini, considerado o pai da Medicina do Trabalho, (Fundacentro, 2000) intitulada *De Morbis Artificum Diatriba*, traduzida para o português sob o título “*As Doenças dos Trabalhadores*”. Mesmo após os três séculos de discussão sobre o assunto, os números de acidentes no trabalho no Brasil ainda são elevados, apesar do pequeno decréscimo apresentado nos últimos anos. Segundo Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho divulgado pelo Ministério do Trabalho e Emprego (2011), o número de acidentes no trabalho vem apresentando um decréscimo, em 2008 foram registrados setecentos e cinquenta e cinco mil novecentos e oitenta acidentes, em 2007 este número foi de seiscentos e cinquenta e três mil e noventa, uma redução de aproximadamente 3% e no ano de 2011 foram registrando setecentos e um mil quatrocentos e noventa e seis acidentes. Mesmo assim o levantamento bibliográfico realizado durante o presente trabalho

demonstrou que há poucos estudos sobre os riscos causados ao trabalhador que utiliza roçadora transversal motorizada.

Segundo Anuário Brasileiro de Proteção (MTE, 2012) as estatísticas nunca tiveram importância no Brasil, especialmente os dados de acidentes no trabalho que são revelados à sociedade quase um ano após. Mas uma tradição deixou de ser respeitada quando da posse do Governo Lula, em janeiro de 2003. Desde então o Brasil não mais envia à Organização Internacional do Trabalho, em Genebra, os números de acidentes no trabalho do País. Deixou apenas de enviar informações sobre acidentes e vítimas do trabalho, outras informações, como número de trabalhadores, salários, índices de preços e até greves continuam sendo repassadas à Organização Internacional do Trabalho (OIT) e devidamente divulgadas no Anuário Estatístico do Trabalho. A edição de 2007, entretanto, pelo segundo ano consecutivo, eliminou os dados acidentários brasileiros por falta de informações.

Esta é uma triste constatação da pouca importância que o tema tem para o Governo. Dos dez países com maior número de trabalhadores do mundo apenas três deixaram de enviar os seus dados acidentários para a OIT: Brasil, Indonésia e Bangladesh. Enviar estes dados não é uma obrigação dos países membros da OIT, mas revela o descaso com o assunto ou a decisão de esconder alguma coisa. Países como Vietnã, Irã, Tanzânia e Quênia também não mandam as suas informações, mas apresentam realidades muito diferentes das vivenciadas aqui.

Para Pereira (2005), nas atividades laborais pode não estar presente a relação entre trabalho e saúde, isto porque na maioria delas estão presentes os esforços repetitivos, trabalho estático, esforço físico intenso, ritmo intenso de trabalho, posturas inadequadas, riscos físicos como calor, ruído, vibração, sendo, portanto, geradoras de doenças ocupacionais.

Esta diversidade de riscos é acentuada quando se trata do trabalho agrícola, em que as tarefas são pouco estruturadas, exigindo grande esforço físico, posturas inadequadas, exposição a produtos químicos de grande toxicidade e executadas sob condições ambientais desfavoráveis.

Além destes fatores encontra-se ainda, de acordo com Pereira *et al.* (2010), a intensa utilização de máquinas agrícolas, ampliando consideravelmente os riscos a que estão sujeitos os trabalhadores rurais, já que mais de 60% das mortes ocorridas em acidentes no trabalho no setor agrário são consequências da mecanização agrícola.

Estatísticas demonstram que o trator é um dos elementos envolvidos na maior parte dos acidentes graves ocorridos na área rural no Estado de São Paulo (SILVA e FURLANI, 1999).

Dados do Conselho Nacional de Segurança Norte-Americano indicam que trabalhadores da agricultura têm maior chance de sofrer acidentes no trabalho que outras ocupações, mesmo incluindo atividades tradicionalmente perigosas como nas áreas de construção e trabalho em minas. As lesões provocadas por máquinas agrícolas têm se mostrado uma importante causa de morbidade e mortalidade no Canadá e nos Estados Unidos (HARTLING *et al.* 1999).

Segundo Debiasi, Schlosser e Willes (2004), no Brasil os estudos sobre acidentes rurais são bastante limitados, são poucos os trabalhos sobre acidentes no campo, o que dificulta o estudo das causas específicas do acidente e também restringe as bases de dados que poderiam auxiliar no controle da frequência e gravidade dos acidentes.

Atividades agrícolas expõem o trabalhador rural a riscos ocupacionais e podem ser consideradas uma das profissões com maiores riscos. Alguns destes riscos podem transformar-se em acidentes fatais ou deixar sequelas nos trabalhadores; este quadro se agrava quando o trabalhador utiliza equipamentos ou máquinas agrícolas (FARIA, 2005).

É neste cenário que os conhecimentos de ergonomia podem contribuir para o desenvolvimento rural, pois diversos autores apontam os benefícios obtidos com as melhorias ergonômicas no trabalho agrícola. Organização do trabalho, projetos de ferramentas e equipamentos podem ser adequadamente projetados para as tarefas agrícolas. No *design* de ferramentas e equipamentos a contribuição da ergonomia pode ser relevante em termos de produtividade, conforto e indiretamente na diminuição dos custos de operação (ABRAHÃO, 2006).

O foco deste trabalho vem a ser análise da atividade de roçadores que utilizam equipamentos motorizados para roçar (Figura 1), denominadas roçadora transversal motorizada, movidos por motor de combustão interna que utilizam gasolina e etanol como combustível.



Figura 1: Roçadora transversal motorizada

4.1 Máquinas agrícolas

Segundo Gadanha Júnior et al. (1991), máquinas agrícolas são um conjunto de órgãos que apresentam movimentos relativos, e com resistência suficiente para transmitir o efeito de força externas, chamadas movidas ou transformar energia, denominadas motoras. A conceituação e Normalização das Máquinas Agrícolas seguem algumas terminologias segundo a ABNT - NB-66 (1987), descritas a seguir:

Operação Agrícola: atividade permanentemente relacionada com a execução do trabalho de produção agropecuária.

Máquina agrícola: Máquina projetada para realizar integralmente a execução da operação agrícola.

Implemento agrícola: sistema mecânico, com movimento próprio, em sua forma mais simples, cujos órgãos componentes não apresentam movimentos relativos.

Ferramenta agrícola: Implemento, em sua forma mais simples, o qual entra em contato direto com o material trabalhado, acionado por uma fonte de potência qualquer.

De acordo com Lopes (2009), a evolução das máquinas agrícolas é consequência principalmente de dois fatores a) necessidade do aumento da capacidade de trabalho do homem do campo, face à crescente escassez de mão de obra rural e b) a migração das populações rurais para as zonas urbanas, devido ao processo de desenvolvimento econômico.

Em decorrência desta evolução houve profunda modificação nos métodos de trabalho agrícola, tais como: redução da necessidade de tração animal e de trabalho manual com a consequente diminuição da necessidade da mão de obra não qualificada; crescente exigência do emprego de tecnologia (técnicas de descompactação e conservação dos solos, aplicação de fertilizantes e defensivos, utilização de sementes selecionadas, conservação e armazenamento dos produtos); planejamento agrícola e controle econômico-financeiro, organização e racionalização do trabalho, devido ao caráter empresarial que as atividades agrícolas passaram a ter.

4.2 Motores de combustão interna

Os motores de combustão interna têm a finalidade de transformar a energia química contida no combustível em energia mecânica, por meio da queima da mistura deste combustível com ar (HEYWOOD, 1988).

Segundo Dubbel (1973) a fonte de energia química para os motores de combustão interna são os combustíveis que podem ser líquidos ou gasosos. Os combustíveis mais popularmente utilizados são a gasolina, o álcool e o óleo diesel, todos líquidos. Fatores

econômicos, requerimentos de potência ou de atendimento a legislações ambientais determinam o tipo de combustível a ser utilizado.

Segundo Oliveira Junior (2004) os motores térmicos são dispositivos que convertem energia térmica em trabalho mecânico e podem ser classificados em dois grupos, combustão interna e combustão externa. Na combustão interna a mistura ar combustível é admitida no interior do motor onde é queimada, transformando energia térmica em energia mecânica. Na combustão externa o combustível é utilizado para aquecer uma caldeira, onde ocorre a vaporização do líquido usado posteriormente para a propulsão de um equipamento que transformará a energia térmica em energia mecânica, como, por exemplo, nas máquinas a vapor.

No setor de máquinas agrícolas há predominância de motores de combustão interna e no caso roçadora transversal motorizada motor dois tempos.

4.2.1 Motor dois tempos

O ciclo motor em dois tempos foi idealizado por Dugald Clerk em 1878, utilizado tanto para motores de ignição por centelha quanto para motores de ignição espontânea (OLIVEIRA JUNIOR, 2004).

A característica do motor dois tempos é que a cada curso de expansão corresponde um curso de trabalho, sendo o bombeamento efetuado separadamente na “bomba de ar de lavagem”. Deve-se lembrar aqui que para a mesma potência fornecida, o motor dois tempos necessita da mesma quantidade de ar que um motor quatro tempos (OLIVEIRA JUNIOR, 2004).

Segundo Lopes (2009) o ciclo de um motor de dois tempos dá-se com a combustão da mistura ar x combustível, produzindo um rápido aumento na pressão e temperatura na câmara de combustão, empurrando-o para baixo, produzindo potência. Com o aumento do volume do cárter, situado abaixo do pistão, há a redução da pressão a valores inferiores à da atmosfera e desta forma o ar é admitido para o seu interior através da janela de admissão.

O principal elemento construtivo de um motor dois tempos é o pistão, atuando como um êmbolo, um compressor e uma válvula deslizante, abrindo e fechando a entrada e saída por onde a mistura ar combustível é admitida e os gases queimados são expulsos (Figura 2).

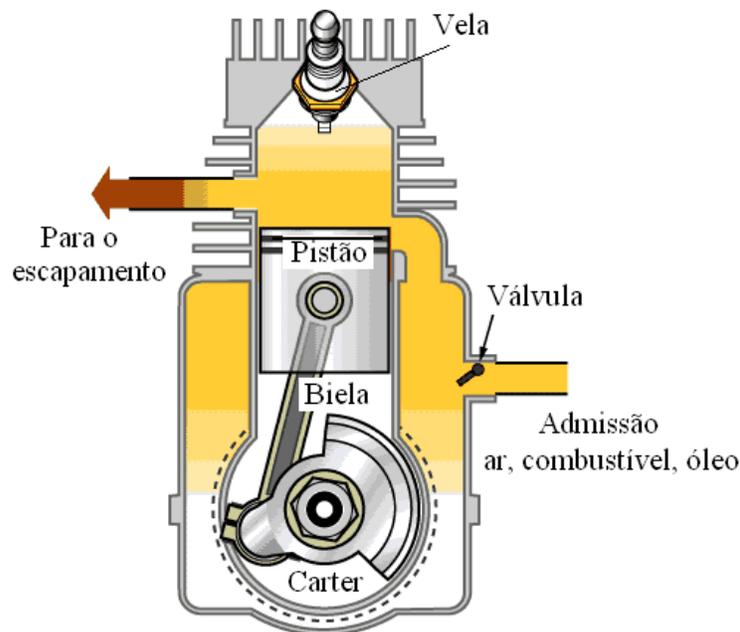


Figura 2: Desenho esquemático do motor dois tempos.

Fonte: <http://ciencia.hsw.uol.com.br>

Motores dois tempos têm uma explosão a cada giro do virabrequim, enquanto nos motores quatro tempos há combustão um giro sim, um giro não, e isso dá um ganho significativo de potência aos motores dois tempos. Essas vantagens tornam o motor dois tempos mais leve, mais simples e mais barato de produzir, além de teoricamente ter a capacidade de produzir o dobro de potência no mesmo espaço porque há o dobro de explosões por giro. A combinação de pouco peso e dobro teórico de potência dá aos motores dois tempos uma ótima relação peso x potência quando comparados a muitos desenhos de motores quatro tempos (HAGGAR, ATTALLAH, 1999).

4.3 Acidentes e riscos

Segundo Solomon (2002), os acidentes no trabalho são o maior agravo à saúde dos trabalhadores brasileiros. Diferentemente do que o nome sugere, eles não são eventos acidentais ou fortuitos, mas fenômenos socialmente determinados, em tese, previsíveis e preveníveis (DWYER, 1991).

Ramazzini já no século XVII, em seu livro “As Doenças do Trabalhador”, que no Brasil foi publicado no ano de 1999, pela Fundacentro, afirmava que de acordo com a diversidade de regiões e a época do ano, são variados e distintos os trabalhos agrícolas; no inverno e ao começar a primavera, padecem os lavradores de doenças do peito, secreção nos olhos e angina, afecções cuja causa, como dissemos, é o sangue lento e denso que circula preguiçosamente e facilmente se estanca, ocasionando inflamações em vários lugares; o sangue extraído então, de uma veia é tão espesso que parece cera de abelha, pela sua cor e densidade.

A Organização Internacional do Trabalho (OIT) tem insistido, através das Convenções, na necessidade de serem aplicados também na agricultura os princípios da prevenção de riscos profissionais, porque aponta a atividade agrícola como uma das categorias laborais mais perigosas e insalubres. Pode-se enumerar algumas das características que levam a essa constatação:

1. Riscos na utilização de tratores, máquinas e ferramentas agrícolas (esmagamento, quedas, amputações, cortes);
2. Utilização de substâncias químicas e pesticidas (intoxicações, alergias);
3. Movimentação de cargas e posturas incorretas (lesões na coluna, lesões musculares);
4. Riscos biológicos (doenças infecciosas, alergias, dermatites);
5. Trabalho sob as mais diferentes condições ambientais: frio; calor; presença de ruído; vibrações mecânicas;
6. Operação de grande variedade de máquinas e equipamentos, nem sempre dotados dos necessários itens de segurança;
7. Utilização precária dos equipamentos de proteção individual;
8. Tarefas dispersas, com elevada exigência energética e muscular;
9. Treinamento precário;
10. Jornadas extensas;
11. Indistinção entre os ambientes familiar e de trabalho.

Portanto, no caso do trabalhador rural, além da exposição a: a. agentes físicos: calor, ruído, radiações, b. a agentes químicos: agrotóxicos, adubos, c. a agentes biológicos: bactérias, fungos, bacilos, também há o trabalho a céu aberto, exposição a intempéries, risco de acidentes, risco ergonômico, acidentes com animais peçonhentos, e vibração, principalmente quando estes trabalhadores estão utilizando tratores ou equipamentos para roçar.

No estudo do processo de roçar com utilização de máquinas roçadora sob o ponto de vista da ergonomia é possível identificar vários constrangimentos, dentre estes o presente trabalho abordou:

4.3.1 Vibração

Segundo Iida (2005) qualquer movimento que se repete depois de certo intervalo de tempo é denominado *vibração* ou *oscilação*. A vibração, portanto, é o estudo do movimento de oscilação de um corpo em torno de uma posição de equilíbrio, bem como das forças ou momentos a ele associadas. Para Mendes (2005) a vibração é definida como uma grandeza vetorial e, portanto com magnitude, direção e sentido. Além destas variáveis outras devem ser levadas em consideração quando se trata de vibração localizada, como área de contato com a vibração, força de contato, postura do dedo, mão ou braço e temperatura.

Segundo Fernandes (2002), movimento vibratório ou oscilatório é um movimento repetitivo genérico, correspondente a qualquer trepidação ou tremor de um corpo. Por exemplo, o movimento das marés, da água do mar na praia, a trepidação de um terremoto, ou de um impacto.

Os primeiros estudos sobre vibração foram motivados por problemas de desbalanceamento de motores e eixos. Na engenharia, os estudos das vibrações são de grande importância e podem ser responsáveis por prejuízos econômicos e financeiros. Um exemplo clássico foi a falha causada na ponte *Tacoma Narrows*, (Figura 3) nos Estados Unidos, que colapsou em sete de novembro de 1940, apenas quatro meses após sua inauguração (GOTCHY, 1990).



Figura 3: Ponte Tacoma Narrows.
Fonte: <http://www.wired.com/science>

A vibração está presente na maioria das atividades humanas. O tímpano vibra e nos possibilita ouvir; os batimentos cardíacos são movimentos vibratórios do coração, o princípio da fala é a vibração das cordas vocais, o caminhar envolve oscilações de braços e pernas.

Por outro lado, a vibração é um importante fator de risco à saúde do trabalhador e pode levar a consequências ao organismo. Resulta de uma fonte emissora de vibração mecânica que incide no organismo do trabalhador. Pode ser localizada quando a exposição ocorre ao manusear equipamentos vibratórios, como no caso dos trabalhadores na agricultura ao manusearem roçadores motorizados, ou de corpo inteiro quando há uma superfície que vibra, suportando o corpo humano em pé, sentado ou deitado; esta forma de exposição ocorre em todas as operações de meios de transporte (SEBASTIÃO, et al, 2007).

Os efeitos de vibração e de choque em seres humanos têm sido estudados por muito tempo. No começo do século 18, Ramazzini (FUNDACENTRO, 1999, p. 175), descreveu resultados pós-morte dos efeitos da exposição à vibração mecânica

experimentada por instrutores de cavalo: "[...] tendo por resultado as entranhas estão sendo agitadas pela força da vibração e movidos quase completamente de sua posição normal [...]".

Reynaud (1969) foi quem primeiro descreveu, em 1862, os distúrbios vasculares observados em indivíduos expostos a vibrações de mãos e braços, em sua tese intitulada *Local Asphyxia and Symmetrical Gangrene of the Extremities*.

Vendrame (2005) comenta que pesquisadores italianos já em 1911 descreviam a síndrome da vibração nos trabalhadores que operavam marteletes, correlacionando com o fenômeno de Reynaud. No Brasil a Portaria nº 1339 (1999) do Ministério da Saúde considera as vibrações localizadas como agentes de risco de natureza ocupacional.

Schlosser e Debiasi (2002) comentam que a coluna vertebral dos operadores de máquinas é um dos órgãos mais afetados pelas doenças ocupacionais. De acordo com Berasategui (2000), a frequência do movimento vibratório é responsável pela gravidade dos efeitos causados no trabalhador exposto. Na Tabela 1 tem-se a relação entre frequência e seus efeitos.

Tabela 1: Relação entre a frequência e o efeito no trabalhador.

Frequência	Efeito
Abaixo de 1 Hz	Enjôos
Frequências entre 3 e 8 Hz	Afetam os intestinos e a coluna vertebral
Frequências na faixa de 15 a 24 Hz	Interferência na visão

Fonte: Schlosser & Debiasi (2002)

Segundo Kroemer e Grandjean (2005), as vibrações são oscilações da massa em função de um ponto fixo. Podem ser produzidas por movimentos periódicos regulares ou irregulares de uma ferramenta, veículo ou outro mecanismo em contato com o corpo humano, deslocando-o da sua posição de repouso.

O corpo humano reage às vibrações de maneira diversa dependendo da região do corpo atingida, a sensibilidade às vibrações longitudinais ao longo do eixo “z, da

coluna vertebral é diferente da sensibilidade transversal, nos eixos “x” e “z”, ao longo dos membros superiores e inferiores (KROEMER, GRANDJEAN, 2005).

Conforme comenta Vendrame (2005), no caso das vibrações, diferentemente dos outros agentes ambientais, em que o trabalhador é passivo, deve haver o contato entre o operário e o equipamento que produza a vibração. Ainda de acordo com esse autor, o corpo humano possui uma vibração natural (Figura 4).

Contudo, segundo Vendrame (2009), eliminar a vibração dos ambientes de trabalho é uma proposta praticamente impossível, pois todos os equipamentos geram algum tipo de vibração, sendo importante concentrar os esforços em minimizar os riscos.

Se uma frequência do equipamento coincide com a frequência natural do trabalhador ocorre a ressonância, conforme ocorreu com a ponte de *Tacoma Narrows*, citada anteriormente, implicando em amplificação do movimento. A energia vibratória é absorvida pelo corpo, como consequência da atenuação promovida pelos tecidos e órgãos.

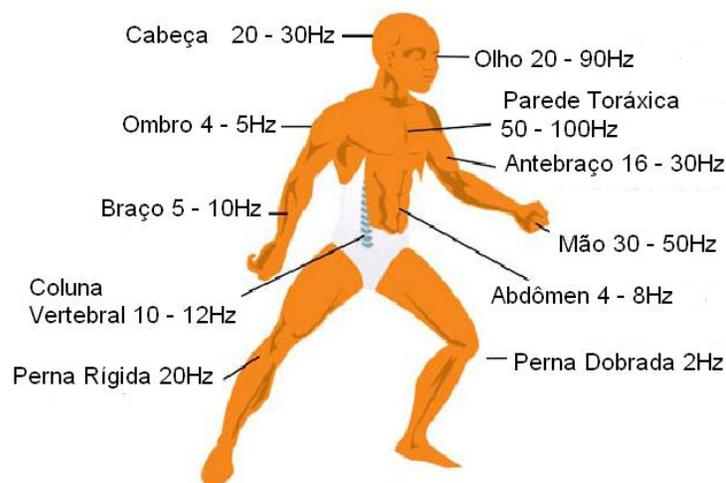


Figura 4: Frequência natural do corpo humano.
Fonte: Vendrame (2005)

Além de possuir vibração natural diferente para cada segmento corpóreo, a sensibilidade a esta vibração também é diferente: a sensibilidade às vibrações

longitudinais, ao longo do eixo z , da coluna vertebral é distinta da sensibilidade transversal, eixos x ou y , ao longo dos braços ou através do tórax. Em cada direção, a sensibilidade também varia com a frequência, desta forma, para determinada frequência, a aceleração tolerável é diferente daquela em outra frequência. (REGAZZI, XIMENES, 2005)

Ainda segundo Kroemer e Grandjean (2005), nas frequências acima de 2 Hz o corpo humano não vibra como uma massa única, ao contrário, ele reage à oscilação induzidas, como um conjunto de massa ligadas. Desta forma o corpo humano reage às vibrações verticais, conforme mostra a Tabela 2.

Cabe ressaltar que até o ano de 2011 não havia normatização nacional definida para o agente físico vibração. Isso ocorreu apenas a partir de 2012, quando a Fundacentro publicou dois protocolos técnicos, NHO 09 e NHO 10 (FUNDACENTRO, 2012).

Tabela 2: Relação entre a frequência vibracional e o efeito de ressonância no corpo humano

Frequência (Hz)	Efeito no corpo Humano
3-4	Forte ressonância nas vértebras cervicais
3-6	Ressonância no estômago
4	Pico de ressonância nas vértebras lombares
4-5	Ressonância nas mãos
4-6	Ressonância no coração
5	Ressonância muito forte na cintura escapular (até o dobro de aumento de deslocamento)
5-20	Ressonância na laringe
5-30	Ressonância na cabeça
10-18	Ressonância na bexiga
20-70	Ressonância no globo ocular
100-200	Ressonância no maxilar

Fonte: Kroemer e Grandjean (2005)

Tosin (2009) comenta que a utilização de ferramentas motorizadas envolve altos níveis de vibração nas mãos e punhos, conforme Tabela 3.

Tabela 3: Vibração em ferramentas motorizadas portáteis (m/s²)

Tipo de ferramenta	Nos dedos
Motosserra	17,5
Perfuratriz de solo	21,0
Serra de ar comprimido	-
Cultivador de duas rodas	3,0

Fonte: Tosin, (2009)

A Norma de Higiene Ocupacional NHO 09 é voltada à avaliação da exposição ocupacional à vibração de corpo inteiro, propõe o conceito de *componente de exposição* como elemento a ser determinado pelo avaliador e utilizado na estimativa da exposição diária. Já a Norma de Higiene Ocupacional NHO VIB/VMB (NHO 10) refere-se à avaliação da exposição ocupacional a vibrações em mãos e braços, tendo por objetivo estabelecer critérios e procedimentos para avaliação da exposição ocupacional a vibrações em mãos e braços que implique risco à saúde do trabalhador, entre os quais a ocorrência da síndrome da vibração em mãos e braços (FUNDACENTRO, 2012).

Contudo, tanto as normas da Fundacentro (NHO 09 e NHO 10) como o anexo nº 8 da Norma Regulamentadora nº15 (BRASIL, 1978) remetem a questão para a *International Organization for Standardization (ISO)*.

A comprovação ou não da exposição toma por base os limites das normas ISO 2631-1 (1997), que aborda as vibrações de corpo inteiro, e ISO 5349-1 (2001), vibrações de mão e braço. Estas normas definem a vibração em três variáveis: a frequência (Hz), a aceleração máxima sofrida pelo corpo (m/s²) e a direção do movimento, que é dada em três eixos espaciais: *x*, das costas para frente, *y*, da direita para esquerda e *z*, dos pés à cabeça (ROCHA, 2010).

Segundo a norma ISO 2631 (2010), o limite de tolerância para a vibração de corpo inteiro é estabelecido tendo por base os limites para efeitos sobre a saúde e conforto, sem levar em consideração a fadiga causada, e em seu anexo B estabelece um guia de efeitos à saúde – conforme a Figura 5.

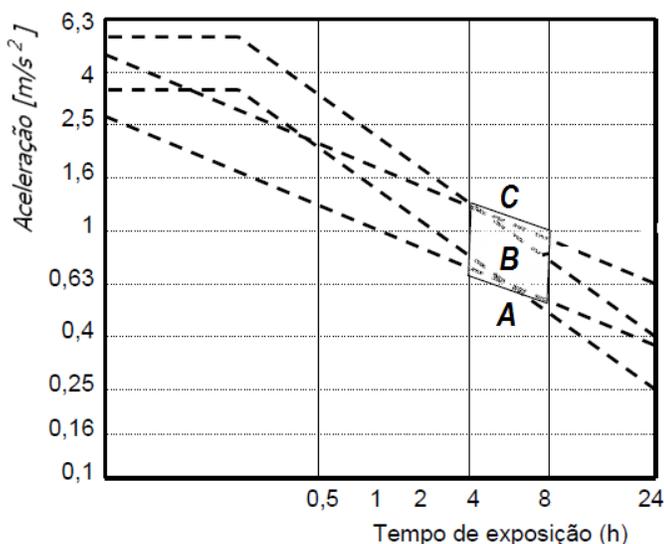


Figura 5: Efeito da vibração sobre a saúde do trabalhador.

Fonte: ISO 2631 (2010)

A interpretação da Figura 5 é a seguinte:

Região A: até $0,43 \text{ m/s}^2$ efeitos à saúde não são claramente documentados;

Região B: $0,43$ a $0,78 \text{ m/s}^2$ deve haver precauções em relação aos riscos potenciais à saúde;

Região C: acima de $0,78 \text{ m/s}^2$ riscos prováveis à saúde.

Ainda segundo a norma ISO 2631 (2006), a avaliação do efeito à saúde do trabalhador deve ser feita independentemente para cada eixo, devendo ser considerada para fins de comparação com o guia à saúde a maior intensidade da aceleração ponderada obtida em qualquer um dos eixos (SOEIRO, 2011).

Além destas normas também pode ser usada como parâmetro a *American Conference of Industrial Hygienists* (ACGIH, 2010), que determina os valores limites de exposição (TLV, *Threshold Limit Value*) ocupacional para substâncias químicas e agentes físicos. No caso da vibração, a Tabela 4 indica os níveis e duração da exposição à vibração que representa condições às quais se acredita que a maioria dos trabalhadores possa

ser repetidamente exposta sem evoluir além do estágio um do Sistema de Classificação do Encontro de Estocolmo para Dedos Brancos Induzidos por Vibração.

Tabela 4: Limites para exposição da mão – TLV.

Componente da aceleração dominante [m/s²]	
Mais de 4 horas e menos de 8	4,0
Mais de 2 horas e menos de 4	6,0
Mais de 1 hora e menos de 2	8,0
Menos de 1 hora	12,0

Fonte: American Conference of Industrial Hygienists (ACGIH)

A norma britânica BS 6842 (1987), por exemplo, pressupõe que um nível de exposição de 2,8m/s² em 8 horas de atividade gerará 10% de prevalência de síndrome de Reynaud após oito anos de exposição (Tabela 5).

Tabela 5: Magnitude da aceleração da vibração ponderada em frequência (m/s²)

Exposição diária [h]	Exposição em anos						Nível da vibração
	0,5	1	2	4	8	16	
8	44,8	22,4	11,2	5,6	2,8	1,4	
4	64,0	32,0	16,0	8,0	4,0	2,0	
2	89,6	44,8	22,4	11,2	5,6	2,8	
1	128,0	64,0	32,0	16,0	8,0	4,0	
0,5	179,2	89,6	44,8	22,4	11,2	5,6	
0,25	256,0	128	64,0	32,0	16,0	8,0	

Fonte: http://www.noisenet.org/Vibration_Occup_HAVS.htm

Conforme comenta Mendes (2005), os níveis de exposição propostos pela comunidade Econômica Europeia são: nível limiar de 1,0 m/s², nível de ação de 2,5 m/s² e limite de exposição de 5,0 m/s². A diretiva, cuja finalidade é oferecer proteção aos trabalhadores em relação aos riscos físicos, propõe medidas que devem ser tomadas a partir do

nível limiar e declara que abaixo deste não há efeitos adversos sobre a saúde e segurança do trabalhador.

Para Pelmeier e Leong (2000) a ACGIH deveria também adotar a metodologia da raiz do somatório dos quadrados das componentes da aceleração (RSS) e desta forma harmonizando-se com as outras normas como a revisão da ISO 5349-2 e das Diretrizes da Comunidade Econômica Europeia. Os novos limites propostos por Pelmeier e Leong (2000) consideram que valores acima de um m/s^2 são classificados como sendo de risco potencial e medidas preventivas devem ser adotadas. Propõem ainda os limites constantes na Tabela 6.

Tabela 6: Limites propostos por Pelmeier e Leong.

Raiz da somatória dos quadrados – RSS [m/s^2]	Tempo de exposição em horas [h]
1,8	4 – 8
2,5	2 – 4
3,6	1 – 2
5,0	Menos de 1

Fonte: Pelmeier e Leong (2000)

O efeito das vibrações sobre o corpo humano pode ser grave, havendo a possibilidade de ocorrência de perda de equilíbrio, falta de concentração, visão turva, degeneração gradativa do tecido muscular e nervoso, especialmente para os trabalhadores submetidos a vibrações localizadas. Neste caso podem apresentar a patologia popularmente conhecida como “dedo branco” (Figura 6), causando perda da capacidade manipulativa e o tato nas mãos e dedos, dificultando o controle motor (GERGES, 2005).



Figura 6: Doenças causadas pela vibração sobre as mãos.
 Fonte: Syndrome Vibration NIOSH, (1998)

Kroemer e Grandjean (2005), também comentam os chamados “dedos brancos”, causados por ferramentas motorizadas com frequência entre 40 e 300 Hz. Estas vibrações são rapidamente amortizadas nos tecidos, tendo efeito danoso nos vasos sanguíneos e nervos das mãos, resultando no amortecimento dos sentidos de um ou mais dedos, em que geralmente o médio é mais acometido, tornando-se desta forma branco, frio e sem sensações, passando a rosa e dolorido com o tempo. Tal sintomatologia é devida à condição espasmódica dos vasos sanguíneos denominada de Síndrome de “*Reynaud*”. A síndrome aparece em geral seis meses após o início da atividade com ferramentas vibratórias, sendo o frio um fator agravante.

De acordo com Kroemer e Grandjean (2005), uma atividade que expõe o trabalhador a vibrações no posto de trabalho pode levar a mudanças no estado mórbido dos órgãos afetados. Tais alterações podem variar dependendo da parte do corpo afetada, uma vez que alguns órgãos são mais susceptíveis aos efeitos vibracionais que outros. Sobre os membros superiores Kroemer e Grandjean (2005) comentam que ferramentas motorizadas e utilizadas durante anos podem ocasionar problemas nas mãos e braços e apontam a frequência da vibração como fator decisivo. Relatam ainda que ferramentas com

frequência de vibração abaixo de 40 Hz podem causar sintomas degenerativos nos ossos, articulações e tendões das mãos e braços, levando à artrite do punho, cotovelo e ombro. Além disso, há também a possibilidade de perda de cálcio, acarretando um aumento significativo de fratura.

No sistema mão e braço as consequências das vibrações são mais severas. Nas ferramentas motorizadas atingem-se altas acelerações oscilatórias nas mãos e articulações dos pulsos. A utilização destas ferramentas submete o trabalhador a vibrações localizadas que podem acarretar diversas patologias nas mãos e braços. A exposição a vibrações excessivas pode originar danos físicos permanentes denominados “Síndrome dos dedos brancos”, uma degeneração gradativa do tecido muscular e nervoso. Com isto, alguns dedos - normalmente o dedo médio - ficam brancos, até azulados, frios e "sem sentidos". Após algum tempo, os dedos voltam a ficar vermelhos e doloridos. É caracterizada por uma contração espasmódica dos vasos sanguíneos, e conhecida também como doença de Reynaud. Pode surgir no máximo após seis meses de trabalho com uma ferramenta vibratória (XIMENES, 2006).

Segundo Soeiro (2011), a norma ISO 5349 estabelece os valores diários para exposição a aceleração, estimando o aparecimento da “Síndrome do dedo branco” em 10% dos trabalhadores em determinado número de anos (Figura 7).

Desta forma, para uma aceleração de 1 m/s^2 a exposição poderia ser de vinte e seis anos, para 14 m/s^2 a exposição seria de dois anos, para 7 m/s^2 quatro anos, acima destes valores haveria a possibilidade do surgimento da síndrome de mão branca em 10% dos trabalhadores expostos (SOEIRO, 2011).

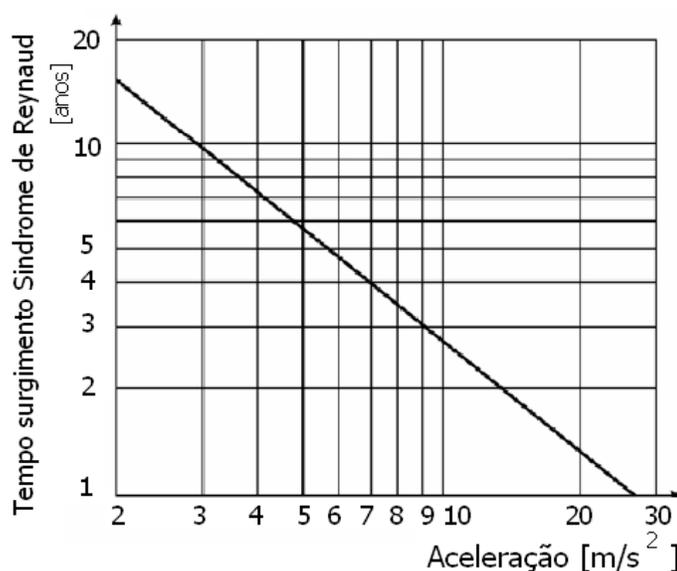


Figura 7: Estimativa do surgimento da “síndrome de mão branca”

Fonte: Soeiro, (2011)

Já o Sistema de Classificação do Encontro de Estocolmo para Dedos Brancos Induzidos por Vibração utiliza a Tabela 7 para a classificação do Fenômeno de Reynaud induzido pela vibração.

Tabela 7: Sistema de classificação do encontro de Estocolmo para dedos brancos

Estágio	Condição dos Dedos	Interferência no Trabalho e Social
0	Nenhum embranquecimento	Nenhuma queixa
0T	Formigamento intermitente	Nenhuma interferência
0N	Adormecimento intermitente	Nenhuma interferência
1	Embranquecimento de uma ou mais pontas dês dedos	Nenhuma interferência
2	Embranquecimento de uma ou mais pontas dês dedos com adormecimento	Leve interferência com atividades sociais e domésticas nenhuma interferência no trabalho
3	Embranquecimento extenso. Episódios frequentes no verão e no inverno	Interferência definitiva no trabalho nas atividades sociais e domésticas. Restrição de praticas de lazer
4	Embranquecimento extenso na maioria dos dedos frequentes no verão e no inverno	Mudança de ocupação para evitar exposição à vibração em razão da gravidade dos sinais e sintomas

Fonte: Instituto de Seguridad e Salud Laboral (2000)

A Tabela 8 ilustra os sintomas percebidos pelo trabalhador com as respectivas frequências de vibração (FERNANDES, 2000).

Tabela 8: Sintomas e frequências de vibração.

Sintomas	Frequência (Hz)
Sensação geral de desconforto	4-9
Sintomas na cabeça	13-20
Sintomas no maxilar	6-8
Dor no peito	5-7
Contrações musculares	4-9
Desejo de urinar	10-18

Fonte: Fernandes, (2000)

A avaliação das vibrações que atuam sobre o trabalhador deve ser realizada conhecendo-se três fatores: a direção de atuação: x , y e z (Figura 8), a frequência e a intensidade do sinal de excitação. Usa-se o tempo de duração para o cálculo da dose e consequentemente o grau de exposição às vibrações indesejadas (ROCHA, 2010).

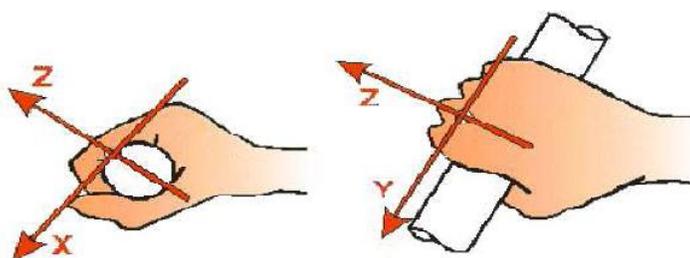


Figura 8: Sistema de coordenadas para a mão – eixos de medição.

Fonte: ISO 5349 (2001)

As vibrações que são transmitidas ao corpo humano podem ser classificadas em dois tipos, segundo a região do corpo atingida:

Transmitidas ao corpo inteiro: são de baixa frequência e grande amplitude, situando-se na faixa de um a oitenta Hz, mais especificamente de um a vinte Hz. São mais importantes nos trabalhadores em atividades relacionadas aos meios de transporte, e

Vibrações que atingem um segmento do corpo (localizadas): são as mais estudadas, situando-se na faixa de 6,3 a mil duzentos e cinquenta Hz. Atingem principalmente os trabalhos que utilizam ferramentas manuais. (REGAZZI, XIMENES, 2005).

Ainda de acordo com Regazzi e Ximenes, (2005) os parâmetros para avaliação da vibração são mensuráveis em unidades métricas, de acordo com as normas ISO. Utiliza-se, usualmente, a aceleração, expressa em metros por segundo ao quadrado (m/s^2), considerando para isso equipamentos denominados acelerômetros, uma combinação entre transdutores, amplificadores e detetor-indicador de sinal com características metrológicas controladas.

Poletto et. al.(2012) concluiu em seu trabalho que o agente físico vibração, apresenta níveis de exposição que podem acarretar lesões aos trabalhadores, apresentando limites de tolerância acima do considerado aceitável por Pelmeiar e Leong (2000).

4.3.2 Ruído

Do ponto de vista de higiene do trabalho, ruído é o fenômeno físico vibratório com características indefinidas de variações de pressão (no caso ar) em função da frequência, isto é, para uma dada frequência podem existir, em forma aleatória através do tempo, variações de diferentes pressões (SALIBA, 2004).

De acordo com Mendes (2005), normalmente ruído é definido como um som indesejável, já a *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH, 1998) define ruído como um som errático, intermitente ou com oscilação estaticamente aleatória.

Várias disciplinas estudam cientificamente o fenômeno sonoro, e embora haja objetivos diferentes, todas estão interligadas, cada uma enfoca um aspecto específico do fenômeno. A acústica física estuda a parte material do fenômeno sonoro, enquanto a psicoacústica trata da percepção do fenômeno sonoro pelos sentidos (LAZZARINI, 1998).

Segundo Hohlenwerger (2009), a ABNT (1987) conceitua o ruído como a mistura de tons cujas frequências diferem entre si, por valor inferior à discriminação do ouvido humano. Já Gerges (2000) conceitua os som como uma variação de pressão atmosférica dentro da faixa de vinte a vinte mil Hz, que é o limite de amplitude e a banda de frequência a qual o ouvido humano responde.

Os novos processos tecnológicos são característicos da modernidade, e o aumento da poluição é um fator decorrente deste processo. Dentre as mais diversas formas de poluição a sonora é a mais importante. Além da presença do ruído, há também a exposição a agentes químicos que também têm potencial de ototoxicidade gerando interação com o ruído (RIBAS, et al, 2010). Russo (1993) afirma que, diante disso, o ruído passou a ser um dos agentes nocivos à saúde mais presentes nos ambientes urbanos e sociais, principalmente nos locais de trabalho e nas atividades de lazer. Enfim, o ruído pode ser considerado como som inútil ou indesejável que traz vários danos à saúde de qualquer pessoa, e principalmente àquelas que estão sujeitas diretamente no seu dia-a-dia com esse agente indesejável, levando com isso à perda da audição.

Para que a vibração sonora possa ser ouvida é necessário que a frequência situe-se entre dezesseis e vinte mil Hz e a variação de pressão sonora provocada atinja o limiar de audibilidade; $2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$ (SALIBA, 2004).

As máquinas agrícolas em geral expõem os trabalhadores a níveis de ruído acima do permitido pela legislação, conforme a Norma Regulamentadora nº 15 da portaria 3.214 de 1978 (SANTOS, 2004). Souza (2004) verificou que os níveis de ruído de uma colhedora de feijão também não atendiam à Norma Regulamentadora nº 15, (BRASIL, 1978) que, para uma jornada de oito horas de trabalho, permite no máximo 85 dB (A).

De acordo com Delgado (1991), os níveis de ruídos que estejam no intervalo de 65 a 85 dB (A) causam efeitos psíquico fisiológicos no trabalhador agindo no sistema nervoso, podendo causar aumento da pressão sanguínea e dos batimentos cardíacos.

Segundo Levarie (1977), o ruído transformou-se em um agente cada vez mais perceptível e significativo de nossa civilização. Transformou-se fundamentalmente em um fenômeno acústico, que tem implicações maiores nos aspectos psicológicos e fisiológicos do trabalhador, interferindo com o sono, a pressão arterial, causando stress.

O ruído estabelecido pela Norma Regulamentadora nº 15, (BRASIL, 1978) contínuo ou intermitente, tem o limite de tolerância mínimo de 85dB para oito horas de trabalho, e máxima tolerância com risco grave e iminente de 115dB.

Segundo a NIOSH (1996), a perda auditiva ocupacional é um dos problemas mais importantes da atualidade, afetando trabalhadores na indústria, construção civil, transporte, agricultura, e Forças Armadas.

De acordo com Associação Brasileira de Normas Técnicas, a NBR 9999 (ABNT, 1987) determina a “Medição do Nível de Ruído no posto de Operação de Tratores e Máquinas Agrícolas”, e a Norma Regulamentadora nº 15 “Atividades e Operações Insalubres” (BRASIL, 1978) determina os níveis máximos de exposição para a jornada de trabalho de oito horas.

Parâmetros básicos do som: faixas de frequências - O ouvido não percebe as frequências de uma maneira linear, mas obedece à Lei de Weber, que relaciona o estímulo com a sensação, ou seja, as sensações como cor, som, odor, dor variam como o logaritmo dos estímulos que as produzem.

Segundo Souza (1998), a frequência é representada pelo número de vibrações completas em um segundo, sendo sua unidade de medida expressa em hertz (Hz).

De acordo com Mendes (2006), o aumento do estímulo necessário para produzir um incremento mínimo de sensação é proporcional ao estímulo pré-existente. Esta lei pode ser enunciada de acordo com a Equação I.

$$S = K * \text{Log } I \quad (\text{I})$$

Em que:

S – Sensação;

K – Constante;

I – Intensidade do estímulo;

Assim sendo, para sons da mesma frequência, a intensidade da sensação sonora cresce proporcionalmente com o logaritmo da intensidade física (MENDES, 2006). Desta forma, os intervalos entre os sons de 100 e 200 Hz, 200 e 400 Hz, 400 e 800 Hz parecerão iguais ao nosso ouvido. Conclui-se, portanto, pela Lei de Weber, que o intervalo entre frequências não se mede pela diferença de frequências, mas pela relação entre elas, e define-se assim uma oitava como sendo o intervalo entre frequências cuja relação seja igual a dois, sendo representada graficamente em escala logarítmica, por ser esta a forma que mais se aproxima da sensação do nosso ouvido. Atualmente usa-se como frequência de referência, padronizada pelo Sistema Internacional (SI), o valor de 1000 Hz, ficando as oitavas com frequência central em 500, 250, 125, 62, 5, 31, 25, e 2.000, 4.000, 8.000 e 16.000 Hz (FERNANDES, 1994).

Fernandes (2005) divide as frequências audíveis em três faixas (Tabela 9).

Tabela 9: Faixas de frequências.

<i>Faixa de frequência</i>	<i>Som</i>	<i>Oitavas (Hz)</i>
Baixa	Grave	31; 25; 62,5; 125; 250
Média	Médios	500; 1000; 2000
Alta	Agudos	4000; 8000; 16000

Fonte: Fernandes (2005)

Potência Sonora e Pressão Sonora: Uma fonte sonora produz uma determinada quantidade de energia sonora por unidade de tempo, isto é, Joule/s ou Watts,

[1 Joule/s = 1 W], sendo esta uma medida básica de quantidade de energia acústica que é característica de uma determinada fonte sonora e independente do meio ambiente. A energia sonora produzirá uma pressão sonora no ambiente que é dependente da potência da fonte, da distância entre a fonte e o ponto de avaliação, da quantidade de energia sonora dissipada no ambiente ou absorvida pelas paredes. Portanto, o que caracteriza acusticamente uma fonte é a sua potência sonora, e não a pressão sonora produzida pela fonte que é medida em determinado local (MEDURI, 2010).

Contudo, ainda segundo Meduri (2010), para avaliar o perigo e a perturbação causados por uma fonte de ruído a pressão sonora é o parâmetro mais importante e que pode ser determinada por meio da Equação II.

$$L_p = 20 \text{Log} \left[\frac{p}{p_0} \right] \quad (\text{II})$$

Em que:

L_p - Nível de pressão sonora [dB];

p - Valor da pressão sonora medida no ambiente [dB];

p_0 - Valor de referência padronizado de 20 μPa - limiar de audibilidade;

Portanto, L_p é um nível acima do nível de referência (20 μPa), que é o limiar de audibilidade médio da população (MEDURI, 2010).

Intensidade Sonora: Segundo Iazzetta (2011), a energia gerada por uma fonte sonora é transferida para as moléculas de ar que por sua vez a transfere para as moléculas circunvizinhas e desta forma a energia sonora se afasta da fonte geradora (Figura 9).

Este fenômeno é denominado de Intensidade Sonora, que é o fluxo de energia por unidade de área. Refere-se ao produto da pressão pela velocidade das partículas em um meio fluido, o que é equivalente à potência recebida por unidade de área. Em termos

acústicos a intensidade é o valor médio do fluxo de energia por unidade de área perpendicular à direção de propagação, medida em watt por metro quadrado (W/m^2).

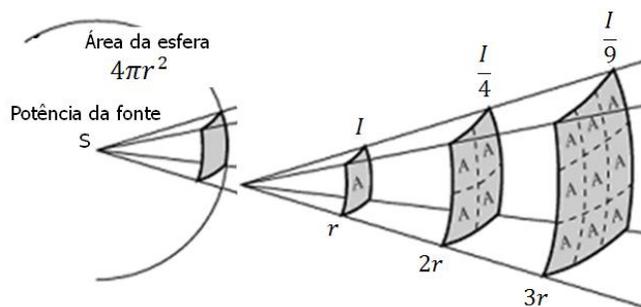


Figura 9: Intensidade Sonora na superfície de esfera.

Fonte: <http://esec.pt/~pcarvalho/pisom.html>

Instrumentos de avaliação:

Segundo Fernandes (2008), a instrumentação para medição de ruído é a única que tem regulamentação internacional e a que apresenta a maior versatilidade e opção de modelos, desde simples até complexas análises de níveis sonoros, com diferentes graus de exatidão. Os aparelhos de boa procedência atendem aos padrões da IEC (*International Electrotechnical Commission*) e do ANSI (*American Standards Institute*). Os equipamentos de medida de som, portanto, devem atender a uma das seguintes normas:

IEC 651 (1979) - *Sound Level Meters*

IEC 804 (1985) - *Integrating-Averaging Sound Level Meters*

ANSI S1.4 - (1983) - *Specification for Sound Level Meters*

ANSI S1.25 - (1991) - *Specification for Personal Noise Dosimeters*

ANSI S1.11 - (1986) - *Specification for Oitava Filters.*

Em função de sua tolerância na precisão das medições, os medidores são classificados pela ANSI S1.4 em três padrões, e pela IEC 651 em quatro (FERNANDES, 2008):

Classificação pela IEC 651:

Tipo 0: padrão de referência para laboratório de ensaio;

Tipo 1: estudo de campo e laboratório de controle de ambiente;

Tipo 2: aplicações gerais;

Tipo 3: Inspeções rotineiras, tipo "varredura", para constatar se os níveis de ruído estão substancialmente acima dos limites de tolerância.

Classificação pela ANSI S1.4:

Tipo 0: padrão de referência para laboratório de ensaio;

Tipo 1: estudo de campo e laboratório de controle de ambiente;

Tipo 2: aplicações gerais;

Para a avaliação do nível de ruído em uma atividade laboral pode-se utilizar uma grande variedade de equipamentos, a escolha dependerá do dado que se deseja obter, assim como do tipo de ruído que se deseja avaliar. Os três instrumentos mais frequentemente utilizados são medidor de nível de pressão sonora, medidor integrador de uso pessoal, também denominado dosímetro, e analisadores de frequência, todos descritos na sequência (SOUZA, 1999).

Segundo Fernandes (2008), o medidor de nível de pressão sonora registra a pressão sonora de um fenômeno acústico, expressando o resultado em dB, que é o nível de pressão sonora no ambiente analisado em comparação com uma pressão sonora de referência de 2×10^5 Pascal. Possuem cinco tipos de filtros de compensação para frequência e circuitos de resposta: A, B, C, D e Linear, que simulam o comportamento do ouvido humano, registrando o nível de pressão sonora efetivo que chega ao ouvido, independente da faixa de frequência em que o ruído é emitido conforme descrito na Tabela 10.

Com relação à medição no circuito de compensação "A", deve-se esclarecer o seguinte: o ouvido humano possui sensibilidade diferente para várias frequências, desta forma, na tentativa de aproximar a resposta do aparelho ao ouvido humano, foram desenvolvidas e normatizadas internacionalmente as curvas de compensação "A, B, C e D". Com base em estudos de pesquisadores sobre o assunto, chegou-se à conclusão de que a curva de compensação "A" é a que mais se aproxima da resposta do ouvido humano, sendo desta forma adotada para medir níveis de exposição ao ruído contínuo ou intermitente (SALIBA, 2004).

Tabela 10: Filtros de compensação

Tipo de Filtro	Característica
A	Mais usado para medição de ruídos contínuos, pois apresenta respostas mais próximas do ouvido humano. Tem como expressão simbólica o db(a).
B	Usado para ruído contínuo, mas sua utilização é restrita pela pouca semelhança com o ouvido humano.
C	Utilizado para medição de ruído de impacto, que é medido preferencialmente pelo filtro Linear.
D	Ruído contínuo de alta frequência e nível de pressão sonora alto.

Fonte: Fernandes, (2008)

Além destas características há também os circuitos de respostas destes instrumentos, que podem ser de três tipos: *Fast* (rápido), *Slow* (lento) e Impulso (FERNANDES, 2008).

Conforme comenta Saliba (2004), os níveis de ruído contínuos ou intermitentes, definidos pelo item 1 do Anexo I da Norma Regulamentadora nº 15, (BRASIL, 1978) serão medidos com instrumento de nível de pressão sonora operando no circuito de compensação "A", com resposta lenta "*slow*", entendendo-se como ruído contínuo ou intermitente todo aquele que não seja de impacto. Entretanto, a norma não menciona a precisão do equipamento a ser utilizado nem o uso do áudio dosímetro, segundo Saliba (2004)

fica implícito o uso deste último aparelho, pois o item seis do Anexo I prevê efeitos combinados para o ruído, que é o princípio de funcionamento do aparelho.

Outro equipamento utilizado para a determinação do nível de ruído é o medidor integrador de uso pessoal (dosímetro). Este é um monitor de exposição que acumula o ruído constantemente, utilizando um microfone e circuitos similares aos dos medidores de pressão sonora. O equipamento é capaz de expressar a dose acumulada durante o seu tempo de funcionamento. Portanto, para comparação entre os valores encontrados nas avaliações e os limites de tolerância da Norma Regulamentadora nº 15, (BRASIL, 1978), foi realizada a dose em quatro trabalhadores que utilizavam roçadora do fabricante “B” com potência de 2,4 Hp.

Segundo Hans (2001), dose é um parâmetro utilizado para quantificar a exposição ao ruído em determinado período, durante turnos de % de exposição ao ruído relativo, por exemplo, a 85 dB por oito horas, isto é, 100% dose = 85dB(A) por oito horas de trabalho. Este valor é conhecido como critério. Se a pessoa permanece no ambiente por quatro horas, ela recebe 50% de dose. Segundo OSHA (*Occupational Safety & Health Administration*) 100% de dose significa que o indivíduo esteve exposto a um nível médio equivalente a 90 dB durante oito horas contínuas. O fator duplicativo é 5 dB, ou seja, caso o nível sonoro contínuo equivalente passe a 95 dB a dose passará a 200%. No entanto, se este nível passar a 85 dB, haverá uma dose de 50%. Para Fernandes (2010), dose de ruído é uma variação do nível de som contínuo equivalente, medido para toda a jornada de trabalho.

O ouvido humano considera como iguais aquelas frequências que se encontram dentro de uma dada faixa de frequência em que o limite superior é aproximadamente o dobro da frequência limite inferior. Tal faixa é denominada banda de frequência (DIAS, 2005). A frequência central é definida como a média geométrica entre as frequências limites superior e inferior. Para uma análise mais fina é costume dividir o intervalo de uma oitava em três intervalos de 1/3 de oitava. As frequências centrais, bem como os seus limites superior e inferior, encontram-se normalizados internacionalmente (Tabela 11).

Uma análise em frequência cada vez mais fina levaria a bandas de frequência sucessivamente mais estreitas e a níveis de pressão sonora na banda cada vez mais baixos (DIAS, 2005). Ainda segundo Dias (2005), uma oitava é uma banda de frequência em que a frequência limite superior é aproximadamente o dobro da frequência limite inferior.

Tabela 11: Frequências centrais e os limites superior e inferior.

Frequência central (Hz)	1/3 de oitava (Hz)		Oitava (Hz)	
	de	a	de	a
125	112	141	89,1	178
250	224	282	178	355
500	447	562	355	708
1.000	891	1.120	708	1.410
2.000	1.780	2.240	1.410	2.820
4.000	3.550	4.470	2.820	5.620
8.000	7.080	8.910	5.620	11.200

Fonte: Dias, (2005)

As frequências agudas são mais lesivas do que as graves, mas são, em geral, de mais fácil controle. Os tipos mais utilizados são os analisadores de bandas de oitava, que possuem esta denominação porque a faixa audível do ouvido humano é dividida em oito bandas ou intervalos. Cada banda é expressa no valor central do intervalo, a banda de oitava, variando de 354-708 Hz, frequência central de 500 Hz, e analisadores de 1/3 de bandas de oitava, em que esta é dividida em três frequências.

4.3.2.1 Legislação

Para o controle de ruído nas atividades laborais existem recomendações dos níveis máximos permissíveis e o tempo de exposição (Tabela 12). No Brasil as atividades rurais são regulamentadas por meio da “Lei do Trabalho Rural” (Brasil, 1973), que no seu artigo 13º remete à regulamentação ao Ministério do Trabalho; Atividades e Operações Insalubres, Norma Regulamentadora nº 15, (BRASIL, 1978), e recentemente pela portaria nº 86, de três de março de 2005, que aprova a Norma Regulamentadora de Segurança e Saúde no Trabalho na Agricultura, Pecuária, Silvicultura, Exploração Florestal e Aquicultura Norma Regulamentadora nº 31 (BRASIL, 1978).

Tabela 12: Exposição ao ruído, resumida.

Horas	dB(A)
8	85
4	95
2	100

Fonte: BRASIL, (1978)

A Norma Regulamentadora nº 15, (BRASIL, 1978), que estabelece os critérios de exposição para ruído contínuo, determina que o trabalhador poderá ficar exposto a no máximo 85 db(A) por jornada de trabalho de oito horas de serviço.

Segundo Meduri (2010), a recomendação da ISO, adotada pela maioria dos países europeus o limite de exposição (limite de tolerância) para oito horas é de 90 dB(A), a OSHA também adota para oito horas e trabalho 90 dB(A), conforme Tabela 13.

Tabela 13: Exposição ao ruído segundo ISO e OSHA, resumida.

ISO		OSHA
Horas	dB(A)	dB(A)
8	90	90
4	93	95
2	96	100

Fonte: Meduri, (2010)

4.3.2.2 Efeito do som sobre o trabalhador

Segundo o Decreto nº 3.048 (BRASIL, 1999), que aprova o Regulamento da Previdência Social no seu Anexo II, Agentes Patogênicos Causadores de Doenças Profissionais ou do Trabalho, item XXI - Ruído e Afecção Auditiva atividade em: mineração, construção de túneis, exploração de pedreiras (detonação, perfuração); engenharia pesada (fundição de ferro, prensa de forja); trabalho com máquinas que funcionam com potentes motores a combustão; utilização de máquinas têxteis; testes de reatores de aviões são

atividades que potencialmente pode levar o trabalhador a ter Perda Auditiva induzida por Ruído Ocupacional (PAIRO).

A Perda Auditiva induzida por Ruído Ocupacional pode ser definido, segundo o Comitê Nacional de Ruído e Conservação Auditiva (Diretrizes Básicas de um Programa de Conservação Auditiva, 2000), como a perda auditiva induzida pelo ruído relacionada ao trabalho e, diferentemente do trauma acústico, é uma diminuição gradual da acuidade auditiva, decorrente da exposição continuada a elevados níveis de pressão sonora.

Diferente da Perda Auditiva Induzida pelo Ruído Ocupacional (PAIRO), a presbiacusia é a perda fisiológica da audição em decorrência da idade, acontece devido a alterações no sistema auditivo, principalmente por processos de calcificação e perda de elasticidade das fibras do ouvido interno, e pode ser acelerada por exposição a ruídos em ambiente de trabalho, por ototoxidez e, também, pelo próprio ruído urbano. (PAPARELLA, 1979, CAMAROTTO, 1985 e GERGES, 2005).

Segundo Mendes (2005), vários são os agentes de natureza química, física e psíquica presentes no ambiente de trabalho capazes de provocar a elevação da pressão arterial, dentre os quais destaca-se a exposição ao ruído. Além disso, podem provocar também alterações hormonais e bioquímicas (aumento do nível plasmático de colesterol, triglicérides).

Souza (1999) comenta que a Perda Auditiva Induzida pelo Ruído Ocupacional (PAIRO) é um comprometimento do sistema auditivo passível de prevenção, podendo acarretar incapacidade aos indivíduos com relação à percepção da fala em ambientes ruidosos: televisão, rádio, cinema, teatro, sinais sonoros de alerta, música e sons ambientais. Outra alteração é relacionada a fatores psicossociais e ambientais, como estresse, ansiedade, isolamento e autoimagem pobre, que acabam por comprometer as relações do indivíduo na família, no trabalho, prejudicando o desempenho de suas atividades da vida diária.

A Perda Auditiva Induzida pelo Ruído Ocupacional pode ter como características:

Ser sempre neurossensorial, em razão de danos causados às células do Órgão de Corti;
Ser irreversível e quase sempre similar bilateralmente;

Manifestar-se primeira e predominantemente nas frequências de 6,4 ou três Khz e, com o agravamento da lesão, estender-se às frequências de oito, dois, um, zero, cinco e 0,25 Khz, que levam mais tempo para serem comprometidas;

Portador pode apresentar intolerância a sons intensos, zumbidos e ter seu processo de comunicação comprometido;

Não progredir quando cessada a exposição ao ruído intenso;

Instalar-se, principalmente influenciada pelas características físicas do ruído (tipo, espectro e nível de pressão sonora), pelo tempo de exposição e suscetibilidade individual;

A progressão da perda torna-se mais lenta à medida que os limites auditivos aumentam;

Atingir o seu nível máximo para as frequências de três, quatro e seis Khz nos primeiros dez a quinze anos de exposição sob condições estáveis de ruído (MENDES, 2005).

O som é uma forma de energia que para o meio físico apresenta efeitos desprezíveis, ao contrário dos que ocorrem em relação ao trabalhador, pois tem a capacidade de afetá-lo de forma significativa do ponto de vista psicológico, fisiológico e físico. O som intermitente de uma gota d'água pingando de uma torneira pode impedir uma pessoa de dormir, e são apenas trinta ou quarenta dB, ou ainda pode provocar uma avalanche sob o feito da ressonância. Os sons entre noventa e cento e vinte dB(A), além de efeitos psicológicos, podem facultar efeitos fisiológicos definitivos. A visão pode ser afetada com sons acima de cento e vinte dB(A) devido à ressonância no interior do globo ocular (MEDURI, 2010).

De acordo com Mendes (2005, p.517), a interferência do ruído nos diversos órgãos e aparelhos e por meio de um mecanismo indireto, ativando ou inibindo o sistema nervoso, central e periférico, pode causar alterações nos principais sistemas orgânicos, alguns deles descritos a seguir:

Aparelho circulatório: sabe-se que curtos períodos de exposição a um nível de pressão sonora entre sessenta e cem dB(A), em pacientes normotensos e hipertensos, elevam a pressão sanguínea, em média, de 3,3 a 7,0%, além de provocar taquicardia. Em pessoas com surdez provocada pelo ruído, observa-se uma queda de pressão;

Aparelho digestivo: alterando o movimento peristáltico, provocando gastrites, úlceras, enjoos e vômitos;

Sistema endócrino: alteração no funcionamento glandular;

Sistema imunológico: alterando as células de defesa;

Química sanguínea: modificando os índices do colesterol;
 Gravidez: o ouvido do feto é formado até o quinto mês de gestação e reage ao ruído com o aumento do batimento cardíaco e agitação;
 Função sexual e reprodutiva: nos homens, diminuiu a libido, levando à impotência ou infertilidade. Nas mulheres, altera a menstruação e ciclos anovulatórios;
 Equilíbrio: dificultam o equilíbrio, vertigens, desmaios e dilatação da pupila. Pode-se tornar crônica a labirintite, de acordo com a exposição;
 Sistema nervoso: Tremores de mãos, diminuição de estímulos visuais, desencadeamento ou piora de crises epiléticas;
 Concentração: interferência negativa na realização de tarefas físicas e mentais que necessitam de concentração, diminuição da produtividade, aumento dos erros.
 Sono: insônia ou dificuldade de adormecimento. Diminuição da fase REM;
 Psiquismo: depressão e interferência nas relações interpessoais dos profissionais.

Segundo Fernandes (2005), a exposição a altos níveis de ruído, pode provocar no organismo algumas reações, tais como os contemplados na Figura 10:

- Dilatação das pupilas;
- Hipertensão sanguínea;
- Mudanças gastrointestinais;
- Reação da musculatura do esqueleto;
- Vasoconstricção das veias;
- Mudanças na produção de cortisona;
- Mudanças na produção de hormônio da tireoide;
- Mudança na produção de adrenalina;
- Fracionamento dos lipídios do sangue;
- Mudança na glicose sanguínea;
- Mudança na proteína do sangue;
- Aumento do nível de pressão sanguínea - sistólico;
- Aumento do nível de pressão sanguínea - diastólico;
- Hipertensão arterial.



Figura 10: Ação do som sobre o trabalhador
 Fonte: Fernandes, (2005)

A audição é fundamental à vida e o órgão responsável por ela é o ouvido, atualmente denominado orelha, de acordo com a Nomenclatura Anatômica Brasileira. A orelha é dividida em três partes: orelha externa, orelha média e orelha interna. Esta é a parte mais importante, principalmente a sua porção anterior, a cóclea, que contém grande quantidade de líquidos ricos em sódio e potássio, alojando o Órgão de Corti, essencial para recepção do som, formado basicamente por células de sustentação e células secundárias ciliadas externas e internas (estereocílios), ambas localizadas e fixadas sobre a membrana basilar em toda sua extensão e unidas por ligamentos de elastina. As células externas mais longas se fixam superiormente em uma membrana denominada membrana tectória, enquanto as mais curtas não fazem esse contato (COELHO, et al, 2010).

Bistafa (2006) refere que o som físico na forma de ondas sonoras é captado, processado e codificado pelo sistema auditivo (Figura 11), composto pelo pavilhão auricular, canal auditivo ou orelha externa (1), orelha média (2) e orelha interna (3), sendo responsável pela transformação do som em sensações psíquicas (Figura 12).

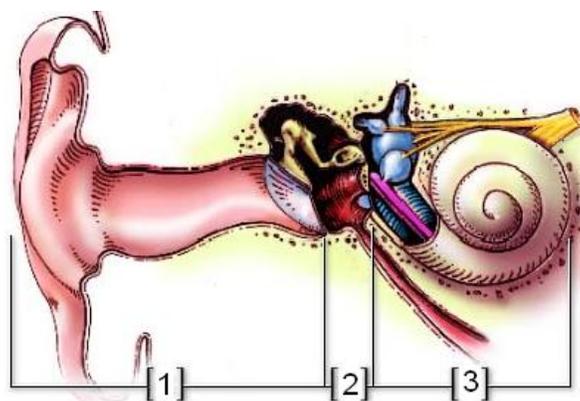


Figura 11: Sistema auditivo humano
Fonte: Bistafa, (2006)

Segundo Rosen et AL, (1962), povos que vivem no Sudão apresentam pouca presbiacusia (ou perda de audição relacionada à idade), sugerindo que a perda auditiva caracterizada como presbiacusia seja na realidade perda de audição induzida pelo ruído das sociedades modernas, o que denominaram de socioacusia.

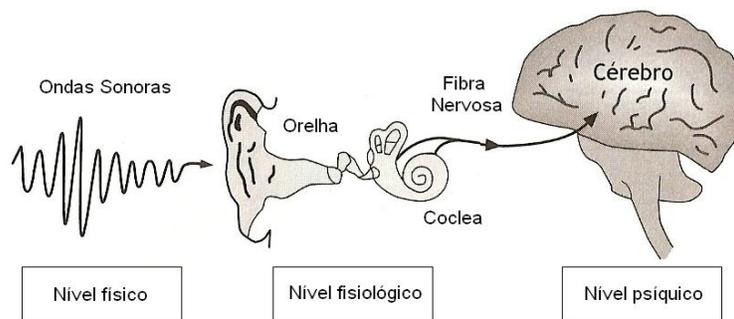


Figura 12: Processamento do som nos seres humanos.

Fonte: Bistafa, (2006)

Poletto et. al. (2012) conduziu trabalhos sobre análise do ruído em roçadoras costais motorizadas. O autor verificou que o agente físico estudado, ruído, apresenta níveis de exposição que podem acarretar lesões aos trabalhadores, apresentando limites de tolerância acima do permitido pela legislação, indicando que este agente deve ser controlado com maior rigor pelas empresas. Ainda segundo Poletto (2010) os níveis de ruído dos equipamentos ensaiados, quando comparados com as normas regulamentadoras estão muito acima dos padrões de conforto, atingindo a região de perda de audição.

4.3.2.3 Ruído causado por motores a combustão interna

As três principais fontes de irradiação de ruído são: exaustão dos gases de combustão, admissão do ar e o bloco do motor. A estimativa da potência sonora irradiada a cada uma destas fontes pode ser determinada por meio das equações apresentadas a seguir (BISTAFA, 2006):

Ruído de exaustão: O nível de potência sonora total (L_w) irradiada pela exaustão pode ser estimado por meio da Equação III (BISTAFA, 2006).

$$L_w = 10 \log Pot - k - \left(\frac{l_{ex}}{1,2} \right) + 120 \quad \text{(III)}$$

Em que:

Pot – Potência do motor [kW];

k – Fator turbo compressor;

l_{ex} – Comprimento da tubulação de exaustão [m];

O espectro de potência sonora em bandas de oitavas poderá ser obtido aplicando-se ao nível de potência sonora total calculado por meio da Equação III as correções listadas na Tabela 14.

Tabela 14: Correção do nível de potência sonora irradiado pela exaustão dos motores.

Frequência central da banda de oitava (Hz)	Correção (dB)
125	- 3
250	- 7
500	- 15
1.000	- 19
2.000	- 25
4.000	- 25
8.000	- 43

Fonte: Bies & Hansen, (1996)

Ainda segundo Bistafa, (2006), a atenuação em bandas de oitavas da potência sonora irradiada com a instalação de atenuadores com pequena perda de carga e conforme o tamanho na exaustão de motores pode ser encontrada na Tabela 15.

Ruído no bloco: O nível de potência sonora total (L_w) do ruído irradiado pelo bloco do motor pode ser estimado por meio da Equação IV (BISTAFA, 2006).

$$L_w = 10 \log Pot + A + B + C + D + 93 \quad (IV)$$

Em que:

Pot – Potência do motor [kW];

A, B, C, D – conforme Tabela 18;

Tabela 15: Atenuação da potência sonora pela incorporação de silenciadores

Frequência central da banda de oitava (Hz)	Atenuação (dB)		
	Pequeno	Médio	Grande
125	15	20	25
250	13	18	23
500	11	16	21
1.000	10	15	20
2.000	9	14	19
4.000	8	13	18
8.000	8	13	18

Fonte: Bies & Hansen, (1996)

Na Tabela 16 encontram-se os fatores de correção (A, B, C, D) para o ruído irradiado pelo bloco do motor.

Tabela 16: Fator de correlação – ruído no bloco.

<i>Fator de correlação da rotação (A) (RPM)</i>		<i>Fator (dB)</i>
Inferior a 600		- 5
Entre 600 e 1.500		- 2
Acima de 1.500		0
<i>Fator de correlação de combustível (B)</i>		
Diesel		0
Gás natural		- 3
<i>Fator disposição dos cilindros (C)</i>		
Em linha		0
Em V		- 1
Radial		- 1
<i>Fator correlação admissão de ar (D)</i>		
Admissão dutada externamente ao enclausuramento		0
Admissão de ar silenciada		0

Fonte: Bistafa, (2006)

A correlação do nível de potência sonora total para obtenção do nível de potência sonora em bandas de oitavas do ruído irradiado pelo bloco do motor pode ser encontrada na Tabela 17 (BISTAFA, 2006).

Tabela 17: Nível sonoro em bandas de oitavas.

Frequência central da banda de oitavas	Correlação		
	Rotação inferior a 600 RPM	Rotação entre 600 e 1.500 RPM	Rotação superior a 1.500 RPM
125	- 6	-18	-7
250	- 5	-14	-7
500	-7	-3	-8
1.000	- 9	-4	-6
2.000	- 12	-10	-7
4.000	- 18	-15	-13
8.000	- 28	-26	-20

Fonte: Bistafa, (2006)

Ruído de admissão: Para motores sem turbocompressor pode ser considerado desprezível quando comparado com o ruído de exaustão e do bloco.

4.3.2.4 Controle de ruído

O controle do ruído tem objetivo de obter níveis aceitáveis de ruído em determinado ambiente levando em consideração aspectos econômicos, legais, psicológicos, operacionais e médicos, sendo, portanto uma tecnologia multidisciplinar (BISTAFA, 2006).

A transmissão do som ocorre quando a energia sonora incidente em uma superfície a faz vibrar tornando-a uma nova fonte de som, irradiando-se para ambos os lados, desta forma ouve-se o som gerado pela própria superfície que foi excitada pela fonte sonora do outro lado. Esta capacidade de transmitir o som é medida pelo Coeficiente de

Transmissão (τ), isto é a relação entre a Energia Sonora Incidente (ω_i) e a Energia Sonora Transmitida (ω_t), pode ser determinada pela Equação V (MEDURI, 2010).

$$\tau = \frac{\omega_t - \omega_i}{\omega_i} \quad (\text{V})$$

Em que:

τ - Coeficiente de Transmissão;

ω_i - Energia Sonora Incidente;

ω_t - Energia Sonora Transmitida;

Segundo Meduri (2010), o som pode ser refletido quando incide sobre materiais rígidos, desde que a menor dimensão do material seja maior que $\frac{1}{4}$ do comprimento de onda, desta forma, a reflexão do som obedece aos mesmos princípios da reflexão da luz, ou seja, o ângulo de incidência é igual ao ângulo refletido (Figura 13).

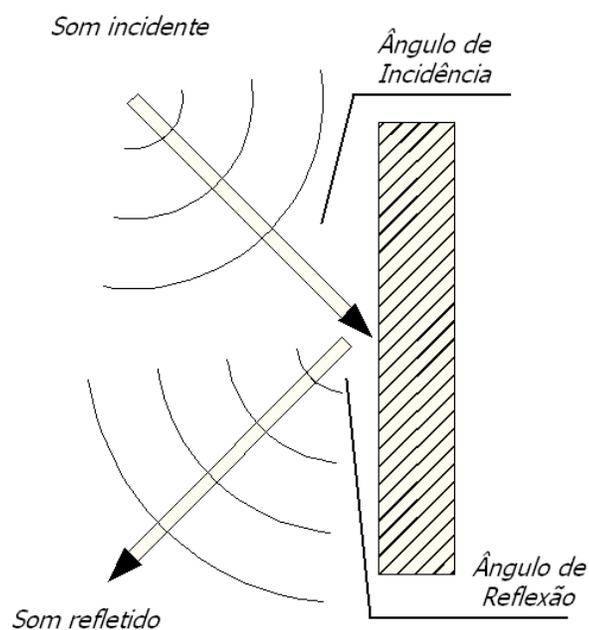


Figura 13: Reflexão do som.

Ainda segundo Meduri (2010), quando o material não apresenta rigidez para refletir o som, ele vai ser absorvido, desta forma parte do som se dissipa dentro da estrutura e outra é transmitida através da estrutura e desta forma o material é denominado absorvente acústico (Figura 14). Esta capacidade de absorver som é a relação entre a energia absorvida e a quantidade de energia incidente, e é expressa numericamente pelo coeficiente de absorção que pode variar entre zero e um.

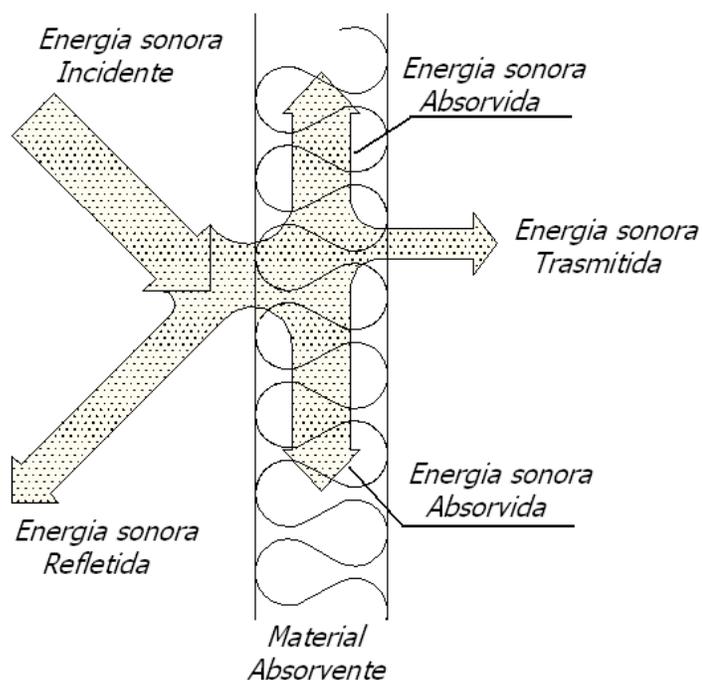


Figura 14: Transmissão do som através de um material absorvente.

De acordo com Meduri (2010), a perda de transmissão (PT) é a capacidade que um material tem em isolar o som e pode ser determinado por meio da Equação VI.

$$PT = 10 \log \frac{\omega_i}{\omega_t} \quad (VI)$$

Em que:

PT - Perda de Transmissão;

ω_i - Energia Sonora Incidente;

ω_t - Energia Sonora Transmitida;

Os fenômenos que podem ocorrer com o som quando incide em uma superfície depende da forma, dimensão, volume e materiais desta superfície. Este último elemento tem influência decisiva em dois fenômenos, em função da propriedade mais pronunciada: absorção e a isolação do som. Materiais absorventes são aqueles que recebem o som e não o refletem, absorvendo-o, parte transforma-se em energia térmica no próprio material e o restante é transmitido para o outro lado. Materiais absorventes em geral são maus isolantes (MEDURI, 2010).

Ainda segundo o mesmo autor, os materiais absorventes existentes no mercado podem ser de dois tipos: fibrosos e porosos. Nos fibrosos a fibra do material ao receber o som acompanha o movimento das moléculas do ar absorvendo parte da energia sonora, transformando-a em calor, portanto o som é dissipado dentro do material, a outra parcela da energia acaba por atravessar o material e somente uma pequena parte é refletida.

Nos materiais porosos o fenômeno da reflexão da energia sonora acontece no interior dos poros onde o som é refletido inúmeras vezes até ser absorvido, mesmo assim há uma pequena parcela de energia que acaba atravessando o isolante, entretanto esta quantidade é menor que nos materiais fibrosos. Já materiais isolantes são aqueles que dificultam a passagem do som, refletindo-o (MARTINS, 2008).

Material Fonoabsorvente: a energia contida em uma onda sonora ao incidir em uma superfície pode ser refletida, transmitida ou absorvida. Nos materiais fonoabsorventes os poros existentes asseguram a propagação das ondas sonoras que ali incidem, possibilitando a transformação da energia sonora em movimento oscilatório, gerando atrito sobre as superfícies sólidas, havendo desta forma, transformação da energia em calor (MARTINS, 2008).

Ainda segundo o mesmo autor, a eficiência destes materiais está diretamente associada à espessura e densidade. Fibras soltas e afastadas têm menor capacidade de transformar a energia sonora em calor, e material constituído por fibras compactas não

permitem penetração das ondas, conseqüentemente, diminuindo o movimento oscilatório do ar não criando desta forma o atrito sobre as paredes sólidas do material.

Silenciadores ou atenuadores de ruído são dispositivos que permitem a passagem do fluido, reduzindo a transmissão de ruído. O seu projeto deve atender no mínimo a cinco critérios básicos (EMBLETON, 1971, p.65):

Desempenho de atenuação: fornecendo a redução adequada de ruído nas frequências de interesse;

Aerodinâmica: especificando o máximo de pressão aceitável pelo silenciador a uma determinada temperatura e fluxo de massa;

Geométrico: especificando o máximo volume permissível e restrições de forma;

Mecânico: especificando os materiais que devem ser empregados na construção de acordo com a utilização do silenciador, principalmente nos casos que envolvem altas temperaturas ou gases corrosivos;

Econômico: reduzindo o preço o máximo possível.

Bistafa, (2006) comenta que silenciadores são dispositivos projetados para atenuar ou absorver energia sonora propagada em escoamento fluido, aplicados em sistemas de condicionamento de ar, unidade de admissão e de exaustão de gases, entre outros equipamentos, podendo ser classificados em três categorias: reativo ou reflexivo, resistivo ou dissipativo e combinado.

Os silenciadores reativos são constituídos por segmentos de tubulações interconectadas com outras câmaras maiores, que incluem câmaras de expansão, ressonadores reativos e tubos perfurados. O mecanismo de atenuação sonora se deve às descontinuidades de sua geometria interna, gerando descasamento de impedância para as ondas sonoras propagadas no interior do sistema, propiciando que a energia sonora seja dissipada devido às múltiplas reflexões e pela absorção na própria fonte (BISTAFA, 2006).

O silenciador reativo, portanto, é um sistema de filtros onde uma ou mais câmaras promovem a atenuação sonora por meio da uma redistribuição da energia, de modo que a energia transportada pelo fluido posterior ao atenuador seja menor (WANG et al, 1993).

Ainda de acordo com Bistafa (2006), a eficiência deste silenciador é maior a baixas frequências e são indicados quando não é possível utilizar silenciadores resistivos (ex.: exaustão de gases agressivos e quentes, quando o material absorvente pode sofrer desintegração). A aplicação típica deste tipo de silenciador é na exaustão de motores de combustão interna (Figura 15).

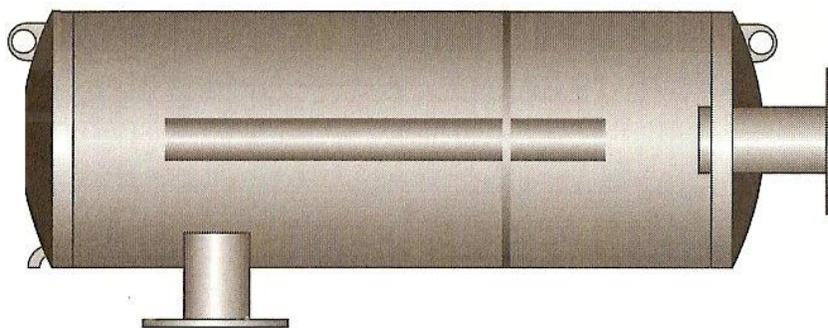


Figura 15: Silenciador reativo para motores de combustão interna.
Fonte: Bistafa, (2006)

O comprimento da câmara deve ser escolhido de forma que as ondas sonoras refletidas cancelem as incidentes, e a perda na transmissão da câmara é calculada por meio da diferença entre o nível da potência sonora incidente e transmitida e estimada pela Equação VII (BISTAFA, 2006).

$$PT = 10 \log \left[1 + \frac{1}{4} * \left(s' - \frac{1}{s'} \right)^2 * \text{sen}^2 \left(\frac{2\pi L_c}{\gamma} \right) \right] \quad (\text{VII})$$

Em que:

PT – Perda de transmissão;

s' – Razão entre as áreas S_c/S_E [m];

γ - Comprimento de onda [m];

L_c - comprimento da câmara [m];

Algumas observações sobre projeto de câmara:

Quanto maior a razão entre as câmaras, maior a perda de transmissão;

O comprimento da câmara (L_c) controla o número e a largura das faixas de frequência em que ocorrerá a máxima atenuação;

O aumento da velocidade do escoamento através do silenciados até trinta m/s tende a aumentar a perda de transmissão;

Devem-se evitar câmaras grandes, pois estas oferecem maior área de radiação sonora.

Na Figura 16 encontra-se um exemplo de projeto de câmara em que S_e é o diâmetro da câmara externa e S_c diâmetro da câmara interna e L_c comprimento da câmara.

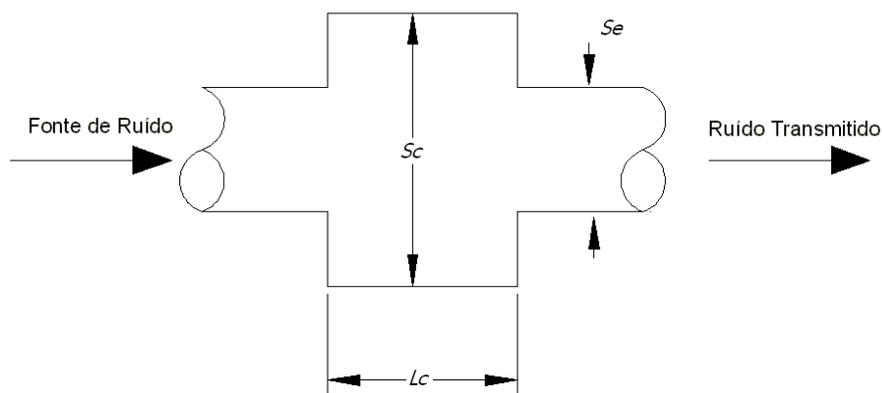


Figura 16: Relação entre as câmaras no atenuador
Fonte: Bistafa, (2006)

O comprimento de onda (γ) é determinado por meio da equação VIII.

$$\gamma = \frac{c_{ar}}{f} \quad (\text{VIII})$$

Em que:

γ - Comprimento de onda [m];

C_{ar} - Velocidade do som no ar [m/s];

f - Frequência [hZ];

A velocidade do som no ar pode ser determinada por meio da equação

IX.

$$C_{ar} = 20 * \sqrt{273 + T_{ar}} \quad (IX)$$

Em que:

C_{ar} - Velocidade do som no ar [m/s];

T_{ar} - Temperatura do ar [$^{\circ}$ C];

Outra forma de silenciador reativo é o Silenciador tipo “*Plenum*” ou Câmara. Ele é constituído de uma câmara revestida internamente com material fonoabsorvente, (Figura 17) conectado a dois dutos de menor seção transversal, localizados de lados opostos e com os eixos não alinhados (BISTAFA, 2006).

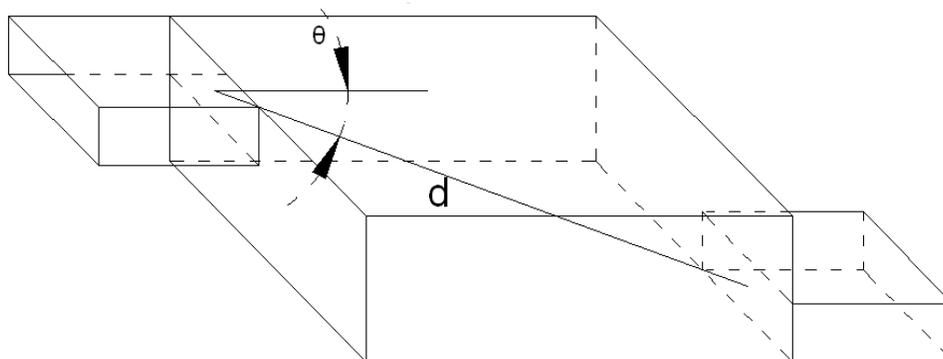


Figura 17: Silenciados tipo "Plenum"

Fonte: Bistafa, (2006)

A perda na transmissão neste caso pode ser estimada por meio da Equação X.

$$PT = -10 \text{Log} \left[S_s \left(\frac{\cos \theta}{2\pi d^2} + \frac{1-\alpha}{\alpha * S_c} \right) \right] \quad (\text{X})$$

Em que:

T_{ar} – Temperatura do ar [$^{\circ}\text{C}$];

S_s – Área de saída da câmara [m^2];

θ – Ângulo que d faz com a normal da superfície de entrada;

d – Distância [m];

S_c – Área interna da câmara [m^2];

α - Coeficiente de absorção sonora do revestimento interno;

Neste caso a atenuação real tende a ser maior que a encontrada por meio da equação IX, podendo exceder o resultado calculado em até dez dB (BISTAFA, 2006).

Silenciador resistivo: Os atenuadores resistivos (Figura 18) utilizam materiais absorventes e embora façam frequentemente o uso das propriedades reativas, para obtenção dos pretendidos graus de atenuação, são essencialmente uma câmara revestida internamente com material absorvente poroso ou fibroso, atenuando o ruído pela conversão da energia sonora em calor, originado pelo atrito das partículas oscilantes do gás nos poros do material absorvente (BISTAFA, 2006).

Possuem uma ampla gama de aplicações, pois possibilitam redução de ruído em uma larga faixa de frequências são de fácil instalação, têm vida útil longa e manutenção mínima. Como desvantagem apresentam redução drástica no seu desempenho acústico nas frequências abaixo de 500 Hz e podem causar danos aos equipamentos por reduzir o fluxo de ar (ARAUJO, 2005).

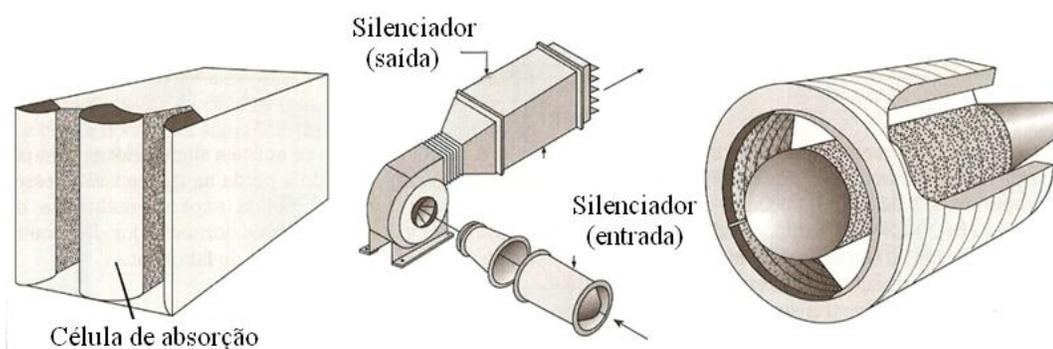


Figura 18: Silenciadores resistentes.
Fonte: Bistafa, (2006).

Combinado: A combinação de elementos reativos e resistentes (Figura 19) nos silenciadores cobre maior faixa de frequência de atenuação, são muito utilizados na redução de ruído de exaustão de motores de combustão interna (BISTAFA, 2006).

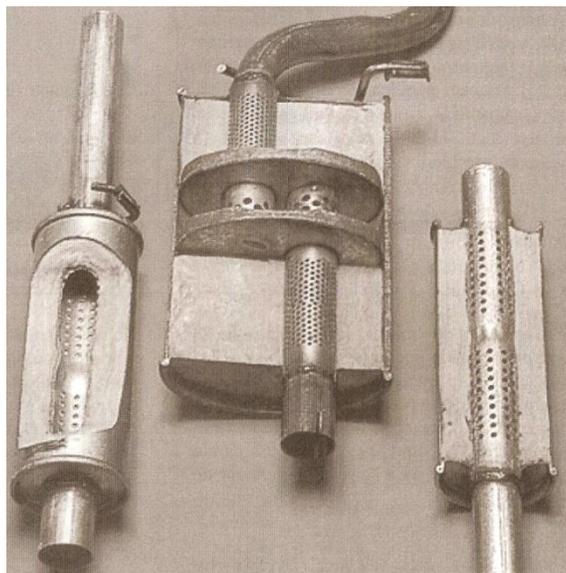


Figura 19: Silenciadores combinados.
Fonte: Bistafa, (2006)

Na Figura 23 encontram-se as curvas típicas de atenuação para os diferentes tipos de silenciadores.

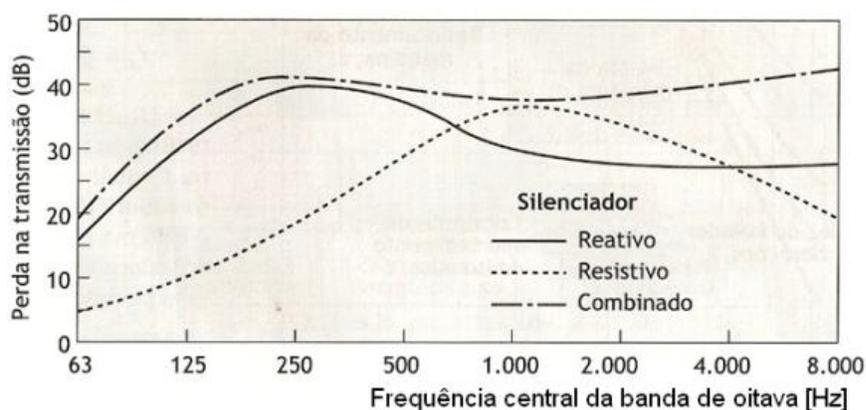


Figura 20: Curvas típicas de atenuação (Resistivo, Reativo e combinado).
Fonte: Bistafa, (2006)

4.3.3 Exposição a agentes químicos

A crescente oferta de novos produtos químicos utilizados na sociedade industrializada do século XX levou ao incremento, no ambiente, de grandes quantidades de compostos químicos provenientes das descargas industriais e de várias outras atividades antrópicas nos diversos compartimentos ambientais (ALMEIDA et al.2007).

Segundo Uva e Faria (2000), o número de substâncias químicas a que se encontram expostos os trabalhadores aumenta dia a dia, sabendo-se que atualmente, mais de três mil, entre as cerca de cem mil substâncias utilizadas, possuem ação alergênica ou irritante. Tal aspecto, no entretanto, não será abordado nesse trabalho.

4.3.4 Trabalho a céu aberto

Não existe norma prevendo adicional de insalubridade a empregado que trabalha a céu aberto. Com base neste argumento os Tribunais Regionais do Trabalho e o Tribunal Superior do Trabalho (SUMULA 173, TST, 2012) estão indeferindo o adicional, mesmo que o laudo pericial conclua pela insalubridade devido à exposição aos raios ultravioletas. A Orientação Jurisprudencial 173 do TST prevê que o adicional de insalubridade

é indevido ao trabalhador que se ative a céu aberto por falta de norma sobre o assunto (ZANELLA, 2005).

Contudo, o Projeto de Lei 3519/12 (Brasil, 2012) prevê o pagamento de adicional no valor de 20% para os trabalhadores que exercerem atividade a céu aberto e sob radiação solar. O projeto fixa ainda jornada de seis horas diárias ou 36 semanais e o direito ao descanso de 10 minutos a cada 90 trabalhados. Além deste há também o Projeto de Lei 4027/12 (BRASIL, 2012), que obriga o fornecimento de protetor solar aos empregados que realizarem suas atividades a céu aberto.

Segundo Pereira (2005), no caso da sobrecarga térmica a que são submetidos os trabalhadores que desempenham suas atividades profissionais em ambientes externos com carga solar, verifica-se que a exposição do obreiro ao calor radiante da energia solar, concomitantemente ao desempenho de atividade física, proporciona o acréscimo no ganho de calor do organismo, haja visto que nesta situação o impacto do calor radiante é influenciado diretamente pela elevação metabólica do organismo em atividade física.

De acordo com a *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH, 2006, p.193), “sobrecarga térmica é a quantidade de carga de calor a que o trabalhador pode estar exposto, resultante da combinação das contribuições da taxa metabólica relacionada ao trabalho exercido e dos fatores ambientais (isto é, temperatura do ar, umidade, velocidade do ar e calor radiante) e das vestimentas exigidas para o trabalho”. Uma sobrecarga térmica leve ou moderada pode causar desconforto e afetar negativamente o desempenho e a segurança, mas não é prejudicial a saúde. Quando a sobrecarga térmica se aproxima dos Limites de Tolerância humanos, aumenta o risco de danos à saúde relacionada ao calor.

Ainda de acordo com a *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH, 2011), o Limite de Tolerância pode ser definido como o nível máximo do agente e o tempo de exposição que representam condições às quais se acredita que a maioria dos trabalhadores possa estar exposta repetidamente sem sofrer danos à saúde.

4.3.5 Exposição ao calor

Calor pode ser definido como a “forma de energia que se transfere de um sistema para outro por uma diferença de temperatura entre os dois. Sensação que se tem num ambiente aquecido (pelo sol ou artificialmente), ou junto de um objeto quente ou que aquece” (FERREIRA, 2004, p.118).

Do ponto de vista da higiene ocupacional, o calor é compreendido como o agente de natureza física que pode causar dano à saúde do trabalhador quando da violação do limite de tolerância fixado no Anexo nº 3, da Norma Regulamentadora nº 15 (BRASIL, 1978), que estabelece para avaliação o Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo – IBUTG.

Segundo este critério a exposição ao calor deve ser avaliada por meio das equações XI e XII.

Ambientes internos ou externos com carga solar:

$$IBUTG = 0,7 tbn + 0,3 tg \quad (XI)$$

Em que:

IBUTG – Índice bulbo úmido termômetro globo [$^{\circ}\text{C}$];

tbn – Temperatura bulbo natural [$^{\circ}\text{C}$];

tg – Termômetro globo [$^{\circ}\text{C}$];

Ambientes externos com carga solar:

$$IBUTG = 0,7 tbn + 0,1 tbs + 0,2 tg \quad (XII)$$

Em que:

IBUTG – Índice bulbo úmido termômetro globo [$^{\circ}\text{C}$];

tbn – Temperatura bulbo natural [$^{\circ}\text{C}$];

tbs – Temperatura bulbo seco [$^{\circ}\text{C}$];

tg – Termômetro globo [$^{\circ}\text{C}$];

Devido ao acréscimo da temperatura no ambiente de trabalho os mecanismos de regulação térmica do organismo humano entram em ação, promovendo o equilíbrio entre produção e perda do calor para o ambiente externo, fazendo a temperatura dos tecidos profundos do corpo, ou seja, a temperatura central, permanecer praticamente constante com variação de $0,6^{\circ}\text{C}$. Desta forma, um indivíduo pode suportar variação de temperatura entre treze $^{\circ}\text{C}$ e setenta $^{\circ}\text{C}$ e manter a sua temperatura central constante, mas se esta variar quatro $^{\circ}\text{C}$ há grande risco para a vida do trabalhador (MENDES, 2005).

Ainda segundo Mendes (2005), a temperatura corporal pode ser avaliada por meio das temperaturas retal, timpânica, oral, da urina e axilar. Cada uma destas formas de avaliar a temperatura apresenta variação em relação à temperatura central e que devem ser corrigidas para serem aplicadas. A temperatura retal é $0,2^{\circ}\text{C}$ menor que a temperatura central e $0,6^{\circ}\text{C}$ maior que a axilar.

Na Tabela 18, com base na Norma Regulamentadora nº 15 (BRASIL, 1978), Anexo nº3, quadro nº 1, há o Limite de Exposição Ocupacional ao calor levando em consideração a taxa metabólica.

Tabela 18: Regime de Trabalho x Tipo de Atividade - quadro 1da NR 15

Regime de trabalho intermitente com períodos de descanso no próprio local de prestação de serviço.	Tipo de atividade – IBUTG – $^{\circ}\text{C}$		
	Leve	Moderada	Pesada
Trabalho contínuo	Até 30,0	Até 26,7	Até 25,0
45 min. Trabalho. 15 min. Descanso.	31,1 – 30,6	26,8 – 28,0	25,1 – 25,9
30min. Trabalho. 30 min. Descanso.	30,7 – 31,4	28,1 – 29,4	26,0 – 27,9
15 min. Trabalho. 45 min. Descanso.	31,5 – 32,2	29,5 – 31,1	28,0 – 30,0
Não é permitido o trabalho sem adoção de medidas especiais.	Acima de 32,2	Acima de 31,1	Acima de 30,0

Fonte: BRASI, (1978)

A determinação do tipo de atividade (leve, moderada ou pesada) é feita consultando a Tabela de Metabolismo por tipo de Atividade (Tabela 19).

Tabela 19: Metabolismo por tipo de Atividade – NR 15.

Tipo de Atividade	Ex.:	kcal/h	
Trabalho Leve	Sentado em Repouso;	100	
	Sentado movimentos moderados com braço e tronco;	Datilografia	125
	Sentado, movimento moderados com braços e pernas	Dirigir	150
	De pé, trabalho leve em máquinas ou bancadas, principalmente com os braços;		150
Trabalho moderado	Sentado, movimentos rigorosos com os braços e pernas;		180
	De pé, trabalho leve em máquinas ou bancadas, com alguma movimentação;		175
	De pé, trabalho moderado em máquinas ou bancadas, com alguma movimentação;		220
	Em movimento, trabalho moderado de levantar ou empurrar;		300
Trabalho pesado	Trabalho intermitente de levantar, empurrar ou arrastar pesos.	Remoção com pá	440
	Trabalho fatigante		550

Fonte: BRASIL, (1978)

A taxa metabólica dos trabalhadores pode também ser determinada utilizando-se a Norma de Higiene Ocupacional NHO 06 (FUNDACENTRO, 2002), em que podem ser encontradas diversas atividades físicas exercidas pelos trabalhadores e a estimativa da taxa metabólica (Tabela 20).

4.3.6 Aspectos ergonômicos

A Ergonomia tem entre seus objetivos o estudo da adaptação do trabalho ao homem, prevenindo e diminuindo desta forma acidentes e doenças do trabalho (DIONISIO et al, 2011).

Tabela 20: Taxa Metabólica por tipo de atividade

Atividade		Taxa Metabólica (kcal/h)
Sentado	Em repouso	90
	Trabalho leve	105
	Trabalho Moderado com as mãos – ex.: desenhar, trabalho de montagem	170
Em Pé	Em repouso	115
	Trabalho leve em máquinas ou bancada principalmente com os braços	150
	Trabalho leve em máquinas ou bancada com alguma movimentação	175
	Trabalho moderado de braços e tronco, ex.: limar, passar ferro, bater pregos.	225
	Trabalho pesado de braços e tronco, ex.: corte manual com serrote ou serra.	365
	Andando no plano 2km/h	170
Em Pé, Em Movimento.	Subindo rampa com inclinação de 5°	302
	Descendo rampa com inclinação de 5°	201
	Subindo escada (80 degraus por minuto)	681
	Trabalho moderado de braços, ex.: varrer.	275
	Trabalho moderado de levantar ou empurrar	300
	Trabalho de carregar pesos ou movimentos vigorosos de braço, ex.: trabalho com foice.	425
	Transportar carga no plano 10 kg	286,1
	Transportar carga no plano 50 kg	556,7
	Correndo 9 km/h	675
	Correndo 15 km/h	850

Fonte: Fundacentro NHO 06, (2002) – resumida

Segundo Grandjean (1998), a ergonomia tem como objetivo a adaptação do posto de trabalho, instrumento, máquina, horário e ambiente às necessidades psico-fisiológicas do trabalhador, portanto, para atender a estes objetivos deve-se estudar uma

série de fatores, dentre eles: o trabalhador, suas características físicas, fisiológicas e psicológicas; as máquinas e equipamentos; e o ambiente onde esta atividade é realizada, contemplando temperatura, ruído, vibração, entre outros fatores (IIDA, 2005)

Comenta Poletto (2013) que os constrangimentos relacionados à ferramenta de trabalho, neste caso a roçadora costal motorizada, pode ser amenizado com estudos para, por exemplo, reduzir o nível de ruído e as melhorias das condições de trabalho também pode colaborar para diminuir os desconfortos ao trabalhador. Ainda segundo o mesmo autor, a exposição à radiação solar em especial no trabalho a céu aberto é reconhecidamente prejudicial à saúde, entretanto o TST não reconhece o direito ao adicional de insalubridade nestas atividades. Desta forma propostas de lei no sentido de reverter este equivoco são importantes.

Com a necessidade de reconstrução do parque industrial europeu destruído na Segunda Guerra, surgem os primeiros conceitos de ergonomia, inicialmente aplicados na fábrica de automóveis Renault na França. Inicia-se a ideia que o projeto de um posto de trabalho deveria ser precedido por um estudo etnográfico da atividade, o que mais tarde foi denominado de Análise Ergonômica do Trabalho (MÁSCULO, 2011).

Segundo Abrahão e Tereso (2006), a Ergonomia pode cumprir tanto o papel de ferramenta de diagnóstico (através da aplicação da metodologia da Análise Ergonômica do Trabalho - AET), como o de disciplina de projeto (onde intervém tecnicamente no espaço de trabalho para atenuar as dificuldades diagnosticadas no cumprimento das tarefas).

Ainda segundo os mesmos autores, a aplicação da Análise Ergonômica do Trabalho nas situações de trabalho da agricultura, ancorada no trinômio demanda – tarefa – atividade, enfatiza não só a análise dos fatores físicos e ambientais do espaço de trabalho, geradores de dificuldades, mas também dos fatores organizacionais (prescrições, divisão de tarefas, ritmos, hierarquias), muitas vezes os mais relevantes.

Conforme Smith (1996), movimentos repetitivos podem causar esgotamento e desgaste nas articulações, atrito e desgaste nos tendões e ligamentos e aumento da fadiga muscular acarretando risco de ergonômicos. Ainda segundo Smith (1996), distúrbios

acumulativos são maiores quanto mais o trabalhador é exposto a esforço físico, longos períodos de ações semelhantes durante a jornada de trabalho, exposições devidas à profissão; exposições contínuas, diárias, sem pausas.

As lesões decorrentes de sobrecarga física ocorrem quando se tem uso de cargas máximas, má projeção de equipamentos e má orientação quanto ao treinamento. O trabalho nas atividades agrícolas depende da compreensão dos limites humanos físico, fisiológico e mental e da sua correta aplicação nas situações reais encontradas (SANTOS *et al.*, 2010).

Dentre os aspectos ergonômicos destacam-se:

Limites Físicos do Operador: São aqueles que envolvem características do trabalhador, por exemplo: biótipo, idade, altura, peso, sexo. Quando o indivíduo não consegue realizar determinada tarefa por causa de suas características corporais ele pode estar se expondo além de seus limites físicos (SANTOS *et al.* 2010).

Limites Fisiológicos do Operador: Estes limites referem-se a aptidão física, descanso, boa saúde, correta nutrição e também o efeito de drogas no organismo. Esses limites podem variar diariamente, por exemplo, se o indivíduo não descansou adequadamente ou não teve uma alimentação correta, pode apresentar problemas na execução de alguma tarefa que exija força ou concentração (SANTOS *et al.* 2010).

Limites Mentais e Emocionais do Operador: Os limites mentais e emocionais também como os limites fisiológicos podem variar diariamente, de acordo com o estresse mental do indivíduo. O indivíduo pode perder a capacidade de entender ou executar tarefas com a segurança necessária. À empresa contratante dos serviços são essenciais a observação e identificação de condições e fatores que possam causar sobrecarga nos funcionários, visando proporcionar ao colaborador um ambiente de trabalho em que este possa executá-lo de modo feliz, satisfeito e confortável (SANTOS *et al.* 2010).

Organização do Trabalho: além das máquinas e equipamentos utilizados nos meios de produção para transformar os materiais, deve-se também considerar todas as situações em que ocorre o relacionamento entre o homem e o seu trabalho e não

apenas o ambiente físico, mas também os aspectos organizacionais, isto é, de como o trabalho organizado, programado e controlado visando produzir os resultados desejados (IIDA, 2005).

Segundo Másculo (2011), carga de trabalho pode ser definida como resultante das exigências que sobrecarregam o indivíduo no decorrer de sua atividade de trabalho.

Iida (2005) comenta que o trabalho rural pode ser caracterizado por ritmo intensivo com exigência de alta produtividade em tempo limitado, condições inadequadas, problemas de ambiente, equipamentos e processos, condições que acabam acarretando insatisfações, cansaços, queda de produtividade, problemas de saúde e acidentes de trabalho.

Da mesma forma, Adissi (2011) comenta que o trabalho rural tem peculiaridades que devem ser mais bem analisadas, tais como: postos de trabalhos desestruturados, móveis e dependentes das variações naturais de relevo, solo, intempéries. Além disso, também cabe ao trabalhador rural controlar as condições do solo, a umidade, protegendo a cultura da concorrência de outros vegetais e da ação de predadores, insetos e de agentes microscópicos que podem prejudicar a cultura.

Segundo Guérin et al. (2001), a ergonomia tem por objetivo o trabalho, que pode ter várias designações: condição de trabalho, resultado do trabalho ou a atividade. Guérin et al. (2001) fazem ainda a distinção entre tarefa e atividade. A primeira é a parte, a tarefa, que compõe a prescrição, o comando, os objetivos, as metas, e o que a organização oferece para a execução do trabalho, outra parte, a atividade, é a maneira como o trabalhador executa a tarefa a ele determinada.

A tarefa é o tipo, a quantidade e a qualidade da produção por unidade de tempo, os necessários meios para realizá-la, determinada a um posto de trabalho, a um trabalhador. É constituída pela organização, é tudo o que o trabalhador tem que fazer e como ele deve fazê-lo, conjunto de objetivos a serem atingidos, as especificações do resultado a obter (normas de qualidade, quantidade e manutenção), os meios fornecidos para a execução da tarefa (condições da matéria-prima, máquinas e equipamentos, formação e experiência

exigidas do trabalhador, composição da equipe de trabalho) e as condições necessárias para a execução do trabalho: ambientes físico, tempo, ritmo da produção).

Portanto, os meios e condições de execução do trabalho que compõem a tarefa são: espaço de trabalho; meios materiais: dimensões, manuseio, apresentação das informações; objeto de trabalho: peças e materiais a transformar, documentos e informações a tratar, serviço a prestar; ambiente físico: luz, ruído, vibrações, calor, radiações.

Desta forma, a atividade de trabalho é o elemento central que organiza e estrutura os componentes da situação de trabalho, por um lado o trabalhador com características próprias, por outro, a empresa com regras e o contexto para realização do trabalho. No centro há o contrato de trabalho entre a empresa e o trabalhador, a tarefa e a atividade (GUÉRIN et al, 2001).

Na Figura 21 encontram-se as variáveis que interferem nesta relação entre o Trabalhador e a Empresa.

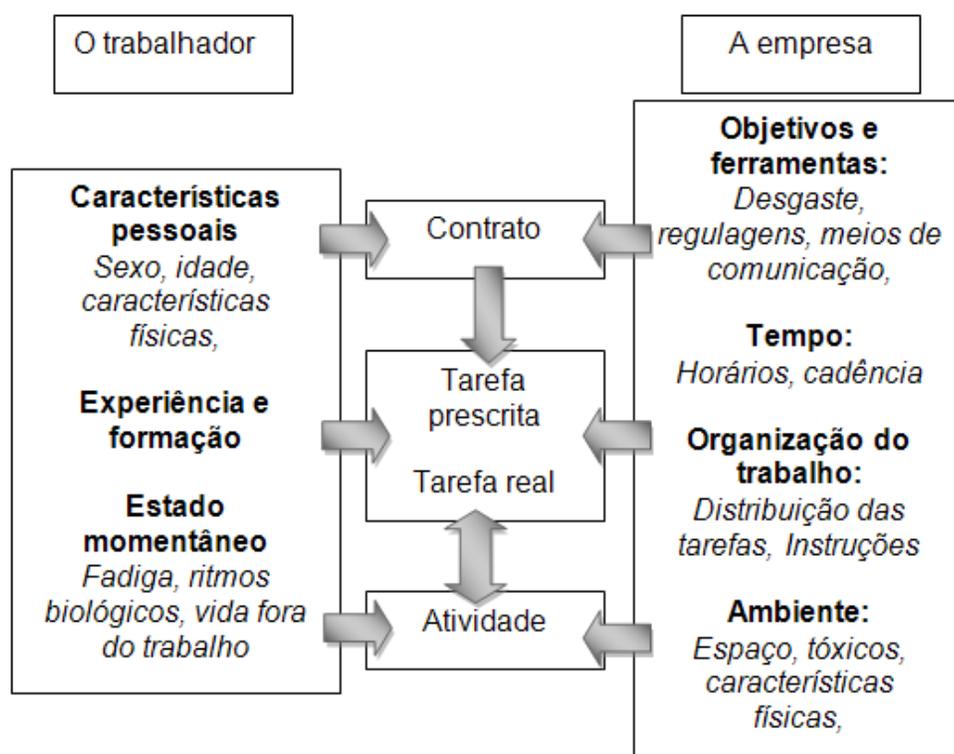


Figura 21: Determinantes do trabalhador e da empresa.

Fonte: Guerin, et al., (2001)

Vidal (2011) comenta que AET pode ser entendida como uma articulação de métodos, técnicas, instrumentos e ferramentas aplicados em uma atividade particular podendo variar de acordo com a natureza do problema envolvido.

Para Másculo (2011), o método ergonômico consiste na utilização de recursos das diversas áreas do conhecimento possibilitando averiguar, levantar, analisar e sistematizar as condições de trabalho. Desta forma, a AET utiliza-se de instrumentos quantitativos e qualitativos para interpretar os vários aspectos da interação do trabalhador com o seu trabalho.

Ainda segundo Másculo (2011), a quantidade de ferramentas disponíveis é grande. O *Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods* divide em seis categorias estes métodos: métodos físicos, psicofisiológicos, cognitivos-comportamentais, de equipe, ambientais e macroergonômicos.

A complexidade do Sistema Homem-Trabalho forçou o desenvolvimento de inúmeras teorias e ferramentas com o objetivo de explicar como melhorar a satisfação no trabalho. Tais teorias têm em comum o objetivo de aumentar o potencial dos trabalhadores através de melhorias ao nível das condições do ambiente de trabalho (CORREIA, 2009).

Para avaliar a relação homem-trabalho podem-se utilizar diversas ferramentas, entre elas o Questionário Nórdico Músculo Esquelético e EWA - *Ergonomic Workplace Analysis*.

Questionário Nórdico Músculo Esquelético (Anexo I): A dor ou desconforto musculoesquelético devido a postos de trabalho com elevadas exigências posturais, aplicação de força, repetitividade ou incorreta distribuição das pausas, é um indicador de situações de risco para a gênese de lesões musculoesqueléticas relacionadas ao trabalho (SERRANHEIRA et al, 2003).

A utilização do Questionário Nórdico Músculo Esquelético contribui para o diagnóstico da lesão e é uma ferramenta de identificação de fácil utilização e interpretação. Dessa forma torna-se possível identificar os grupos de trabalhadores ou postos de trabalho em que se torna necessária a realização de um análise mais detalhado, com exame

físico, análise do posto de trabalho e solicitação de exames complementares (CORREIA, 2009).

De acordo com Correia, (2009), o questionário encontra-se dividido em três grandes grupos de questões: - Caracterização do trabalhador; - Caracterização dos sintomas sentidos relacionados com o trabalho; - Caracterização da relação entre Trabalho x Sintomas.

O Questionário Nórdico Músculo Esquelético encontra-se dividido em três partes:

1º parte: caracterização da amostra,

2º parte: representação corporal, e questionário em que solicitam-se a indicação das zonas onde houve presença de sintomas (fadiga, dor, desconforto), caracterização da severidade e frequência, nos últimos 12 meses.

3º parte: caracterização do posto de trabalho.

EWA - *Ergonomic Workplace Analysis* (Anexo II): É um método desenvolvido por Ahonem e Kuorinka (1989) e traduzido pelo Departamento de Engenharia de Produção da Universidade de São Carlos. É uma metodologia utilizada para identificar os riscos psicofisiológicos e ergonômicos existentes nos locais de trabalho, podendo envolver o ambiente, posto, tarefa, relacionamento interpessoal, fisiologia do trabalho, biomecânica ocupacional, aspectos psicológicos, higiene ocupacional e organização do trabalho.

De acordo com Poletto et. al. (2012) a aplicação da metodologia EWA - *Ergonomic Workplace Analysis*, para avaliação da atividade do roçador mostrou-se eficiente, demonstrando que as atividades desenvolvidas pelo operador de roçadora é críticas e possibilita o aparecimento de constrangimentos aos trabalhadores.

O método caracteriza-se pela flexibilidade, pois além da visão do avaliador considera-se também a opinião do trabalhador (AHONEM e, KUORINKA, 1989).

A metodologia EWA analisa o local de trabalho sob quatorze aspectos relacionados ao posto de trabalho, como saúde, segurança e produtividade. É possível

adicionar ou retirar itens de acordo com as competências e necessidades do objeto de estudo da avaliação (PACOLLA, BORMIO, SILVA, 2009).

No EWA - *Ergonomic Workplace Analysis* são analisados os seguintes aspectos do ambiente de trabalho:

1. Área de Trabalho: Área horizontal, Alturas de trabalho, Visão, Espaço para as pernas, Assento, Ferramentas Manuais e outros equipamentos e utensílios;
2. Atividade Física Geral;
3. Levantamento de Cargas;
4. Posturas de Trabalho E Movimentos;
5. Risco de Acidente;
6. Conteúdo do Trabalho;
7. Restrições no Trabalho;
8. Comunicação entre Trabalhadores e Contatos Pessoais;
9. Tomada de Decisão;
10. Repetitividade do Trabalho;
11. Atenção;
12. Iluminação;
13. Ambiente Térmico;
14. Ruído;

4.4 Aspectos estatísticos

Para a validação dos resultados serão utilizados os conceitos de média aritmética e desvio padrão, que indicam o grau de variação de um conjunto de elementos em relação a um parâmetro central - média aritmética (WOLFFENBUTTE, 2009).

A média aritmética pode ser determinada por meio da Equação XIII.

$$M_a = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (\text{XIII})$$

Em que:

M_a - média aritmética;

x_i - amostra;

n – número de amostras;

O Desvio Padrão é calculado utilizando-se a equação XIV.

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x_i)^2}{n} - \left(\frac{\sum x_i}{n}\right)^2} \quad (\text{XIV})$$

Em que:

s – desvio padrão;

x_i – amostra;

n – número de amostras;

Desvio padrão é uma medida que só pode assumir valores não negativos e quanto maior o seu valor maior será a dispersão dos dados em relação à média, isto é, quanto maior a variabilidade entre os dados maiores será o Desvio Padrão, logo, se o desvio padrão for zero não existe variabilidade (BANZATTO & KRONKA, 1995).

Segundo Carneiro et al. (2011), a média mais ou menos um desvio padrão detém 68% dos dados, se forem considerados dois desvios padrão tem-se 95% dos valores nesta faixa e já com três desvios padrão tem-se 99% dos dados coletados (Figura 22).

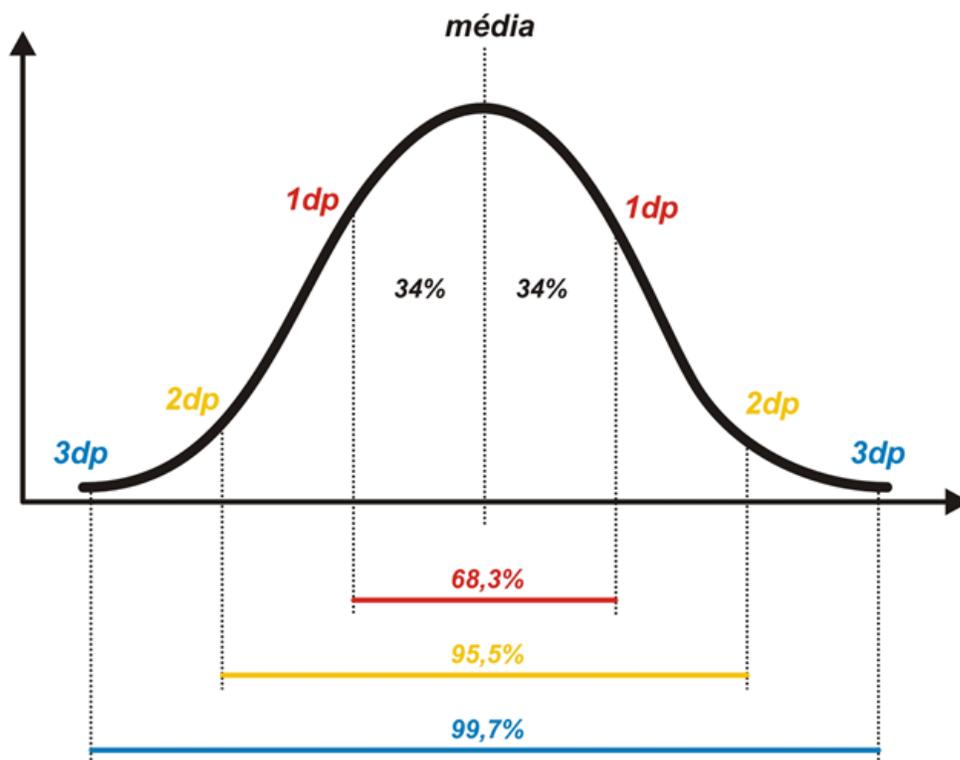


Figura 22: Média e desvio padrão.

5 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizada no presente trabalho foi composta de pesquisa de campo com levantamento dos dados sobre os agentes estudados, comparação dos resultados com a legislação vigente e proposta de melhorias com desenvolvimento e instalação de um protótipo de silenciador.

Neste item são descritos os materiais e métodos aplicados na determinação dos níveis de ruído e vibração gerados nas atividades desenvolvida pelos roçadores que utilizam roçadora transversal motorizada. Serão descritos também o ambiente estudado, os colaboradores envolvidos na pesquisa, os instrumentos utilizados para as avaliações e os equipamentos analisados.

5.1 Ambiente analisado

O trabalho foi desenvolvido por meio de pesquisa exploratória utilizando-se de avaliações e observação em campo da atividade exercida pelos colaboradores que fazem a manutenção dos elementos de drenagem da em extensão aproximada de 100 km da Rodovia Comandante João Ribeiro de Barros, entre os municípios de Bauru e Marília, na região oeste do Estado de São Paulo, Brasil.

5.2 Colaboradores

A atividade analisada era desenvolvida pelos trabalhadores (Figura 23) que faziam a manutenção dos elementos de drenagem da Rodovia Comandante João Ribeiro de Barros, com equipamentos denominados roçadora transversal motorizada, utilizadas para roçar o mato dos canteiros na extensão da referida rodovia.



Figura 23: Equipe de trabalhadores utilizando a roçadora transversal motorizada.

As avaliações foram divididas em:

5.3 Reconhecimento das equipes

Em encontro casual com as equipes de manutenção dos elementos de drenagem da rodovia foram realizadas observações preliminares, durante as quais o avaliador observava os postos de trabalho, os equipamentos utilizados, a posição adotada pelos trabalhadores, o ciclo de trabalho, o fabricante e características das roçadoras.

5.4 Avaliações ambientais

As análises foram realizadas com oito equipes, compostas conforme a Tabela 21, lembrando que somente os operadores foram o foco deste trabalho, num total de quarenta e cinco trabalhadores, todos do sexo masculino. A escolha das equipes foi aleatória de acordo com a presença destas na rodovia, momento em que era solicitada ao supervisor e responsável pela equipe a possibilidade da realização da avaliação. Neste momento foram realizadas as medições dos riscos físicos elencados como prioritários: ruído, vibração e calor. As equipes não tinham uma composição padrão, variando de acordo com a tarefa prescrita.

Tabela 21: Distribuição dos trabalhadores nas equipes de trabalho.

Função	Equipe	1	2	3	4	5	6	7	8
	Motorista		1	1	1	1	1	1	1
Supervisor		1	1	1	1	1	1	1	1
Operadores		4	8	7	5	4	4	5	7
Auxiliares		15	16	15	15	16	14	14	15
Apoio		1	1	1	1	2	1	1	1

5.5 Avaliações ergonômicas

Os questionários ergonômicos não foram aplicados em todas as equipes, somente nas equipes um, seis e sete.

O total de equipamentos analisados foi de quarenta e quatro, a este total deve-se acrescentar mais um equipamento, denominado neste trabalho por equipamento do fabricante “E”, desta forma totalizando quarenta e cinco máquinas analisadas, sendo este último utilizado para fazer as adaptações aqui propostas.

Neste estudo foram adotados os seguintes procedimentos:

Avaliação do ruído em querente e cinco trabalhadores, (oito equipes de trabalho), conforme a Tabela 22, acrescentado a estes o equipamento “E”;

Avaliação da vibração em dez trabalhadores, duas equipes de trabalho: quatro e cinco – totalizando nove trabalhadores e o operador o equipamento “E”;

Aplicação de questionário ergonômico (EWA e Questionário Nórdico Músculo Esquelético) em treze operadores de roçadoras, (entrevistas com três equipes de trabalho: um, seis e sete).

Avaliação do equipamento com quatro fabricantes, denominados A, B, C e E em relação aos riscos físicos (ruído, vibração),

Avaliação dos fatores ambientais (exposição ao calor)

Avaliação dos fatores ergonômicos.

Na Tabela 22 há as tarefas prescritas pela organização para cada um destes trabalhadores.

Tabela 22: Tarefas prescritas para cada integrante da equipe.

Função	Tarefas
Motorista	Dirige o veículo que acompanha a equipe de trabalho.
Supervisor	Distribui, organiza e supervisiona os trabalhos.
Roçador	Trabalhador responsável pela atividade de roçar.
Apoio	Abastece com combustível os equipamentos e fornece água aos trabalhadores.
Auxiliar	Capina e limpeza geral.

5.6 Roçadoras analisadas

Os quarenta e cinco equipamentos, de quatro fabricantes diferentes, identificados por “A”, “B”, “C”; e “E”, com potências diversas, foram distribuídos conforme a seguir:

Dois equipamentos do fabricante “A”, ambos com potência de 2,54 kW,

Trinta e seis equipamentos do fabricante “B”: seis com potência de 1,64 kW (denominados B₁) e trinta com potencia de 2,00 kW (denominados B₂),

Seis equipamentos do fabricante “C”, todos com potência de 1,19 kW
Um do fabricante “E” com potencia 1,19 kW.

Na Figura 24 tem-se o equipamento como fornecido pela indústria, isto é, com o motor, tanque de combustível e filtro de ar montados em um único conjunto.

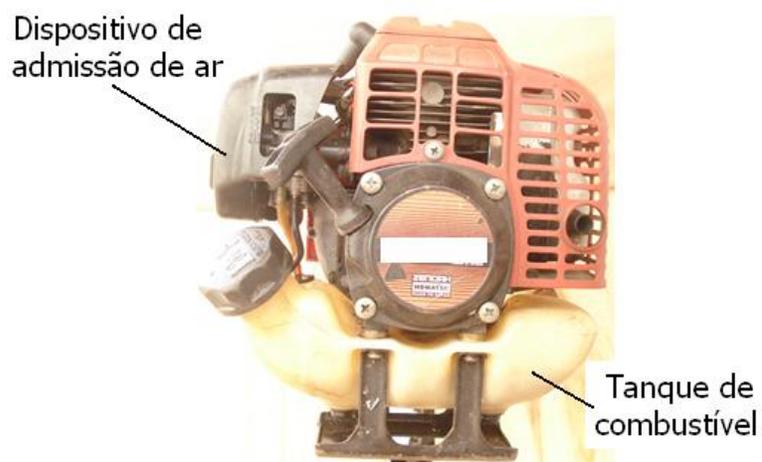


Figura 24: Conjunto motor, tanque de combustível e admissão de ar.

A Figura 25 mostra o detalhe do conduto de descarga original do equipamento.



Figura 25: Equipamento sem o tanque de combustível filtro de ar

A escolha das roçadoras foi aleatória, de acordo com os equipamentos em uso no momento do encontro com as equipes no trajeto da rodovia.

5.7 Poliamidas

De acordo com Factori (2009), as poliamidas constituem uma classe de polímero importantes para aplicação em engenharia, pois combinam boa resistência química e à abrasão, elevada resistência a tensão e flexão, estabilidade dimensional e fácil processamento. A primeira poliamida sintética foi registrada pela DuPont, denominada Nylon.

5.8 Manta Geotextil

A manta Geotextil é um material relativamente novo, fabricada a partir de materiais polímeros naturais, tais como: lã, seda, algodão, linho, amianto, fibras têxteis, ou sintéticos, sendo esta a mais utilizada na sua fabricação (FERREIRA, 2001).

5.9 Instrumento de avaliação ambiental

Para avaliação dos agentes ambientais: ruído, vibração, calor e aspectos ergonômicos foram utilizados os seguintes instrumentos:

Ruído: para avaliar o ruído instantâneo utilizou-se um medidor de pressão sonora, modelo MS 6701 – Mastech (Figura 26).



Características do equipamento:

MS 6701 foi projetado dentro da IEC 651 tipo II e inclui curva de resposta e resposta “fast/slow” selecionável;

Dados Técnicos:

Range: 30dB-80dB / 40dB-90dB / 50dB-100dB / 60dB-110dB / 70dB-120dB e 80dB-130dB;

Precisão: +/- 1,5dB;

Bar Graph: 1dB com taxa de amostragem 20 vezes por segundo;

Figura 26: Medidor de pressão sonora, modelo MS 6701 – Mastech.

Outro equipamento utilizado, desta vez para avaliação da dose, foi o medidor integrador de uso pessoal, modelo DOS 500 da Instrutherm (Figura 27).



Características do equipamento:

Padrões aplicados: ANSI S1.25 - 1991 Ponderação A ISO 1999, BS 6402:1983

Microfone: Condensado de eletreto de ½ polegada;

Escala de ruído de Dose: 0,01 a 9999% DOSE

Nível de critério: Selecionável entre 80, 84, 85, 90dB

Nível Limiar: Selecionável entre 70 ~ 90dB

Deteção de nível alto: 115dBA

Escala de medição de nível de ruído: 70 ~ 140dB

Frequência de ponderação: A

Frequência de resposta: 20Hz ~ 10KHz

Figura 27: Medidor integrador de uso pessoal.

E finalmente o terceiro equipamento utilizado para avaliar o ruído foi um analisador de bandas de frequência modelo DEC-5030 da Instrutherm (Figura 28).



Característica do equipamento:

Padrões Aplicados: ANSI S1.4 Tipo 2, IEC 1260 (1995),

Display: Luz no LCD, 160 x 160 pontos,

Modo medidor de nível de som:

Display Numérico: 4 dígitos, Ciclo de Atualização 0.5s, Resolução 0.1dB,

Display Barra Gráfica: Faixa de 100dB,

Modo Análise de Frequência:

Display Numérico: 4 dígitos, Ciclo de Atualização 0.5s, Resolução 0.1dB,

Display Barra Gráfica: Faixa de 70dB, Precisão: ± 1.5 dB,

Faixa de Medição de Frequência: 25Hz a 10KHz,

Tempo de Resposta: Rápido e Lento,

Figura 28: Analisador de bandas de oitavas

Vibração: Para realizar as avaliações deste agente físico utilizou-se um acelerômetro modelo COM RS 232, modelo MV-690, Instrutherm, conforme Figura 29.



Características do equipamento:

Realiza medições de velocidade nas unidades mm/s, cm/s e in/s,

Aceleração nas unidades m/s^2 , g, ft/s^2 ,

Deslocamento (pico a pico) nas unidades mm e polegadas.

Opera na faixa de frequência de 10 Hz a 1 kHz de acordo com a norma ISO 2954.

Figura 29: Medidor de vibração e tacômetro COM RS 232.

Calor: Para a avaliação do estresse térmico por exposição ao calor utilizou-se o equipamento termômetro digital Instrutherm modelo TDG – 200 (Figura 30).



Característica do equipamento:

Indicador e Módulo-Sensor com 3 Sondas,

Indicador de temperatura de Globo, Bulbo Seco,
Bulbo Úmido.

Efetua o cálculo de IBUTG Interno e Externo

Figura 30: Equipamento utilizado para avaliar exposição ao calor: IBUTG.

Análise Ergonômica do Trabalho: para análise do posto de trabalho foram utilizadas duas ferramentas ergonômicas, o Questionário Nórdico Músculo Esquelético e a metodologia EWA - *Ergonomic Workplace Analysis*.

5.10 Métodos

Os instrumentos de avaliação foram todos calibrados antes da utilização para a determinação dos níveis dos constrangimentos causados aos trabalhadores pelos agentes ambientais e ergonômicos. As avaliações foram realizadas em dia e hora distintos, com as equipes montadas e distribuídas segundo critério da empresa responsável pela execução do serviço, sem interferência do autor.

Avaliação dos riscos físicos:

Ruído: A avaliação foi realizada em quarenta e cinco equipamentos sendo dois equipamentos do fabricante “A” com potência de 2,54 kW, trinta e seis equipamentos do fabricante “B”, seis com potência de 1,64 kW e trinta com potência de 2,00,

seis equipamentos do fabricante “C”, com potência de 1,19 kW e um do fabricante “E” com potência 1,19 kW .

Adotou-se nas medições a metodologia indicada na ABNT NBR 9999 – Medição do Nível de Ruído, no Posto de Operação, de Tratores e Máquinas Agrícolas, que recomenda a fixação do eixo do microfone a 200 mm do plano longitudinal central da cabeça do operador (Figura 31).

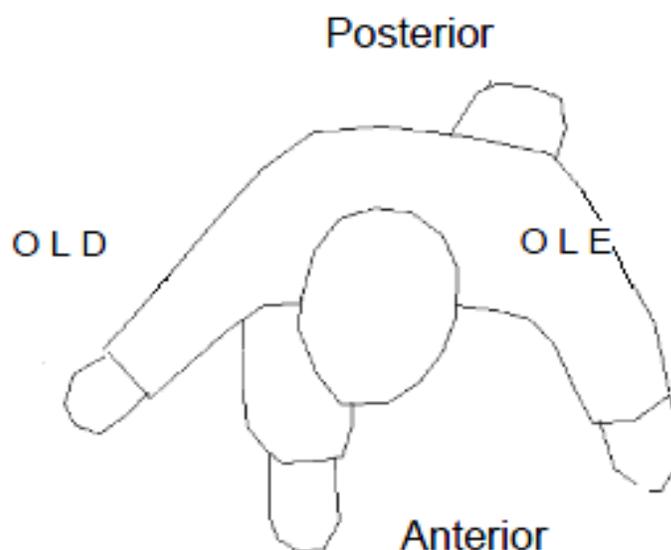


Figura 31: Local das avaliações segundo NBR 9999.

OLD - Ouvido do lado direito do operador; OLE - Ouvido do lado esquerdo do operador.

Para a realização das medidas o trabalhador era conduzido para uma área distante da pista de rolamento, pelo menos 10m, para que o ruído do tráfego não interferisse no resultado final. O trabalhador mantinha o equipamento numa rotação constante para a leitura do instrumento.

Vibração: O risco físico vibração foi avaliado na manopla (Figura 32) de dez equipamentos sendo cinco com potência de 2,00 kW e quatro de potência 1,64 kW todos do fabricante “B” e um com potência de 1,19 kW do fabricante “E”.



Figura 32: Localização dos acelerômetros nos equipamentos.

A medida da vibração foi realizada sequencialmente ao longo de cada eixo nas três direções, considerando que as condições de operação eram similares para todas as três medições. O acelerômetro foi montado na empunhadura direita segundo os eixos de medição x , y e z , onde a mão do trabalhador entra em contato com a vibração. Foi fixado na empunhadura, próximo da mão do operador, em condições de operação, não interferindo no trabalho normal do operador.

Para a avaliação da exposição à vibração baseou-se na quantidade combinada dos três eixos, isto é, o valor total da aceleração de vibração, a_{hp} , para mãos e braços, é definido pela raiz média quadrática dos três valores componentes, conforme a Equação XV. (ISO 5649, 1986).

$$a_{hp} = \sqrt{a_{hpx}^2 + a_{hpy}^2 + a_{hpz}^2} \quad (XV)$$

Em que:

a_{hp} - Valor da vibração total [m/s^2];

$a_{phx}, a_{phy}, a_{phz}$ - Valores eficazes de aceleração ponderados em frequência, em m/s^2 , determinados segundo as coordenadas ortogonais (x, y, z).

Se a exposição diária a vibração for medida num período diferente de 8 horas, a exposição equivalente para um período de 8 horas pode ser determinada pela Equação XVI.

$$A(8) = a_{hp} = \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad (\text{XVI})$$

Em que:

A(8) - exposição diária a vibração num período de 8 horas,

T - duração total diária da exposição a vibração

T₀ - duração de referência de 8 horas (28.800s)

A exposição diária à vibração deve ser avaliada separadamente para ambas as mãos do operador. Da mesma forma que o ruído o trabalhador era orientado a manter o equipamento em uma rotação constante para a realização da medição.

Calor: O equipamento foi montado no canteiro central da rodovia, próximo ao local em que uma equipe executava utilizando a roçadora. Após a estabilização do equipamento (aproximadamente 30 minutos) foram tomadas as medidas das temperaturas e determinado o IBUTG por meio da equação XI (ambientes internos ou externos com carga solar).

Foram realizadas dezoito avaliações, sendo uma por mês, durante os meses de Janeiro a Dezembro do ano de 2011 e Janeiro a Junho de 2012 em dias e horários aleatórios. Também nos meses de Janeiro de 2011 e 2012, Junho de 2012 foram realizadas avaliações consecutivas, durante cinco horas, com medições a cada hora.

Aplicação dos questionários ergonômicos: Foram utilizadas duas ferramentas ergonômicas: o Questionário Nórdico Músculo Esquelético, descrito no anexo I e EWA - *Ergonomic Workplace Analysis*, descrita no anexo II,

Realizou-se a entrevista com os treze trabalhadores que compunham três equipes diferentes, todos do sexo masculino. A aplicação do questionário foi feita na forma de entrevista coletiva, com preenchimento individual do formulário, somente os roçadores responderam ao questionário.

A avaliação foi realizada sob dois focos, o primeiro foi o ponto de vista do trabalhador, uma avaliação subjetiva, e a outra do ponto de vista do avaliador, avaliação objetiva.

Avaliação Objetiva – realizada pelo avaliador, baseando-se em uma escala entre um e cinco, na qual as condições de trabalho, o arranjo físico do posto de trabalho e o ambiente, ou seja, as condições reais, são avaliadas e comparadas com as recomendações da literatura, determinando desta forma o desvio. Na Tabela 23 encontram-se os valores ponderados da inadequação do posto de trabalho.

Tabela 23: Pontuação objetiva.

Pontuação	Condição do posto de trabalho
4 - 5	Condições inadequadas, ou perigosas.
1 - 2	Condições adequadas.

Avaliação Subjetiva – realizada pelo trabalhador: é um fator comparativo e complementar, pois é a visão do trabalhador do seu local de trabalho, tendo uma conotação prática, real (CAMAROTTO et al 2011).

Esta avaliação obedece a uma escala com a seguinte variação:

Bom (++) Regular (+) Ruim (-) Muito Ruim (--)

A avaliação foi realizada por meio de entrevista conduzida pelo avaliador, em que cada item foi exposto ao trabalhador e posteriormente avaliado. O roteiro

para avaliação pela visão do avaliador, segundo Camarotto et al (2011) , está descrito no anexo II.

O questionário foi entregue aos trabalhadores na forma impressa em papel formato A4, com as quatorze questões objetivas e respectivos campos para respostas diretas, onde ele deveria anotar o seu grau de satisfação com o item em questão, conforme a escala descrita a anteriormente, onde Bom (++) significa: está totalmente satisfeito e Muito ruim (--) totalmente insatisfeito

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Análise da tarefa

Na Figura 33 é possível identificar ao fundo a equipe de trabalho executando suas atividades no canteiro central da rodovia e, em primeiro plano, um roçador e o trabalhador de apoio voltando para o ônibus.



Figura 33: Equipe de trabalhadores exercendo a sua atividade na rodovia.

6.2 Organização do trabalho

A jornada de trabalho é de oito horas, sendo que o início das atividades depende do local determinado pelo contratante. O horário de encontro dos trabalhadores é às sete horas da manhã, e devem estar de volta à sede da empresa até às dezessete horas. O tempo de deslocamento entre o ponto de encontro e o local determinado para a execução das tarefas, assim como o retorno ao ponto de encontro estão incluídos na jornada de trabalho. O trabalhador tem uma hora destinada para a refeição e trinta minutos de pausa em cada período do dia para descanso.

Após a observação em campo e a aplicação dos questionários, verificou-se que a área total a ser roçada foi determinada pelo contratante e variou entre 300 a 1.500 metros lineares de estrada, dependendo da dificuldade do local. Para o controle do serviço executado o contratante fotografa o local antes dos serviços, e após a execução o supervisor da equipe também registra e prepara um relatório, que é enviado para a sede do contratante.

Acompanhando a equipe de trabalhadores havia sempre um ônibus que conta com local para aquecimento das refeições, não são fornecidas pela empresa. É neste veículo que os trabalhadores abrigam-se nos dias de chuva e fazem suas pausas, uma pela manhã e outra no período da tarde. Segundo informado no momento da entrevista, não há sanitário nem local para higiene das mãos antes das refeições, o que contraria a Norma Regulamentadora nº 31 (BRASIL, 1978).

Para abastecer de combustível a roçadora havia na equipe um trabalhador responsável por esta tarefa (apoio), e o roçador também recebe da empresa o equipamento com as lâminas novas e afiadas, sempre que necessário, não sendo, portanto responsabilidade deste.

Na eventualidade do equipamento quebrar durante a execução da roçada, o roçador pode descansar o restante do período de trabalho.

6.3 Avaliação das roçadoras quanto aos riscos físicos: ruído e vibração

A seguir são analisados os equipamento de roçar denominados roçadora transversal motorizada, com relação ao risco físico ruído, e para isso são utilizados os instrumentos já descritos anteriormente e comparados com a legislação vigente para determinação dos constrangimentos causados ao trabalhador.

Ruído: conforme consta na revisão bibliográfica, os níveis de ruído foram determinados de acordo com a norma NBR 9999 (ABNT, 1987), que prevê a realização de medição considerando a posição da cabeça do trabalhador, recomendando a fixação do eixo do microfone a 0,2 m do plano longitudinal central da cabeça do trabalhador. Foram tomadas cinco leituras em regime normal de operação e para efeito deste trabalho consideradas a médias entre as cinco medições.

O ruído foi avaliado sob três aspectos:

Ruído instantâneo: utilizando um medidor de pressão sonora modelo MS 6701 – Mastech; avaliação do agente no exato momento da medição.

Dose equivalente: com objetivo de comparar a exposição ao ruído aos níveis permitidos pela legislação foi necessário determinar a dose equivalente. Para isso utilizou-se o medidor integrador de uso pessoal, (dosímetro) modelo DOS 500 da Instrutherm. A dose leva em consideração todo período de exposição ao agente.

Nível de pressão sonora por frequência: com o auxílio de um analisador de oitavas (modelo DEC 5030, Instrutherm), determinou-se o nível de ruído por frequência.

Ruído instantâneo: a utilização do medidor de pressão sonora para avaliação da exposição ocupacional fornece o nível de ruído instantâneo, que não representa o valor da exposição durante toda a jornada de trabalho, pois pode haver determinados períodos da jornada em que o nível de ruído é outro. No gráfico da Figura 34 estão representados os valores encontrados para os dois equipamentos do fabricante “A”, nota-se que o nível sonoro próximo ao motor do equipamento é elevado.

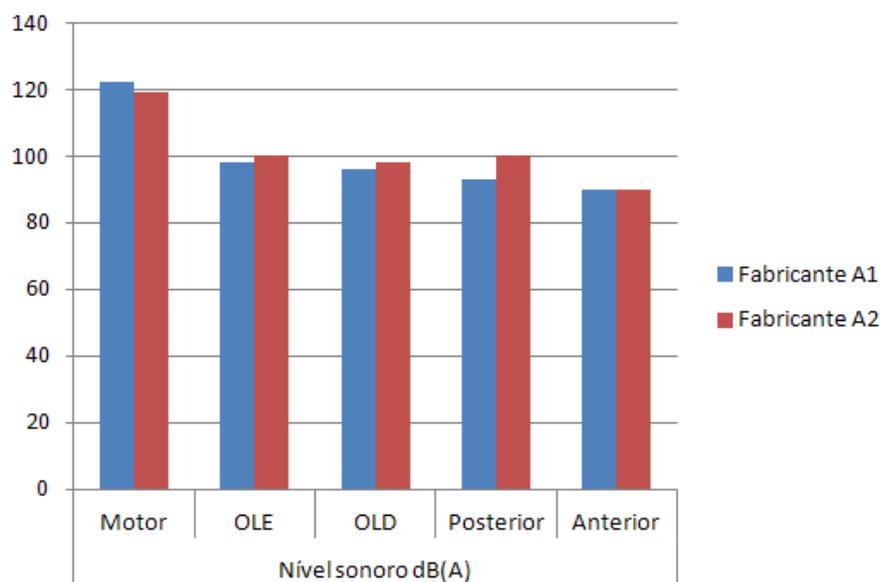


Figura 34: Nível sonoro instantâneo do equipamento do fabricante A, equipamentos 1 e 2

Quando este valor é representativo de toda a jornada de trabalho, pode-se compará-lo aos limites estabelecidos com o Anexo I da Norma Regulamentadora nº 15 (BRASIL, 1978), que estabelece o tempo máximo de exposição diário permitido para cada nível de ruído, sem uso de protetor.

De acordo com Saliba (2004), na maioria dos casos o trabalhador fica exposto a níveis de ruído variáveis, desta forma, deverá ser medido o nível instantâneo, determinar o tempo de exposição para cada um destes valores encontrados e a seguir determinar o efeito combinado conforme o item nº 6 do Anexo I da mesma norma. Neste caso, quando o resultado for superior a um, ou seja, maior que 100%, a atividade é considerada insalubre. Este procedimento também pode ser realizado por meio do medidor integrador de uso pessoal, equipamento utilizado no presente trabalho e descrito na revisão bibliográfica.

Para o presente experimento foram realizadas cinco medições do ruído instantâneo em cada uma das roçadoras e considerada a média entre elas, conforme já descrito, os valores encontrados estão transcritos na Tabela 24.

Tabela 24: Resultados das médias dos níveis sonoros encontrados – Ruído Instantâneo.

Fabricante	Potência (kW)	Nível sonoro médio dB(A)				
		Motor	OLE	OLD	Posterior	Anterior
A ₁	2,54	122	98	96	93	90
A ₂	2,54	119	100	98	100	90
B ₁	1,64	105	98	98	96	93
B ₂	1,64	115	99	100	105	98
B ₃	1,64	111	100	105	106	98
B ₄	1,64	127	105	110	100	96
B ₅	1,64	112	100	105	106	98
B ₆	1,64	119	110	115	100	95
B ₇	2,00	106	97	99	104	98
B ₈	2,00	110	99	97	96	93
B ₉	2,00	120	98	110	100	90
B ₁₀	2,00	105	98	99	104	97
B ₁₁	2,00	112	98	98	96	93
B ₁₂	2,00	109	99	97	97	98
B ₁₃	2,00	102	98	98	96	93
B ₁₄	2,00	125	99	97	97	94
B ₁₅	2,00	120	98	98	96	93
B ₁₆	2,00	115	99	97	98	93
B ₁₇	2,00	125	98	98	96	95
B ₁₈	2,00	127	99	97	99	93
B ₁₉	2,00	115	98	98	96	93
B ₂₀	2,00	120	99	97	91	92
B ₂₁	2,00	125	98	98	95	93
B ₂₂	2,00	105	99	97	96	93
B ₂₃	2,00	115	98	98	96	93
B ₂₄	2,00	110	99	101	103	98
B ₂₅	2,00	111	99	98	95	94
B ₂₆	2,00	109	98	98	99	95
B ₂₇	2,00	110	99	98	95	95
B ₂₈	2,00	124	100	99	97	94
B ₂₉	2,00	122	99	98	98	96
B ₃₀	2,00	118	99	97	98	94
B ₃₁	2,00	125	102	99	97	92
B ₃₂	2,00	127	101	98	96	91
B ₃₃	2,00	116	98	98	98	94
B ₃₄	2,00	122	100	98	98	94
B ₃₅	2,00	125	102	101	100	94
B ₃₆	2,00	105	98	99	104	99
C ₁	1,19	120	99	100	105	98
C ₂	1,19	115	100	105	106	98
C ₃	1,19	112	100	105	106	98
C ₄	1,19	105	98	98	96	93
C ₅	1,19	105	99	97	96	93
C ₆	1,19	110	99	101	103	98
E	1,19	119	99	101	103	98

Análise estatística: os valores do nível sonoro médio, da coluna “Motor” na Tabela 24 descritos na coluna “Motor”, foram interpretados estatisticamente utilizando-se o cálculo do desvio padrão e transcritos na Tabela 25, denominados de x_i .

Tabela 25: Desvio padrão para fabricante A – 2,54 kW.

Fabricante	Nível sonoro no motor (x_i)	x_i^2
A ₁	122	14.884
A ₂	119	14.161
Somatória	241	29.045
Média	120,5	-----

Na Tabela 26 encontram-se os valores da média e desvio padrão para a roçadora B.

Tabela 26: Desvio padrão para fabricante B – 1,64 kW e 2,00 kW.

Fabricante	Nível sonoro no motor (x_i)	x_i^2
B ₇	106	11.236
B ₈	110	12.100
B ₉	120	14.400
B ₁₀	105	11.025
B ₁₁	112	12.544
B ₁₂	109	11.811
B ₁₃	102	10.404
B ₁₄	125	15.625
B ₁₅	120	14.400
B ₁₆	115	13.225
B ₁₇	125	15.625
B ₁₈	127	16.129
B ₁₉	115	13.225
B ₂₀	120	14.400
B ₂₁	125	15.625
B ₂₂	105	11.025
B ₂₃	115	13.225
B ₂₄	110	12.100
B ₂₅	111	12.321
B ₂₆	109	11.881
B ₂₇	110	12.100
B ₂₈	124	15.376
B ₂₉	122	14.884
B ₃₀	118	13.924
B ₃₁	125	15.625
B ₃₂	127	16.129
B ₃₃	116	13.456
B ₃₄	122	14.884
B ₃₅	125	15.625
B ₃₆	105	11.025
Somatória	3.480	405.424
Média	116	-----

Na Tabela 27 encontram-se os valores da média e desvio padrão para a roçadora C.

Tabela 27: Desvio padrão para fabricante C – 1,19kW.

Fabricante	Nível sonoro no motor (x_i)	x_i²
C ₁	120	14.400
C ₂	115	13.225
C ₃	112	12.544
C ₄	105	11.025
C ₅	105	11.025
C ₆	110	12.100
Somatória	667	74.319
Média	111,1	-----

Aplicando a Equação XIV em cada um dos resultados encontrados nas Tabelas 25, 26 e 27 determinou-se desvio padrão (s).

Desvio padrão para a roçadora A:

$$s = \sqrt{\frac{29.045}{2} - \left(\frac{241}{2}\right)^2} ; S = 1,5.$$

Desvio padrão para a roçadora B:

$$s = \sqrt{\frac{405.424}{30} - \left(\frac{3.480}{30}\right)^2} ; S = 7,6.$$

Desvio padrão para a roçadora C:

$$s = \sqrt{\frac{74.319}{6} - \left(\frac{667}{6}\right)^2} ; S = 5,3.$$

Aplicando-se a mesma metodologia para as outras máquinas encontram-se os valores de desvio padrão conforme a Tabela 28.

Tabela 28: Desvio padrão

Fabricante	Potência (kW)	Nível sonoro no motor (x_i)	Média	Desvio Padrão
A ₁	2,54	122	120,5	1,5
A ₂	2,54	119		
B ₁	1,64	105	116	7,6
B ₂	1,64	115		
B ₃	1,64	111		
B ₄	1,64	127		
B ₅	1,64	112		
B ₆	1,64	119		
C ₁	1,19	120	111,1	5,3
C ₂	1,19	115		
C ₃	1,19	112		
C ₄	1,19	105		
C ₅	1,19	105		
C ₆	1,19	110		

Portanto, após a determinação do desvio padrão para cada um dos fabricantes e a análise das Tabelas 28, concluiu-se que 60% dos equipamentos estão com um desvio padrão acima e abaixo da média, e todos estão dentro do limite de dois desvios padrão.

Dose equivalente: Conforme Araujo (2005) e de acordo com a CLT (BRASIL, 1943), os Limites de Tolerância descritos na Norma Regulamentadora nº 15 (BRASIL, 1978) são válidos para jornada de trabalho de quarenta e oito horas semanais, portanto, foi necessário realizar a dosimetria.

Segundo a Norma de Higiene Ocupacional NHO 01 da Fundacentro (FUNDACENTRO, 2001), dose equivalente é o parâmetro utilizado para caracterizar a exposição ocupacional ao ruído, expresso em porcentagem de energia sonora, tendo por referência o valor máximo de energia sonora diária admitida, utilizando-se para isso o medidor integrador.

A dose equivalente foi determinada apenas para os equipamentos dos fabricantes “B” e “E”. Os valores encontrados estão descritos no gráfico da Figura 35.

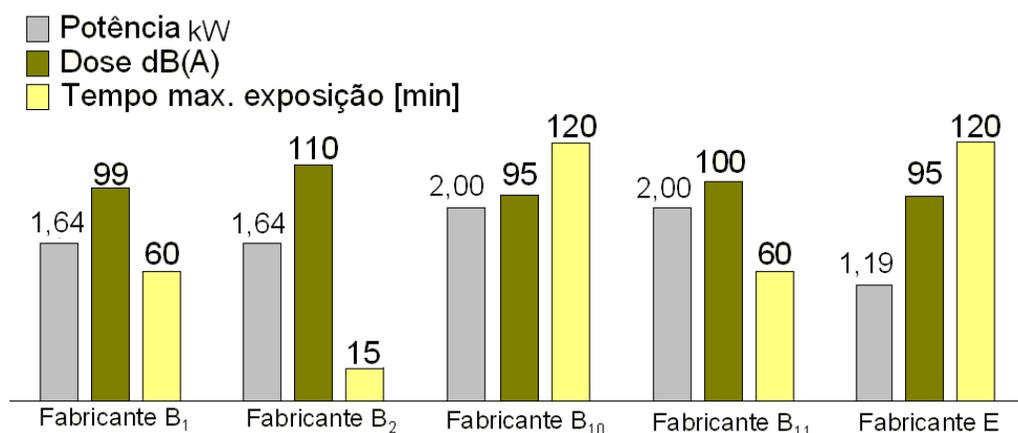


Figura 35: Dosimetria de ruído

Nota-se pelo gráfico da Figura 36 que os níveis de ruído a que estão expostos os trabalhadores estão acima do Limite de Tolerância da legislação, portanto, para não correr o risco de desenvolver a PAO (Perda Auditiva Ocupacional) o tempo de exposição deverá ser reduzido conforme indicado na referida tabela.

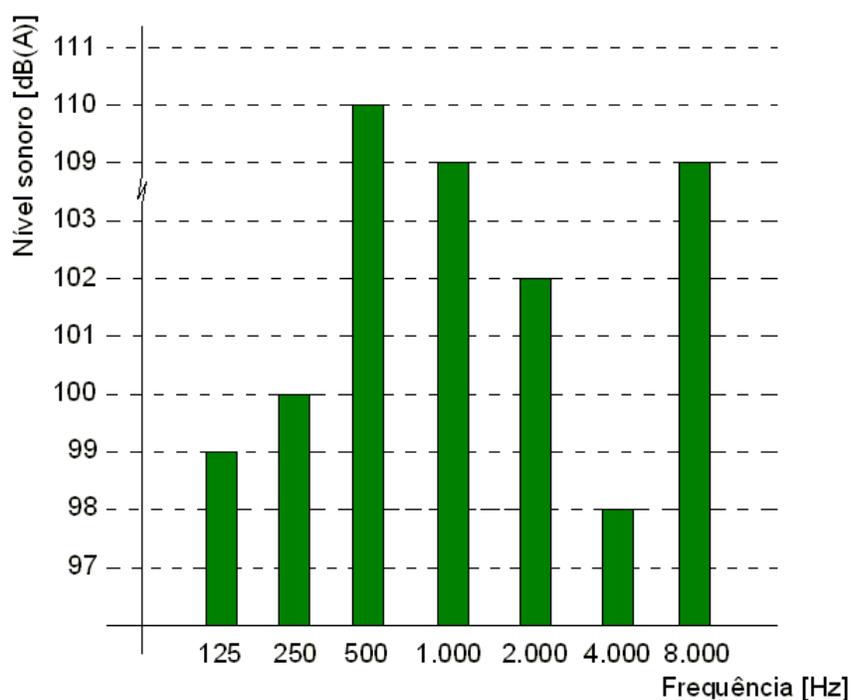


Figura 36: Pressão sonora por banda de oitava – equipamento “E”.

Nível de pressão sonora por frequência: além da determinação do nível de ruído instantâneo e da dosimetria de ruído, também se determinou a pressão sonora por banda de oitava (utilizando-se o Analisador de Bandas de Oitavas – Figura 28) para o equipamento do fabricante “E”. No gráfico da Figura 36 encontram-se os valores de pressão sonora por banda de oitava.

Segundo Fernandes (2005), a Perda Auditiva Induzida por Ruído Ocupacional (PAIRO) é a única patologia causada pelo ruído reconhecida pela legislação brasileira, mas, além da PAIRO, o ruído também pode causar outros comprometimentos orgânicos, tais como hipertensão arterial, estresse, aumento da tensão muscular, incapacidade de concentração, conforme descrito na revisão bibliográfica.

6.4 Proposta para mitigar o risco físico ruído

Com base na revisão bibliográfica e nos dados obtidos na avaliação ambiental propõe-se instalar um sistema silenciador nos gases de escape do motor do equipamento de roçar diminuindo, desta forma, o ruído que agride o trabalhador. Nesta etapa do trabalho será utilizado apenas o equipamento do fabricante “E”.

O nível de ruído proveniente dos gases de escape calculado pela Equação III é 120,8 dB(A), considerando que o comprimento do cano de exaustão é dois cm. (Figura 37).

Portanto, conforme já comentado, o valor encontrado por meio da Equação III ($L_w = 120,8 \text{ dB(A)}$) é próximo das leituras realizadas em campo e listados na Tabela 24 (médias dos níveis sonoros – ruído instantâneo) e dentro da média mais um desvio padrão.



Figura 37: Escapamento original.

Os níveis em bandas de oitavas do silencioso original do equipamento foram calculados com base na Tabela 14 da revisão bibliográfica (correção do nível de potência sonora irradiado pela exaustão dos motores - Bies & Hansen) e estão descritos na Tabela 29.

Tabela 29: Níveis em bandas de oitavas emitidos pela exaustão.

Frequência central da banda de oitava (Hz)	Correção (dB) Tabela 14	Valor encontrado na equação III	Bandas de oitavas dB(A)
125	- 3		117,8
250	- 7		113,8
500	- 15		105,8
1.000	- 19	120,8	101,8
2.000	- 25		95,8
4.000	- 25		95,8
8.000	- 43		77,8
Nível equivalente	--	--	119,6

Foram propostos três tipos de silenciadores:

O primeiro é denominado de câmara de expansão, um silenciador reativo composto por duas câmaras de seção transversal de diâmetros diferentes.

O silencioso proposto, conforme descrito na revisão bibliográfica (Figura 16), terá diâmetro externo de 0,021m interno de 0,043 m e comprimento de 0,25 m (Figura 38).

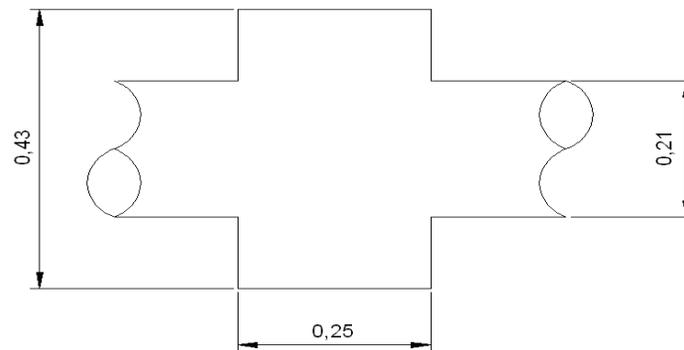


Figura 38: Silencioso a ser instalado – dimensões em m.

A perda de transmissão pelo silenciador pode ser calculada por meio da Equação VII, apresentada na revisão bibliográfica e descrita a seguir:

$$PT = 10 \log \left[1 + \frac{1}{4} * \left(s' - \frac{1}{s'} \right)^2 * \text{sen}^2 \left(\frac{2\pi L_c}{\gamma} \right) \right]$$

$$\text{Determinação da relação entre as áreas: } s' = \frac{S_c}{S_e} \rightarrow s' = \frac{\pi/4 * 0,043^2}{\pi/4 * 0,021^2} \rightarrow$$

$$s' = 4,2$$

O comprimento de onda pode ser determinado pela equação $\gamma = \frac{C_{ar}}{f}$; descrita na revisão bibliográfica, em que C_{ar} é a velocidade do som no ar, determinado por meio da equação:

$$C_{ar} = 20 * \sqrt{273 + T_{ar}}$$

Determinando a velocidade do som:

A temperatura dos gases de escape (T_{ar}) é 120°C , substituindo tem-se:

$$C_{ar} = 20 * \sqrt{273 + 120} \rightarrow C_{ar} = 396,5^{\circ}\text{C}.$$

Determinando o comprimento de onda para frequência de 125 Hz:

$$\gamma = \frac{C_{ar}}{f} \rightarrow \gamma = \frac{396,5}{125} \rightarrow \gamma = 3,2\text{m}$$

Substituindo os valores encontrados, na equação VII, tem-se:

$$PT = 10 \log \left[1 + \frac{1}{4} * \left(4,2 - \frac{1}{4,2} \right)^2 * \text{sen}^2 \left(\frac{2\pi 0,25}{3,2} \right) \right]$$

$$PT = 10 \log \left[1 + \frac{1}{4} * 15,69 * \text{sen}^2 \left(\frac{1,58}{3,2} \right) \right]$$

$$PT = 0,45\text{dB}$$

Na Tabela 30 está descrita a perda de transmissão para as demais frequências, determinada pela mesma equação.

Tabela 30: Perda de transmissão para as demais frequências

Frequência [Hz]	Perda de Transmissão [dB]
125	0,5
250	5,4
500	6,2
1000	4,2
2000	6,9
8000	1,2

Nota-se pela Tabela 30 que a diminuição do nível de pressão sonora com utilização do silenciador reativo que utiliza o princípio da câmara de expansão é muito pequena, não sendo eficiente para a questão em tela.

Um segundo tipo de silenciador proposto é denominado *Plenum*, composto por uma câmara com as paredes revestidas internamente com material fonoabsorvente conectado a dutos de entrada e saída com seção transversal menor, localizados em lados opostos do *plenum*. O *Plenum* proposto, conforme descrito na Figura 17 da revisão bibliográfica, terá dimensões de acordo com a Figura 39 e será revestido internamente com manta Geotextil com 0,005 m de espessura. Os dutos de entrada e saída terão seção circular com diâmetro interno de 0,017 m.

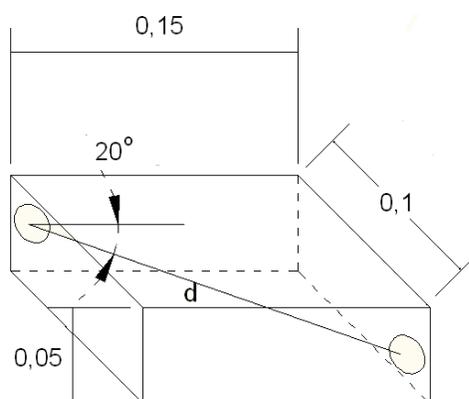


Figura 39: Plenum – dimensões em m.

Fonte: Bistafa, (2006).

Conforme descrito na revisão bibliográfica, a determinação da perda na transmissão do silenciador *plenum* pode ser estimada por meio da Equação X.

O coeficiente de absorção acústica da manta Geotextil está demonstrado na Tabela 31.

Tabela 31: Coeficiente de absorção acústica da manta Geotextil.

Frequência (Hz)	Coeficiente de Absorção (α)
125	0,03
250	0,05
500	0,12
1000	0,20
2000	0,38
4000	0,52

Substituindo os valores na referida equação encontra-se a perda de transmissão para o silencioso tipo *plenum*, com manta Geotextil, conforme a Tabela 32.

Tabela 32: Perda de transmissão para as demais frequências

Frequência (Hz)	Coefficiente de Absorção (α)	PT (dB)
125	0,03	9,4
250	0,05	11,6
500	0,12	15,8
1000	0,20	18,4
2000	0,38	22,3
4000	0,52	24,8

Perda de transmissão para frequência de 125 Hz, considerando a área de entrada e saída circular com diâmetro de 0,017 m e aplicando a equação IX:

$$PT = -10\text{Log} \left[S_s \left(\frac{\cos \theta}{2\pi d^2} + \frac{1 - \alpha}{\alpha * S_c} \right) \right]$$

$$PT = -10\text{Log} \left[0,0002 \left(\frac{\cos 20}{2\pi 0,2^2} + \frac{1 - 0,03}{0,03 * 0,055} \right) \right]$$

$$PT = -10\text{Log} \left[0,0002 \left(\frac{0,4}{0,25} + \frac{0,97}{0,0017} \right) \right]$$

$$PT = -10\text{Log} [0,0002(1,6 + 570,6)]$$

$$PT = -10\text{Log} [0,114] \rightarrow PT = 9,4\text{dB}$$

Considerando o valor encontrado na Equação III, 120,8 dB e o valor da perda por transmissão determinado na Equação IX descrita na Tabela 31 pode-se determinar o valor por bandas de oitavas com a instalação do silenciosos *Plenum*, descrito na Tabela 33.

Tabela 33: Valor por banda de oitava

Frequência central da banda de oitava (Hz)	PT (dB) tabela 33	Valor encontrado na Equação III	Bandas de oitavas dB(A)
125	9,4		111,4
250	11,6		109,5
500	15,8		105
1.000	18,4	120,8	102,3
2.000	22,3		98,2
4.000	24,8		96,0
8.000	9,4		111,4
Nível equivalente	--	--	116,4

Da análise da Tabela 33 pode-se compreender que a perda por transmissão com utilização do silencioso tipo *Plenum* também não é suficiente para minimizar o risco físico ruído.

O terceiro tipo de silencioso é do tipo combinado montado, conforme o protótipo da Figura 40, construído com tubos de PVC, dividido internamente em três câmaras por meio de um polímero, com estrutura química baseada na poliamida e reforçada com fibras minerais, denominado comercialmente por Technyl, marca registrada da Rhodia (Figura 41).

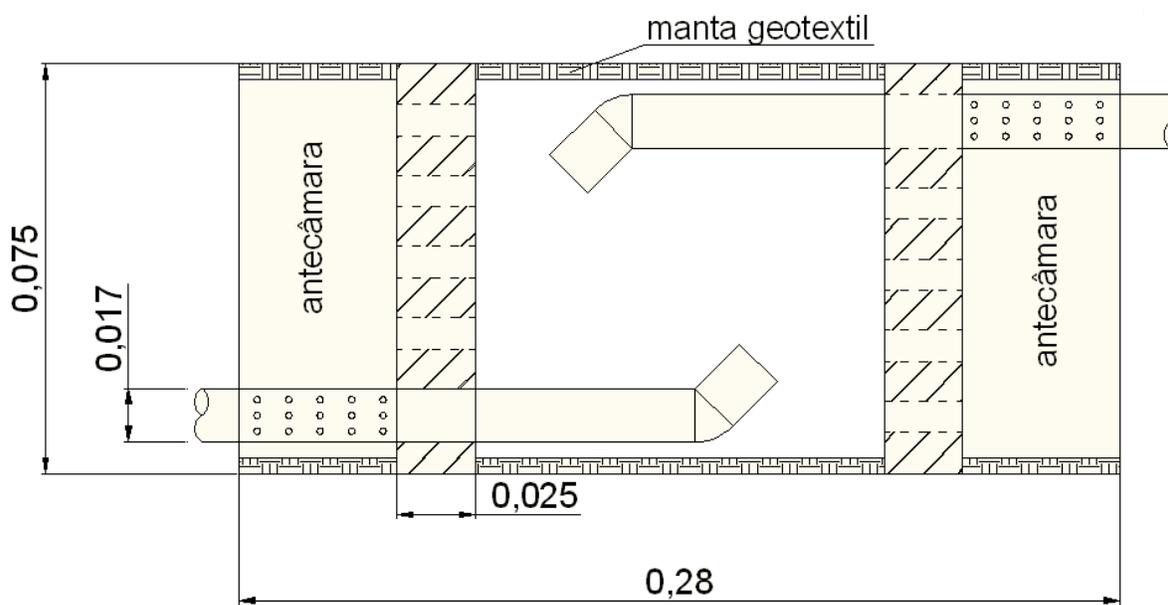


Figura 40: Desenho esquemático do protótipo do silencioso, dimensões em m.



Figura 41: Technyl, fez a separação das três câmaras.

O polímero foi provido de orifícios e instalado no interior do tubo, conforme Figura 42. As antecâmaras anterior e posterior foram revestidas e preenchidas por material fonoabsorvente.



Figura 42: Polímero com os orifícios e antecâmara revestida com material fonoabsorvente.

O corpo do protótipo do silencioso foi executado com tubos de PVC de 0,075 m de diâmetro, fechado nas duas extremidades (Figura 43). O isolamento interno foi executado com manta Geotextil, com 0,005 m de espessura.

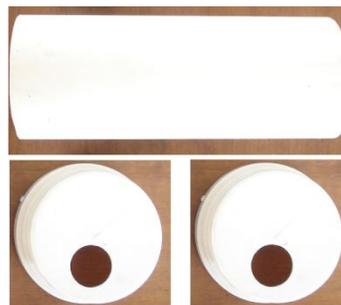


Figura 43: Tubos de PVC para construção do corpo do silencioso.

Na Figura 44 tem-se a configuração final do protótipo do terceiro tipo de silencioso.



Figura 44: Protótipo do terceiro tipo de silencioso.

Após a instalação do protótipo, o nível de ruído instantâneo foi 102 dB, abaixo do nível encontrado nos outros silenciosos e do ruído com o silenciosos original do equipamento, mas ainda acima do limite de tolerância determinado pela legislação.

Além da determinação do nível de ruído instantâneo determinou-se também a pressão sonora por banda de oitava (utilizando-se o Analisador de Bandas de Oitavas – Figura 28) para o equipamento do fabricante “E” após a instalação do protótipo (Tabela 34).

Tabela 34: Pressão sonora por banda de oitava após a instalação do silencioso

Frequência (Hz)	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000
Nível sonoro dB(A)	92	95	101	103	92	92	101

No gráfico da Figura 45 encontram-se os valores dos níveis de pressão sonora por banda de oitava após a instalação do terceiro tipo de silencioso.

O valor encontrado quando se analisa o nível de ruído por bandas de oitavas, após a instalação do protótipo, também está abaixo do encontrado na avaliação da dosimetria do ruído no equipamento original, conforme gráfico da Figura 36.

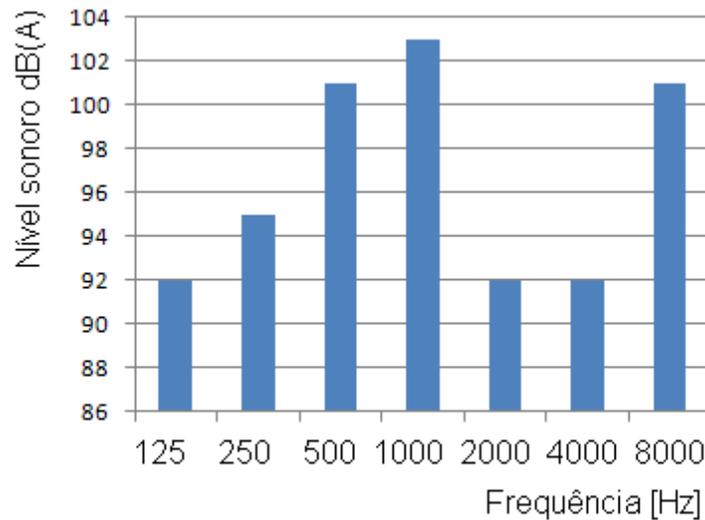


Figura 45 : Níveis de pressão sonora por banda de oitava

Idealmente, os níveis de potência sonora deveriam constar nos manuais das máquinas e equipamentos industriais, mas esta não é uma prática comum. Fabricantes não costumam disponibilizar dados de ruído de seus equipamentos, pois a caracterização acústica requer ensaios e pessoal especializado e quando o objetivo é reduzir os níveis sonoros a dificuldade é maior, pois leva geralmente ao reprojetado dos equipamentos, influenciando diretamente nos custos do produto.

No caso em tela, os valores determinados nas avaliações ambientais, quando comparados com a legislação brasileira, demonstram que o operador de roçadora está exposto a níveis de ruído acima do permitido pela Norma Regulamentadora nº 15, (BRASIL, 1978), que determina os valores máximos do agente que um trabalhador pode ficar exposto durante a jornada de trabalho. Mesmo com a instalação dos dispositivos aqui sugeridos para redução dos níveis de ruído, ainda assim há energia sonora suficiente para causar perda auditiva.

Valores acima dos descritos na legislação podem gerar danos para a saúde do trabalhador e indenizações. Isto decorre do fato de que é impossível devolver a audição perdida em razão do ruído dos equipamentos tendo, portanto, natureza indenizatória.

Esta indenização decorre do Código Civil (BRASIL, 2011, p.98):

Art. 927: Aquele que, por ato ilícito causar danos a outrem, fica obrigado a repará-lo,

Art. 186: Aquele que, por ação ou omissão voluntária, negligência ou imprudência, violar direito e causar dano a outrem, ainda que exclusivamente moral, comete ato ilícito.

A responsabilidade civil é a obrigação de alguém reparar o dano causado a outrem em decorrência de ação ou omissão. Segundo a Constituição Federal no seu artigo 7º (BRASIL, 1988, p.12):

São direitos dos trabalhadores urbanos e rurais, além de outros que visem à melhoria de sua condição social:

XXII- redução dos riscos inerentes ao trabalho, por meios de normas de saúde, higiene e segurança; seguro contra acidentes de trabalho, a cargo do empregador sem excluir a indenização a que este está obrigado, quando incorrer em dolo ou culpa.

Pode haver responsabilidade criminal, que é a obrigação de sofrer o castigo ou incorrer nas sanções penais impostas ao agente em decorrência do fato ou omissão criminosa.

No mesmo sentido a Convenção nº 161 da Organização Internacional do Trabalho (OIT, 1985), aprovada em 1985, ratificada e promulgada pelo Brasil por meio do decreto nº 127 de 22 de maio de 1991, trata dos serviços de saúde no trabalho, de atuação também preventiva relata no seu artigo 5º - [...] os serviços de saúde no trabalho devem assegurar as funções, dentre as seguintes, que sejam adequadas e ajustadas aos riscos da empresa com relação à saúde no trabalho (BRASIL, 1991).

Portanto, diante destes conceitos pode-se, depois de encerrado o processo legal e comprovada a responsabilidade da empresa no acidente, concluir que esta assume a responsabilidade civil em caso de acidente no trabalho e será obrigada a reparar o dano causado ao empregado tanto no campo patrimonial como no plano moral. Não só a empresa pode ser responsabilizada, mas o profissional da área de Segurança do Trabalho assume a responsabilidade criminal no caso de acidente no trabalho com lesões corporais ou morte do trabalhador. A partir disso, instaura-se o Inquérito Policial e posteriormente a Ação Penal que irá comprovar ou não a omissão, imperícia ou negligência do profissional responsável e este poderá ser penalizado de acordo o Código Penal (BRASIL, 1940).

6.5 Vibração

Os resultados das medições nos dez equipamentos avaliados estão apresentados na Tabela 35 e foram comparados com os valores listados na Tabela 6 da revisão bibliográfica, que apresenta o limite para exposição da mão à vibração (TLV - *Threshold Limit Value*) da ACGIH (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*) e com a Tabela 8, proposta por *Pelmear e Leong* (2000).

Tabela 35: Resultados das acelerações encontradas.

Fabricante	Potência [kW]	Componentes da aceleração nos eixos x, y, z. [m/s ²]			RSS	Componente da aceleração dominante [m/s ²]	
		a _{hpx}	a _{hpy}	a _{hpz}	a _{hp}		
B ₁	1,64	1,5	1,4	1,6	2,6	1,6	a _{hpx}
B ₂	1,64	1,7	1,8	2,1	3,3	2,1	a _{hpx}
B ₃	1,64	1,8	1,5	1,3	2,7	1,8	a _{hpx}
B ₇	2,00	2,1	2,2	2,5	3,9	2,5	a _{hpx}
B ₁₀	2,00	2,5	2,7	2,9	4,7	2,9	a _{hpx}
B ₂₄	2,00	1,9	2,1	2,0	3,5	2,1	a _{hpy}
B ₂₇	2,00	3,0	2,9	3,2	5,3	3,2	a _{hpx}
B ₂₉	2,00	2,7	2,9	3,0	5,0	3,0	a _{hpx}
C ₁	1,19	1,6	1,3	1,7	2,6	1,7	a _{hpx}
E	1,19	3,0	2,1	3,1	4,8	3,1	a _{hpx}

Segundo *Pelmear e Leong* para os níveis de vibração encontrados no presente trabalho variando entre 2,9 e 5,0 m/s², permitir-se-ia na melhor das hipóteses que o trabalhador fique exposto a no máximo a uma jornada de trabalho de quatro horas.

O TLV (*Threshold Limit Value*) segundo os critérios da ACGIH (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*) é um nível que se acredita a que um trabalhador pode se expor dia após o dia para uma vida de trabalho sem efeitos adversos para a saúde (ACGIH, 2011).

Os resultados comparativos dos componentes de vibração entre os fabricantes “B₁”, “C₁” e “E” podem ser encontrados no gráfico da Figura 46.

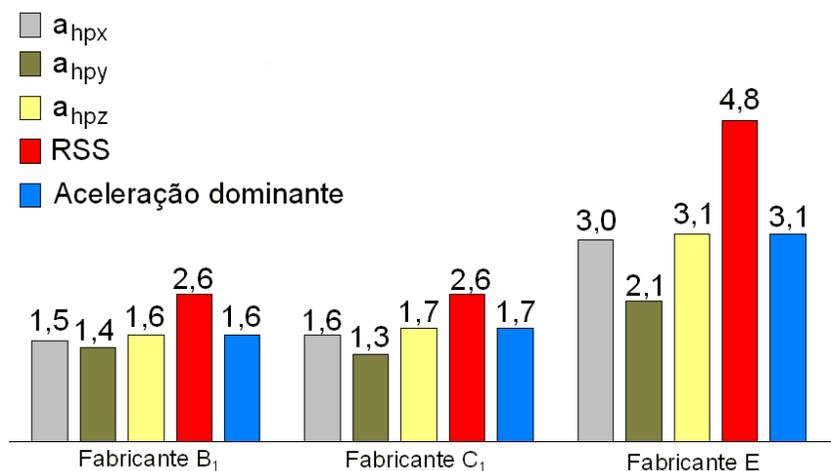


Figura 46: Resultados comparativos dos componentes de vibração.

Nota-se no gráfico da Figura 46 que as componentes da aceleração para a roçadora do fabricante “E” apresentaram valores superiores quando comparados aos demais equipamentos. Tal fato é explicado quando se observa o terreno que estava sendo roçado no momento, isto é, a vibração não depende somente do equipamento, mas também do tipo de vegetação e condições do terreno.

Os critérios da ACGIH levam em consideração a componente da aceleração dominante, ou seja, a componente de maior valor. Portanto, em nenhum equipamento houve extrapolação dos limites, todos os valores estão abaixo de quatro m/s^2 , que é o TLV (*Threshold Limit Value*) para até oito horas de trabalho.

Já quando comparadas com os critérios de Pelmeier e Leong (Tabela 6), que consideram valores do RSS acima de um m/s^2 classificados como sendo de risco potencial aos trabalhadores, propondo redução do limite de exposição quando os valores do RSS estão acima de $2,5 m/s^2$. Desta forma todos os equipamentos avaliados apresentaram níveis de vibração (RSS) acima de $2,5 m/s^2$, permitindo no máximo quatro horas de trabalho. Sabe-se que a jornada de trabalho destes operários é de oito horas diárias, fica clara a situação de exposição ao risco existente nesse trabalho, quando utilizado este critério.

Conforme comentado na revisão bibliográfica, no Brasil somente no ano de 2012 foi definido um procedimento técnico para a vibração localizada. A Fundacentro

publicou a NHO 09 - Avaliação da exposição ocupacional a vibrações em mãos e braços, mas que remete a questão para a ISO 5349-1/2001, não indicando nenhum valor para o Limite de Tolerância. Fica, desta forma, a caracterização da insalubridade por inspeção no local de trabalho, garantido ao trabalhador um adicional de 20% do salário mínimo, de acordo com o anexo 08 da Norma Regulamentadora nº 15, (BRASIL, 1978).

Segundo Vendrame (2009), luvas anti vibração são amplamente utilizadas como EPI, mas não garantem proteção adequada, pois não são fabricadas segundo os preceitos da ISO 10.819/1996 (ISO, 1996), que normatiza os testes de transmissibilidade da vibração para luvas. Ainda segundo o mesmo autor, no Brasil não há tecnologia para realização dos testes exigidos pela referida ISO.

Segundo a norma ISO 10.819/1996 (ISO, 1996), os requisitos de teste para a transmissão de vibração para a mão do trabalhador devem ser avaliados em três luvas com portadores diferentes. Uma luva antivibração não deve amplificar a vibração na faixa de frequência média (1,5 Hz a 200 Hz) e na faixa de alta frequência (200 Hz a 1.250 Hz) e deve reduzir a vibração de frequência ponderada pelo menos 40%.

Comenta ainda Vendrame (2009), não existir no Brasil uma regulamentação sobre as vibrações e não haver estabelecido nenhum Limite de Tolerância nas Normas Regulamentadoras, informando apenas que devem ser usados os limites de tolerância da ISO.

Para Domingos (2009), a ISO não propõe Limites de Tolerância, que são fundamentais quando se tratam de ações preventivistas, e estabelece faixas de risco, conforme a Figura 5. A Portaria 3.214/78 (Brasil, 1978), que aprova as Normas Regulamentadoras, é clara ao afirmar que deve haver um limite máximo de exposição ocupacional, para garantir a saúde dos trabalhadores expostos.

6.6 Exposição ao calor

A avaliação ambiental executada na rodovia com a finalidade de determinar o estresse térmico a que está submetido o trabalhador foi realizada por meio do

Índice Bulbo Úmido Termômetro Globo (IBUTG) com utilização da Equação XI, que representa o efeito combinado da radiação térmica, da temperatura de bulbo seco, da umidade e da velocidade do ar. As leituras foram realizadas durante dezoito meses nos anos de 2011 e 2012, resultando nos valores de temperatura conforme descrito na Tabela 36. A determinação do Índice Bulbo Úmido Termômetro Globo (IBUTG) foi através da média dos dezoito valores encontrados nas medições

Tabela 36: Temperatura IBUTG

Mês	Temperatura Globo [°C]	Temperatura bulbo seco [°C]	IBUTG [°C]
Janeiro	50,8	37,1	41,2
Fevereiro	51,0	38,4	42,2
Março	38,9	34,7	36,0
Abril	32,1	28,6	29,7
Maio	28,6	24,0	25,4
Junho	24,8	17,5	19,7
Julho	19,0	15,0	16,2
Agosto	22,0	19,0	19,9
Setembro	28,6	25,8	26,6
Outubro	30,9	27,3	28,4
Novembro	48,5	34,2	38,5
Dezembro	51,4	36,9	41,3
Janeiro	49,1	36,7	40,4
Fevereiro	39,1	30,8	33,3
Março	29,7	27,9	28,4
Abril	31,2	27,8	28,8
Maio	27,5	25,3	26,0
Junho	18,4	15,4	16,3
Média			29,9

Após a determinação do índice procedeu-se à classificação da atividade de acordo com as faixas previstas na Norma Regulamentados nº 15 (BRASIL, 1978), no seu Anexo nº 3, quadro nº 3, descrito no presente trabalho na Tabela 20 - Metabolismo por Tipo de Atividade – NR 15. Pode-se concluir, dessa forma, que a atividade de roçar é considerada: “Trabalho em pé em movimento e Trabalho moderado de braços”, com consumo energético de 300 kcal/h.

Na Figura 47 pode-se notar a variação do IBUTG durante os dezoito meses avaliados.

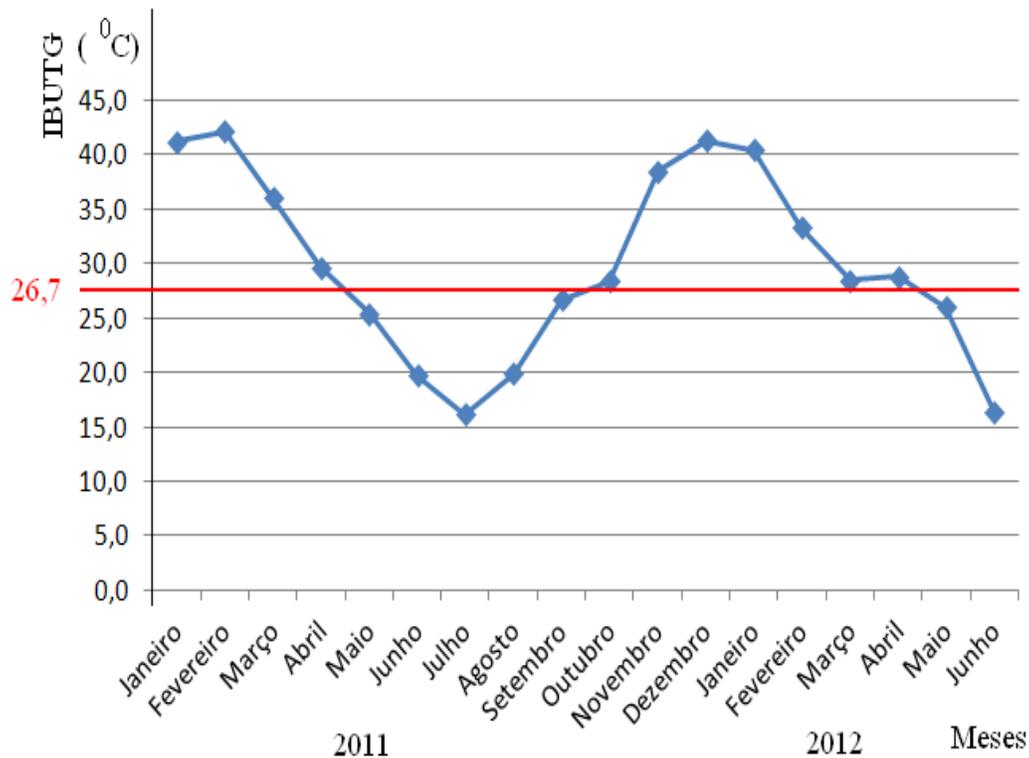


Figura 47: Resultado do IBUTG durante dezoito meses nos anos de 2011 e 2012

De posse destes dois dados: IBUTG – 29,9 °C e Metabolismo por Tipo de Atividade – atividade moderada, foi feita a comparação destas informações com os valores descritos no quadro nº 1 da mesma norma, que no presente trabalho foi transcrito na Tabela 18, relacionando os Regimes de Trabalho Intermitentes com Descanso no Próprio Local de Trabalho e o tipo de atividade, que, como já mencionado, foi considerado “moderado”.

Assim, o Índice Bulbo Úmido Termômetro Globo máximo (IBUTG_{máx}) determinado na Tabela 18 é de 26,7 °C, para trabalho contínuo, portanto, a média da temperatura encontrada na rodovia por meio do Termômetro Globo (IBUTG = 29,9 °C) é maior que o permitido pela legislação, ficando acima do limite de tolerância segundo os

critérios da portaria nº 3.217/78 , expondo o trabalhador a risco ocupacional. Deve o trabalhador, então, perceber em seu salário mensal o adicional de insalubridade de 20% do salário mínimo regional, conforme artigo 192 da Consolidação das Leis do Trabalho (BRASIL, 1943). Além da insalubridade, a mesma portaria também determina de acordo com o quadro nº 1 que o trabalhador tenha quarenta e cinco de descanso em cada hora trabalhada, desta forma, o empregador fica desobrigado ao pagamento da insalubridade.

Além destas medições também foi avaliado o IBUTG horário durante seis horas em oito dias, sendo quatro no mês de Janeiro de 2011 e quatro no mês de Janeiro de 2012, também, seis horas em um dia no mês de junho de 2012, durante o período das nove até as quatorze horas. A média dos resultados encontra-se transcrita na Tabela 37.

Tabela 37: IBUTG diário

Hora	Janeiro 2011			Janeiro 2012			Junho 2012		
	T. Globo	T. Bulbo Seco	IBUTG	T. Globo	T. Bulbo Seco	IBUTG	T. Globo	T. Bulbo Seco	IBUTG
9	22,7	22,1	22,3	25,8	24,6	25,3	24,9	20,0	20,7
10	25,8	25,2	25,3	38,9	29,0	32,9	32,3	21,5	22,5
11	40,7	29,6	32,9	45,6	32,1	36,2	34,1	24,7	26,9
12	45,1	32,5	36,2	51,4	36,9	41,2	36,8	24,9	27,6
13	45,0	32,9	36,5	50,0	35,8	40,0	40,8	25,3	28,7
14	50,0	35,8	40,0	48,6	36,6	40,2	24,9	27,9	31,7

Na Figura 48 há o gráfico com a variação do IBUTG medidos encontrados nas avaliações realizadas das nove às quatorze horas no mês de Janeiro dos anos de 2011 e 2012 e no mês de Junho do ano de 2012.

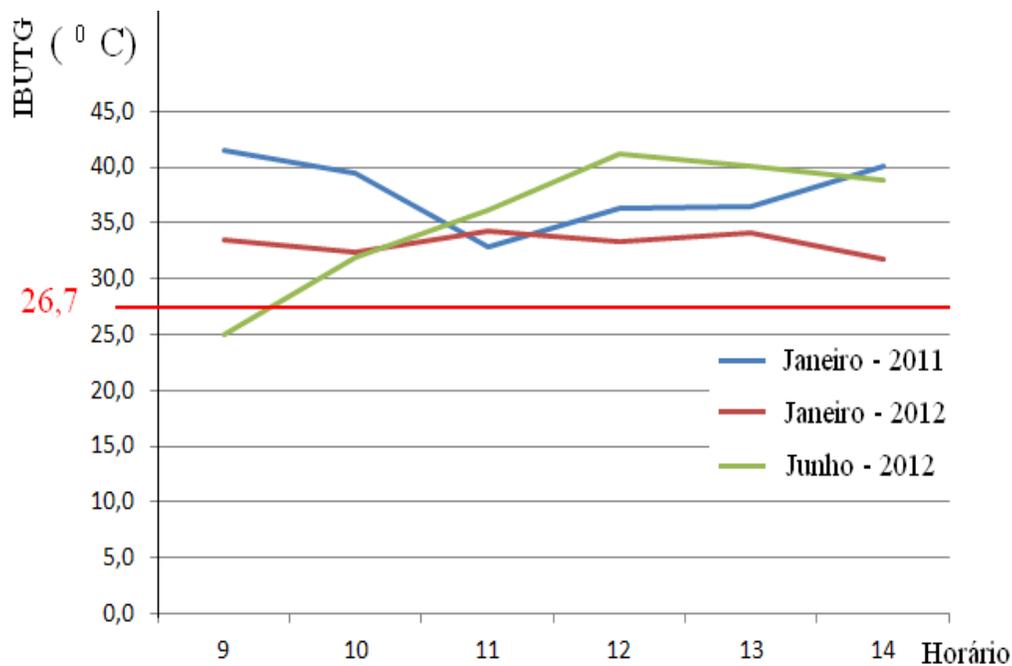


Figura 48: IBUTG x IBUTG max

Nas Figuras 47 e 48 pode-se notar que o Índice $IBUTG_{Max}$ de 26,7 °C é ultrapassado mesmo nos períodos mais frios do ano e na maior, ou senão toda, jornada de trabalho, o que confirma a insalubridade.

6.7 Análise da atividade

A análise da atividade consiste na percepção dos operadores sobre o seu trabalho. A Análise Ergonômica do Trabalho (AET) fundamenta-se no referencial teórico da Ergonomia da Atividade e visa confrontar o trabalho prescrito aos trabalhadores e às condições de sua execução com o trabalho realmente desenvolvido por eles. Essa vertente é proveniente da escola francesa da ergonomia, cujo objetivo é a adaptação do trabalho ao homem, contrária à visão do *Human Factors*, de origem americana e britânica (DIONÍSIO, et al, 2011).

Ainda segundo Dionísio et al (2011), muitas ferramentas podem ser utilizadas para avaliar os riscos de serem desenvolvidas lesões músculoesqueléticas, a partir da percepção do trabalhador sobre sua capacidade para o trabalho, do auto relato sobre os sintomas osteomusculares e da análise da postura. Entre estes instrumentos pode-se destacar o Questionário Nórdico Músculo Esquelético, descrito no Anexo I e o EWA - *Ergonomic Workplace Analysis*, descrito no Anexo II.

Os questionários foram aplicados aos roçadores das equipes um, seis e sete, totalizando treze trabalhadores.

6.7.1 Questionário Nórdico músculoesquelético

A dor, incômodo ou desconforto muscular devido principalmente a situações ou postos de trabalho com elevadas exigências postural, aplicação de força, repetitividade ou por incorreta distribuição das pausas, é aceite como gênese de lesões músculoesqueléticas ligadas ao trabalho, indicando situações de risco para os trabalhadores (STUART-BUTTLE, 1994).

Com a presente ferramenta pretende-se avaliar os sintomas autorreferidos pelos trabalhadores foco deste trabalho.

Com base nas respostas dos treze trabalhadores (equipes um, seis e sete) foi elaborada a Tabela 38, para resumir o grau de dor e desconforto dos trabalhadores analisados, segundo o Questionário Nórdico músculoesquelético.

Através dos resultados da Tabela 38 conclui-se que dos treze operadores entrevistados, 100% relatam algum tipo de constrangimento, sendo 28% dor leve ou moderada na região do pescoço, 7% dor moderada no ombro direito, 21% dor leve na coluna alta, 7% dor moderada na coluna baixa, 21% formigamento moderado na mão direita e 7% dor moderada na mão esquerda.

Tabela 38: Desconforto informado pelos trabalhadores.

Região	TIPO DE DESCONFORTO					GRAU DE DESCONFORTO		
	Sem Desconforto	Peso	Formigamento	Agulhada	Dor	Leve	Moderada	Forte
02 Pescoço					X	03	01	
04 Ombro D.					X		01	
05 Coluna A.					X	02	01	
06 Coluna B.					X		01	
17 Mão D.			X			01	02	01
17 Mão E.					X		01	

Tais resultados demonstram que a tarefa exercida pelo operador de roçadora está sujeita a algum tipo de desconforto prejudicial à sua saúde.

6.7.2 EWA – Ergonomic Workplace Analysis

Também responderam a este questionário os mesmos treze trabalhadores. As respostas destes trabalhadores estão descritas na Tabela 39. Podem-se também encontrar na referida tabela os resultados das observações realizadas pelo avaliador e a percepção do trabalhador sobre a sua atividade. Dela permite concluir que quando se comparam as informações dos dois atores (avaliador e trabalhador) é possível verificar que ambos consideram a atividade estafante (itens um, dois, três, e quatro).

Em relação ao risco de acidentes, verificou-se que os operadores consideram a atividade desenvolvida com risco de acidentes (itens cinco e onze), atividade sem conteúdo (itens seis e sete), mas com objetivos definidos (item nove) e em condições ambientais desfavoráveis (itens dez, doze, treze, quatorze).

O protocolo EWA como ferramenta de observação ergonômica tem caráter subjetivo, entretanto, a abrangência do método proporciona uma visão privilegiada das condições ambientais e ergonômicas do local de trabalho, indicando as inadequações e constrangimentos existentes na relação homem x máquina, tornando a ferramenta eficiente para se conhecer os elementos causadores de acidentes no trabalho ou de doenças profissionais.

Tabela 39: Resultado da avaliação EWA.

Item	Avaliador					Trabalhador (%)			
	1	2	3	4	5	++	+	-	--
1 Espaço de trabalho				x			50	50	
2 Atividade física em geral				x				100	
3 Levantamento de carga				x			75	25	
4 Posturas de trabalho e movimentos					x				100
5 Risco de acidentes					x			100	
6 Conteúdo do trabalho					x		25	75	
7 Restrições no trabalho					x		25	75	
8 Comunicação					x			25	75
9 Tomada de decisões	x					100			
10 Repetitividade					x			100	
11 Atenção			x				25	75	
12 Iluminação				x			25	50	25
13 Temperatura*	x								100
14 Ruído ambiental					x				100

Fonte: Ergonomic Workplace Analysis, Departamento de Engenharia de Produção, Grupo Ergo&Ação,

* Obs.: No item 13 – temperatura, o valor 1 é considerado inadequado, enquanto no restante dos itens é considerado adequado.

A comparação dos resultados obtidos com a metodologia EWA (Tabela 39 - Resultado da avaliação EWA), e as respostas dos trabalhadores ao Questionário Nórdico Musculoesquelético (Tabela 38 - Desconforto informado pelos trabalhadores) demonstram os constrangimentos da atividade, os dois resultados demonstram que os trabalhadores relatam dores no Questionário Nórdico Musculoesquelético e que a atividade é pesada no EWA.

Dos trabalhadores que responderam ao protocolo EWA, 100% consideraram a atividade física ruim, com posturas e movimentos muito ruim e 25% consideraram o levantamento de carga ruim, enquanto as respostas ao Questionário Nórdico Músculo Esquelético (KUORINKA et al., 1987) mostram dores no pescoço, ombro, coluna e nas mãos.

Ainda com base no protocolo EWA pode-se notar que as questões relacionadas ao meio ambiente de trabalho e os riscos físicos (calor e ruído) são relatadas

pelos trabalhadores como ruim ou muito ruim, merecendo atenção no sentido de solucionar o problema.

Dos treze trabalhadores que responderam ao questionário, 100% deles consideraram a temperatura e o ruído como muito ruim, o que coincide com os dados levantados na avaliação ambiental e na avaliação do “avaliador” com utilização da ferramenta EWA.

Propostas para sequência deste trabalho seriam a avaliação e estudo do risco vibração, alteração estrutural do equipamento, estudo de uma vestimenta mais adequada às condições ambientais e riscos ocupacionais existentes, principalmente ao calor.

7 CONCLUSÃO

De acordo com as condições em que a pesquisa foi realizada e com bases nos resultados obtidos, foi possível chegar às seguintes conclusões:

Os equipamentos avaliados apresentaram níveis de vibração dentro dos limites estabelecidos (TLV) pela ACGIH.

A falta de legislação nacional dificulta a caracterização da insalubridade.

Os níveis de vibração são influenciados pelo tipo de solo e vegetação roçados, dificultando desta forma o estabelecimento da insalubridade.

Os constrangimentos relacionados à ferramenta de trabalho, neste caso a roçadora motorizada, podem ser amenizados com estudos para, por exemplo, reduzir o nível de ruído, conforme demonstrado.

A análise dos questionários ergonômicos demonstra que a atividade do roçador traz risco, pois todos colaboradores relataram algum tipo de desconforto.

A exposição à radiação solar, em especial no trabalho a céu aberto nos meses mais quentes do ano, extrapola o $IBUTG_{max}$ logo no início do período, expondo o trabalhador ao estresse térmico por toda a jornada de trabalho, caracterizando desta forma a insalubridade.

Nos meses com temperatura mais amena (inverno), o $IBUTG_{max}$ também é excedido e mesmo por um período menor da jornada de trabalho o roçador está exposto a agentes insalubres.

8 REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT - NB-66, Conceituação e Normalização das Máquinas Agrícolas, Rio de Janeiro, 1987.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Quantidades, unidades e símbolos das grandezas acústicas fundamentais. Rio de Janeiro, 1987.

ABRAHÃO, R. F. A contribuição da ergonomia para o trabalho agrícola, Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 2006, disponível em: <<http://www.feagri.unicamp.br/tomates/pdfs/wrktom033.pdf>>. Acesso: em março de 2012.

ABRAHÃO, R. F.; TERESO, M. J. A., Ergonomia e Agricultura, Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 2006, disponível em: <http://www.feagri.unicamp.br/unimac/pdfs/Ergonomia_e_Agricultura.pdf>. Acesso: em julho de 2010.

ACGIH, *American Conference of Industrial Hygienists*, 2011, Valores Limites de Exposição (TLV, *Threshold Limit Value*) ocupacional para substâncias químicas e agentes físicos, ABHO, São Paulo, SP.

ACGIH. *Industrial hygiene, environmental, occupational health*, 2006, Disponível em: <<http://www.acgih.org>>. Acesso em: junho 2013.

ADISSI, P. J., Ergonomia no trabalho agrícola, Editora Campus, 2011, São Paulo, SP.

AHONEM, M., KUORINKA, T., Ergonomic Workplace Analysis, Finnish Institute Of Occupational Health, 1989, Finland.

ALMEIDA. F. V.; CENTENO, A. J.; BISINOTI. M. C.; JARDIM, W. F.; Substâncias tóxicas persistentes no Brasil, Revista Química Nova, V. 30, n. 8, 2007, Rio de Janeiro, RJ.

ALONÇO, A. S.; MEDEIROS, C. A.; MEDEIROS, F. A.; WERNER, V.; Análise ergonômica do trabalho em atividades desenvolvidas com uma roçadeira manual motorizada; *Ciência Rural* vol.36 2006, disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782006000500048>; 2006, acesso em: outubro de 2009.

ANSI - AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE, ANSI S1.25 – 1978. Specification for personal dose dosimeters. New York: ANSI, 1978

ANUÁRIO BRASILEIRO DE PROTEÇÃO, Ministério do Trabalho e Emprego, 2012, disponível em <http://www.protecao.com.br/conteudo/anuario_2012/anuario_2012_-_C3%8Dndice/JyJgAc_JyyJA5> acesso em janeiro 2013

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA PREVIDÊNCIA SOCIAL, 2011, disponível em <http://www.mpas.gov.br/arquivos/office/1_121023-162858-947.pdf>, acesso em FEVEREIRO 2013.

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DE ACIDENTES DO TRABALHO DO MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2007. Disponível em: <<http://www.previdenciasocial.gov.br/conteudoDinamico.php?id=634>>. Acesso em: outubro 2010.

ARAUJO, G., M., Norma regulamentadoras comentada, Gerenciamento Verde Ed, 5º edição, 2005, Rio de Janeiro, RJ.

ARAUJO, N., C., Avaliação de atenuadores de ruído passivos resistivos para grupos geradores de energia, Dissertação apresentada a Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, 2004, disponível em <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000434222>>, acesso em abril de 2012.

BANZATTO, D., A; KRONKA, S. N., Experimentação agrícola. Jaboticabal, FUNEP, 1995.

BERASATEGUI, M.B.R. Modelización y simulación del comportamiento de un sistema mecánico con suspensión aplicado a los asientos de los tractores agrícolas. Tese Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España. 2000.

BIES, D, A.; HANSEN, C. H., Engineering noise control theory and practice, 1996, disponível em <<http://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=v98PaeB8nQkC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Bies+and+Hansen+Engineering+noise+control+theory+and+practice&ots=4m3gam21Yb&sig=M6dqavdeJh8FSmN1DZB4LFaScwQ#v=onepage&q=Bies%20and%20Hansen%20Engineering%20noise%20control%20theory%20and%20practice&f=false>>, acesso em setembro 2012,

BISTAFA, S., R., *Acústica Aplicada ao Controle do Ruído*, Editora Blucher, 2006, São Paulo, SP.

BRASIL, Constituição Federal, disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constitui%C3%A7ao.htm>, acesso em novembro de 2011, 1988.

BRASIL, Decreto lei nº 5.452, 1º de maio de 1943, Aprova a Consolidação das Leis do Trabalho, disponível em <<http://portal.mte.gov.br/legislacao/>>, acesso em janeiro 2011.

BRASIL, Decreto nº 127 de 22 de maio de 1991, Promulga a Convenção nº 161, da Organização Internacional do Trabalho – OIT, disponível em <<http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/113891/decreto-127-91>>, acesso em novembro de 2011, 1991.

BRASIL, Decreto Nº 3.048, de 6 de maio de 1999. Aprova o Regulamento da Previdência Social, e dá outras providências, disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d3048.htm>, acesso em março 2012.

BRASIL, Decreto-Lei nº 2.848, de 7 de dezembro de 1940, disponível em: <<http://www.ite.edu.br/biblio2000/download/Codigo%20Penal%202011.pdf>>, acesso em novembro de 2011, 1940.

BRASIL, *Doenças Relacionadas ao Trabalho, Manual de Procedimentos para os Serviços de Saúde*, Brasília/DF, 2001, disponível em <http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/doencas_relacionadas_trabalho1.pdf>, acesso em novembro 2012

BRASIL, Lei 5.889 de 8 de Junho de 1973, Trabalho Rural, disponível em <<http://www.sindicatroruralmc.com.br/Informa%C3%A7%C3%B5es%20trabalhistas.pdf>>, acesso em março 2012.

BRASIL, Lei nº 10.406 de 10 de janeiro de 2002 - DOU de 11/01/2002 - Código Civil, disponível em: <<http://www010.dataprev.gov.br/sislex/paginas/11/2002/10406.htm>>, acesso em novembro de 2011, 2011.

BRASIL, Lei nº 10.406, 2011, Código Civil, disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/110406.htm>, acesso em Janeiro 2001.

BRASIL, PL 3519/12, “Pagamento de adicional de insalubridade para trabalho a céu aberto”, 2012, disponível em <<http://www.fatonotorio.com.br/noticias/ver/8506/projeto-de-lei-preve-adicional-a-quem-trabalhar-a-ceu-aberto/>>, acesso em novembro de 2012.

BRASIL, PL 4027/12, Fornecimento de protetor solar para trabalho a céu aberto, 2012, disponível em < <http://colunistas.ig.com.br/leisenegocios/2012/07/24/empregados-que-trabalham-a-ceu-aberto-poderao-ter-adicional-de-20/>>, acesso em novembro de 2012.

BRASIL, Portaria 3.214 de 8 de junho de 1978, Aprova as normas regulamentadoras do capítulo V, título II da CLT, relativos a Saúde e Segurança do Trabalho, disponível em <<http://portal.mte.gov.br/legislacao/>>, acesso em novembro de 2011.

CAMAROTTO, J. A. Ruído industrial. U.F.S.C., São Carlos, Mimeo, 1985.

CAMAROTTO, J.A., BERNARDINO, M. T. S. M., VASCONCELOS, R., SOUZA, R. L., FURLAN, L. FONTOLAN, D, Manual de utilização do *Ergonomic Workplace Analysis*, Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia de Produção, Grupo Ergo&Ação, 2008, disponível em < [www.simucad.dep.ufscar.br/110345_ergonomia\)graduacao_1_2008/ewa.pdf](http://www.simucad.dep.ufscar.br/110345_ergonomia)graduacao_1_2008/ewa.pdf)>, acesso em setembro 2011,.

CARNEIRO, A., P., S.; RIBEIRO, J., I., SANTOS, N., T., MARTINS, S., Estatística Experimental, Universidade Federal de Viçosa Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas Departamento de Estatística, Viçosa MG, 2011

COELHO, M., S., B., FERRAZ, J., R., S., ALMEIDA, E., O., C., As emissões otoacústicas no diagnóstico diferencial das perdas auditivas induzidas por ruído, CEFAC, São Paulo, 2010.

COMUNIDADE ECONÔMICA EUROPÉIA – CEE, Coucil Directive 86/188/EEC on the protection of orkers related to exposure to noise at work, 1977.

CORREIA, N., C., M., *Case study: “Estratégia de aplicação de ferramentas de apoio à gestão da performance humana em ambientes lean”*, Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Industrial, Lisboa, 2009, Disponível em <http://run.unl.pt/bitstream/10362/2041/1/Correia_2009.pdf>, acesso em setembro 2012.

DEBIASI, H., SCHLOSSER, J., F., PINHEIRO, E., D.; Características ergonômicas dos tratores agrícolas utilizados na região central do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul, Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v34n6/a21v34n6.pdf>>; Rio Grande do Sul, 2006, Acesso em: outubro de 2009.

DEBIASI, H.; SCHLOSSER, J. F.; WILLES, J. A. Acidentes de trabalho envolvendo conjuntos tratorizados em propriedades rurais do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul,. Ciencia Rural, 2004

DELGADO, L. M. *El tractor agrícola y utilización*. Madri: La laboreo Solo tractor, 1991.

DIAS, C. Acústica Aplicada, 2005, disponível em <<http://sme.dcm.fct.unl.pt/u/dias/docencia/Acustica/AcusticaAplic0405.htm>>, acesso em junho 2012.

DIONÍSIO, F., N., BORTOLOTTI, P., A., ALEIXO, A., A., PELET, D., C., S., WALSH, I., A., P., SILVA., L., J., BERTONCELLO, D., 2011, Avaliação de características ergonômicas, capacidade para o trabalho e desconforto músculo-esquelético na central de distribuição de materiais de um hospital de clínicas no estado de MG, Revista Brasileira de Ergonomia, Ação Ergonômica volume 6, número 1, disponível em:<http://www.abergo.org.br/revista/index.php/ae/article/view/111>> acesso em maio 2012

DIRETRIZES BÁSICAS DE UM PROGRAMA DE CONSERVAÇÃO AUDITIVA, Comitê Nacional De Ruído E Conservação Auditiva, disponível em: <http://www.arquivosdeorl.org.br/conteudo/acervo_port.asp?id=125>, 2000, acesso em março 2012.

Domingos, M. Revista Proteção, Fragilidade Legal,, 2009,

DUBBEL, Manual de Construção de Máquinas, Editora Hermus, São Paulo, 1973,

DWYER T., Life and death at work. Industrial accident as a case of socially produced error. New York: *Plenum Press*; 1991.

EMBLETON, T.F., *Noise and Vibration Control*, McGrawHill, "Mufflers" In L.Beranek, New York, 1971.

FACTORI, I. M. Processamento e propriedades de compósitos de poliamida 6.6 reforçada com partículas de vidro reciclado, Dissertação Escola Politécnica de São Paulo, 2009, disponível em <http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=poliamida%20e%20refor%C3%A7ada%20com%20fibras%20minerais&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CC0QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.teses.usp.br%2Fteses%2Fdisponiveis%2F3%2F3133%2Ftde-29092010-163249%2Fpublico%2FDissertacao_Irina_Marinho_Factori.pdf&ei=9VMeUoiEDpOa8wT_i4GgBA&usg=AFQjCNFKxcHAf0fPyX-tpxli5f-aM1T_A&bvm=bv.51156542,d.eWU>, acesso em junho 2013.

FARIA, N. M. X. Saúde do trabalhador rural. 2005. Tese (Doutorado em epidemiologia) Programa de Pós-Graduação em epidemiologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

FERNANDES, J. C., Apostila de acústica e ruídos - Lab. de Acústica e Vibrações, Departamento de Engenharia Mecânica da UNESP - Campus de Bauru. UNESP, 2002, disponível em <<http://email.feb.unesp.br/~jcandido>>,

FERNANDES, J., C. - "O ruído ambiental : seus efeitos e seu controle", Departamento de Engenharia Mecânica da UNESP - Campus de Bauru, Bauru, São Paulo. 1994,

FERNANDES, J., C.; Acústica e ruído, Departamento de Engenharia Mecânica da UNESP - Campus de Bauru, 2002, Disponível em: < <http://www.saudeetrabalho.com.br/downloads-ergonomia.php>>. Acesso em: outubro de 2009.

FERNANDES, J.,C Projeto acústico de ambientes Departamento de Engenharia Mecânica da UNESP - Campus de Bauru, 2008, Disponível em <http://www4.fct.unesp.br/dmec/dincon2008/artigos/short%20courses%20and%20conferences/MiniCurso_ProjetoAcusticoAmbientes_Prof%20JoaoCandido.pdf>, acesso junho 2012

FERNANDES, J.,C. Acústica e Ruídos. Apostila de Ruídos, Departamento de Engenharia Mecânica da UNESP - Campus de Bauru, Bauru, SP, 2005.

FERNANDES, J.,C. Segurança nas Vibrações sobre o Corpo Humano, Departamento de Engenharia Mecânica da UNESP - Campus de Bauru, 2000.

FERNANDES, J.,C., Acústica, ruídos e perda de audição, Proceedings of the 9th Brazilian Conference on Dynamics Control and their Applications, Serra Negra, SP, 2010, disponível em < <http://www.sbmac.org.br/dincon/trabalhos/PDF/shortcourses/68699.pdf> >, acesso em agosto 2013.

FERREIRA, A. B. H.; Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa, São Paulo, Editora Positivo, 2004.

FERREIRA, L. M. G. Geotêxteis e suas aplicações, Universidade da Beira Interior, Departamento de Engenharia Civil, Covilhã, 2011, disponível < http://deca.ubi.pt/arquivo/fg_artigos/textos/Geossinteticos/2001_Seminario_UBITEX_Geotexteis.pdf >. acesso em Junho 2013.

FUNDACENTRO, Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho, Bernardino Ramazzini, B. *De morbis artificum diatriba*, São Paulo, 2000.

FUNDACENTRO, Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho, **NHO-1** – Avaliação a exposição ao ruído, 2001, disponível em <<http://www.fundacentro.gov.br/dominios/ctn/anexos/Publicacao/NHO01.pdf>>, acesso em janeiro 2012.

FUNDACENTRO, Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho, **NHO-6** - Avaliação a exposição ao calor, 2002, disponível em <<http://www.fundacentro.gov.br/dominios/ctn/anexos/Publicacao/NHO06.pdf>>, acesso em janeiro 2012,

FUNDACENTRO, Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho, **NHO-9** - Avaliação da exposição ocupacional a vibrações de corpo inteiro: procedimento técnico, 2012, disponível em <<http://www.fundacentro.gov.br/dominios/ctn/anexos/Publicacao/NHO06.pdf>>, acesso em outubro de 2012,

FUNDACENTRO, Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho, **NHO-10** - NHO VIB/VMB: Avaliação da exposição ocupacional a vibrações em mãos e braços: procedimento técnico, 2012, disponível em <<http://www.fundacentro.gov.br/dominios/ctn/anexos/Publicacao/NHO06.pdf>>, acesso em outubro de 2012,

GADANHA J., C., D., MOLIN, J., P., COELHO, J., L., D., YAHN, C., H., TOMIMORI, S., M., A., W., Máquinas e Implementos Agrícolas do Brasil. São Paulo: Núcleo Setorial de Informações em Máquinas Agrícolas, Fundação de Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul e Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo, 1991.

GERGES, S. N.Y. Ruído: Fundamentos e Controle, 1ª ed., Florianópolis, 2005

GERGES, S., N.Y., Ruído fundamentos e conceitos, Florianópolis, NR Editora, 2000.

GOTCHY, J., *Bridging the Narrows, Peninsula Historical Society; First Edition edition*, Washington, United States, 1990.

GRANDJEAN, E. Manual de ergonomia. Adaptando o trabalho ao homem. 4º ed. Porto Alegre : Artmed Editora, 1998.

GUERIN, F., LAVILLE, A., DANIELLOU, F., DURAFFOURG, J., KERGUELEN, A., Compreender o trabalho para transforma-lo, Editora Edgard Blucher LTDA, São Paulo, SP, 2001.

HAGGAR,A., E.; ATTALLAH, M., M., Motores de combustão interna, disponível em: <<http://translate.google.com.br/translate?hl=pt-BR&langpair=en%7Cpt&u=http://biotsavart.tripod.com/ice.htm>>, 1999, acesso em maio de 2012.

HANS, R. F. Avaliação de ruído em escolas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – PROMEC, 2001, disponível em <<http://www.liberato.com.br/upload/arquivos/0131010715441616.pdf>>, acesso em outubro 2012

HARTLING, L.; PICKETT, W.; DORLAND, J.; BRISON, R.J. *Hospital Cost Associated With agricultural machinery injuries in Ontario. American Journal of Industrial Medicine, Ontario*, 1999.

HEYWOOD, J., B., Internal combustion engine fundamentals, Mcgraw Hill, New Yory, 1988,

HOHLENWERGER, W., P., S., Diretrizes para elaboração de um programa de conservação auditiva (PCA) para um sistema intensivo de criação de suínos, 2009, disponível em <http://saudetrabalho.sites.uol.com.br/PAIR/Comite_Nac_ruid_cons_audB6.pdf>, acesso em maio 2012.

IAZZETTA, F., Tutoriais de áudio e acústica, disponível em <<http://www.eca.usp.br/prof/iazzetta/>>, acesso em março 2011.

IIAV, Instituto Internacional de Acústica e Vibração;<[HTTP://www.IIAV.org](http://www.IIAV.org)>; acesso em outubro de 2009.

IIDA, I, Ergonomia Projeto e Produção, São Paulo, Editora Edgard Blucher, 2005.

Instituto de Seguridad y Salud Laboral, Sistema de Classificação para dedos brancos, 2000, disponível em: <<http://www.cdc.gov/spanish/niosh/>>, acesso em junho 2013

ISO, *International Organization For Standardization . Testing the vibration transmissibility of gloves* – ISO 10819, 1996 disponível em <http://www.southampton.ac.uk/hfru/services/glove_testing.html>, acesso em novembro de 2012.

ISO, *International Organization For Standardization. Mechanical vibration and shocks – evaluation os human exposure to whole body vibration – Part 1: General Requiriments: ISO 2631/1. Second Edition. Geneve. 1997.*

ISO, *International Organization For Standardization. Mechanical vibration –measurement and evalution of human exposure to hand-transmitted vibration– Part 1: General Requiriments: ISO 5349/1. Second Edition. Geneve. 2001.*

KROEMER, K. H. E., GRANDJEAN, E., Manual de Ergonomia: Adaptando o trabalho ao homem, 5º edição Artmed Editora, Porto Alegre, 2005,

KUORINKA I, JONSSON B, KILBOM A, VINTERBERG H, BIERING-SORENSEN F, ANDERSSON G. *Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms, Finland, Appl Ergon*, 1987.

LAZZARINI, V., E., P., *Music Department National University of Ireland, Maynooth*, 1998, disponível em <http://www.fisica.net/ondulatoria/elementos_de_acustica.pdf>, acesso em abril de 2012.

LEVARIE, S.; Source: Critical Inquiry, Vol. 4, No. 1, 1977, pp. 21-31 Published by: The University of Chicago Press Stable. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/1343040>>. Acesso em: junho de 2010;

LOPES, R., A., P., Tratores e motores agrícolas, Universidade Estadual de Maringá Centro de Ciências Agrárias Departamento de Engenharia Agrícola, 2009, disponível em <<http://www.dea.uem.br/disciplinas/tratoresmotores/tratoresmotores.pdf>>, acesso em março 2011.

MARTINS, G., V., C., P., Caracterização acústica de materiais fonoabsorventes à base de filmes de polímero monocomponentes sobre lã mineral fibrada, Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da

Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2008, disponível em < <http://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/59898/1/000129255.pdf> >, acesso em outubro de 2012.

MÁSCULO, F. S., Ergonomia, trabalho adequado e eficiente, Editora Campus, São Paulo, SP, 2011.

MEDURI M., V., Acústica e controle de ruído industrial, Faculdade de Engenharia Química Unicamp, Campinas, SP, 2010.

MENDES, P., Biofísica da audição, 2006, disponível em <http://lia.uncisal.edu.br/ensino/pdf/A03_psicoacustica.pdf>, acesso em abril 2012.

MENDES, R., Patologia do trabalho, São Paulo, Ed. Atheneu, 2005

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Anuário estatístico de acidentes do trabalho, 2011. Disponível em: <http://www.previdenciasocial.gov.br/arquivos/office/3_090519-153719-033.pdf>. Acesso em: novembro de 2012.

NIOSH *National Institute for Occupational Safety and Health. Criteria for recommended standard – Occupational noise exposure. Revised criteria, Atlanta, USA 1996.*

NIOSH National Institute for Occupational Safety and Health. Preventing Occupational Hearing Loss. A Practical Guide, 1998.

Norma Britânica BS 6842, Measurement and Evaluation of Human Exposure to Vibration Transmitted to the Hand, 1997, disponível em: < http://www.noisenet.org/Vibration_Occup_HAVS.htm>, acesso em junho 2013,

OIT, ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO, 1985, Convenção nº 161, Trata dos serviços de saúde no trabalho, de atuação também preventiva, disponível em < <http://portal.mte.gov.br/legislacao/convencao-n-161.htm>>, acesso em março 2012.

OLIVEIRA JUNIOR, D., P., Motores de combustão interna, Apostila de Sistemas Mecânicos II, 2004, disponível em <http://www.scooterclube.com.br/download/motores_de_combustao_interna.pdf>, cesso em março de 2012.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE, 2011, disponível em <<http://new.paho.org/bra/>>, acesso em janeiro 2013.

PACOLLA, S., H., O., BORMIO, M., F., SILVA, J., C., P., A Contribuição do Método Ewa Para o Design Ergonômico de Carteira Escolar, 2008, Design, arte e tecnologia, Faculdade Anhembi Morumbi, PUC Rio, Unesp Bauru, disponível em: < <http://portal.anhembi.br/sbds/pdf/8.pdf> >, acesso em fevereiro 2013,

PACOLLA, S., H., O., BORMIO, M., F., SILVA, J., C., P., A interface usuário – ambiente escolar: o emprego da metodologia EWA, 2009, ARCOS DESIGN 4, Universidade do estado

do Rio de Janeiro, disponível em :< <http://www.esdi.uerj.br/arcos/arcos-04-1/04-1.04.placido-a-interface-usuario.pdf>>, acesso em fevereiro de 2013.

PAIVA, M., F., Acidentes do trabalho: uma doença endêmica que acontece no Brasil todo, 2011, Disponível em <<http://www.incorporativa.com.br/mostranews.php?id=6151>>, acesso em novembro de 2012.

PAPARELLA, M. M. Otorrinolaringologia. Ed. Interamericana, Rio de Janeiro, 1979.

PELMEAR P, LEONG D. 2000. *Review of occupational standards and guidelines for Handarm (segmental) vibration syndrome (HAVS). Applied Occupational and Environmental Hygiene*, disponível em <<http://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordOid=540838&fileOid=626069>>, acesso em janeiro de 2011.

PEREIRA, A. D.; Tratado de segurança e saúde ocupacional. Aspectos técnicos e jurídicos. Volume III. NR-13 a NR-15. São Paulo: LTr, 2005,

PEREIRA. G. J.C., (2010), “*Lesões Ocasionaladas por Acidentes com Tratores*” in SARDENBERG, T., SILVARES, P.R.A., VOLPI, M.S., CURCELLI. E.C. DINHANE,D.I., GUMIEIRO, D. N., *Prevenção de Acidentes com Tratores Agrícolas*, UNESP, Botucatu, Editora Diagrama, 2010, disponível em <www.fepaf.org.br> acesso em julho 2010,

PHS, Health people 2000: *National health promotion and disease prevention objectives*. U.S. Dept. Health and Human Services, Public Health Service. Washington, DC: U. S. Government Printing Office, 1991.

POLETTO Fº, J. A., SANTOS, J. E. G. Análise da Vibração na Utilização de Roçadeiras Motorizadas. In: XL Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2011, Cuiabá - MT. Anais do XL Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2011. Jaboticabal - SP: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola - SBEA, 2011. v.1. p.3 – 7.

POLETTO Fº, J. A., SANTOS, J. E. G. Análise do ruído na utilização de roçadeiras motorizadas transversais In: XVIII SIMPEP - Simpósio de Engenharia de Produção., 2011, Bauru. Anais - SIMPEP. Bauru: Departamento de Engenharia de Produção -FE/UNESP - Bauru., 2011. v.1. p.01 – 08.

POLETTO Fº, J. A., SANTOS, J. E. G. ANÁLISE DO RUÍDO NA UTILIZAÇÃO DE ROÇADEIRAS MOTORIZADAS In: XXXIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola e IX Congresso latino Americano Y Del Caribe de Ingeniería Agrícola., 2010, Vitória- ES. Anais do Clia 2010 e Conbea 2010. Jaboticabal: Sbea, 2010. v.1.

POLETTO Fº, J. A., SANTOS, J. E. G. Análise dos Riscos Físicos: Temperatura, Ruído e Risco Ergonômico na Utilização de Roçadeira Lateral Motorizada, com Propostas de Melhorias. In: XX SIMPEP - Simpósio de Engenharia de Produção., 2013, Bauru. Anais - SIMPEP. Bauru: Departamento de Engenharia de Produção -FE/UNESP -Bauru., 2013.

POLETTO Fº, J. A., SANTOS, J. E. G. Análises de los constreñimientos para el trabajador en la utilización de la rozadera transversal motorizada. In: I Congreso Argentino de Ingeniería Cadi 2012 e VII Congreso Argentino de Enseñanza de la ingeniería - CAEDI 2012, 2012, Mar del Plata. Libro de Trabajos Seleccionados del Primer Congreso Argentino de Ingeniería. Mar del Plata: Confedi, 2012. v.1. p.1 – 5.

POLETTO Fº, J. A., SANTOS, J. E. G. Método EWA para análise dos constrangimentos na utilização de roçadeira costal motorizada. In: 10º P & D Design - Congresso Brasileiro de pesquisa e desenvolvimento em design., 2012, São Luiz. Anais do 10º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design: 10-13 de outubro de 2012/Organização Raimundo Lopes Diniz; Denilson Moreira Santos - São Luiz: EDUFMA,2012.. São Luiz (MA): Jr Gravadora, 2012. v.1. p.5 – 8.

POLETTO Fº, J. A., SANTOS, J. E. G. Utilização da Roçadeira Motorizada e os Riscos para o Trabalhador. In: 11º Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interface HumanoTecnologia: Produto, Informações, Ambiente Construído e Transporte., 2011, Manaus. Anais do 11º Ergodesign Usihc. Manaus: Universidade Federal do Amazonas., 2011. v.1. p.1 – 9.

PORTARIA nº 3.217, Normas Regulamentadoras de Segurança e Medicina do Trabalho, 1978. Disponível em: < <http://www.mte.gov.br/> >. Acesso em: julho de 2010.

PORTARIA nº 86, Norma Regulamentadora nº 31 – Segurança e Saúde no Trabalho na Agricultura, Pecuária, Silvicultura, Exploração Florestal e Aquicultura, 2005. Disponível em < <http://www.mte.gov.br/> >, acesso em julho de 2010.

RAMAZZINI, B., As Doenças dos trabalhadores, editora. Fundacentro, Campinas, 1999.

REGAZZI, R. D., XIMENES, G. M. A importância da avaliação da vibração no corpo humano. IMETRO. Rio de Janeiro, Brasil, 2005.

REYNAUD, M., *On local asphyxia and symmetrical gangrene of the extremities*, 1969, disponível em <<http://archneur.ama-assn.org/>>, acesso em dezembro 2010.

RIBAS, A., SCHMITZ, D., DUARTE, N., GUTIERREZ, L., Achados audiológicos de trabalhadores expostos ao ruído e ao agente químico Arclean SDI, Tuiuti: Ciência e Cultura, Curitiba, 2010

ROCHA, L., H., M., Análise de vibrações transmitidas a carrinhos de bebês em percursos sobre calçadas, dissertação de Mestrado submetida ao Departamento de Engenharia Civil E Ambiental da Universidade De Brasília, 2010, Disponível em: <http://www.transportes.unb.br/arquivos/lara_hill_moreira_da_rocha.pdf> , acesso em janeiro 2011.

ROSEN, S., BERGAN, M., PLESTOR, D., ELMOFTY, A., SATTI, M., *Presbycusis Atudy of a Realitively noise-free population in Sudan*, Ann Otol Rhinol Laryngol, 1962

- RUSSO, I.C.P. Acústica e psicoacústica aplicadas à fonoaudiologia, São Paulo: Lovise, 1993.
- SALIBA, T., M.; Curso Básico de Segurança e Higiene Ocupacional, Editora Ltr, São Paulo, 2006,
- SALIBA, T., M.; Insalubridade e Periculosidade, Aspectos Técnicos e Práticos, Editora Ltr, São Paulo, 2004,
- SANTANA, V., S.; Saúde do trabalhador no Brasil: pesquisa na pós-graduação, Revista Saúde Pública, 2006, disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rsp/v40nspe/30629.pdf>>, acesso em março de 2012.
- SANTOS J.E.G., GUERRA, S.P.S., CAMPOS, F.H., BARBIERI, A.A.M., OGURI, G. Prevenção de acidentes com tratores agrícolas, ergonomia aplicada em tratores agrícolas e florestais e florestais. UNESP, Botucatu: Editora Diagrama, 2010, disponível em: <www.fepaf.org.br>. Acesso em: julho 2010,
- SANTOS, P. F. F.; Utilização de um sistema de aquisição automática de dados para avaliação dos níveis de ruído de um trator agrícola de pneus. Revista Árvore, Viçosa, v.28, n.3, 2004.
- SCHLOSSER, J. F.; DEBIASI, H., Conforto, preocupação com o operador. Caderno técnico da Revista Cultivar Máquinas, Pelotas, 2002.
- SEBASTIÃO, B., A., MARZIALE, M., H., P., ROBAZZI, M., L., C., C., Uma revisão sobre efeitos adversos ocasionados na saúde de trabalhadores expostos à vibração, 2007, disponível em <http://www.saude.ba.gov.br/rbsp/volume31/P%C3%A1ginas%20de%20Revista_Vol_31_n1_2007%2020178.pdf> acesso em dezembro 2010.
- SERRANHEIRA, F., PEREIRA, M., SANTOS, C., S., CABRITA, M., Auto-referência de sintomas de lesões músculo-esqueléticas ligadas ao trabalho numa grande empresa em Portugal, 2003, disponível em < <http://www.ensp.unl.pt/dispositivos-de-apoio/cdi/cdi/sector-de-publicacoes/revista/2000-2008/pdfs/2-04-2003.pdf>> acesso em outubro 2010.
- SILVA, J.R., FURLANI NETO, V.L., Acidentes graves no trabalho rural: II Caracterização. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 28, 1999, Pelotas, RS. Anais. Pelotas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1999.
- SMITH, B, J., PETERS, R., J.; *Acoustical and noise control*, London, Stephanie Owen, Langmar: London and New York, 1992.
- SMITH, M. J., Considerações psicossociais sobre distúrbios ósteo musculares relacionados ao trabalho (DORT) nos membros superiores. In: Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society, 1996.
- SOARES, P. A. T., FERRARO, N. G., SANTOS, J. I. C.; Aulas de física. São Paulo: Atual, 1984.

SOCIETY, 1996. Disponível em: <<http://www.efdeportes.com/efd148/a-ginastica-laboral-na-prevencao-de-ler-dort.htm>>. Acesso em Outubro 2010.

SOEIRO, N.S., Vibrações e o corpo humano: uma avaliação ocupacional, I Workshop de Vibrações e Acústica, 2011, acesso em Novembro 2012, disponível em <http://www.ufpa.br/gva/Arquivos%20PDF/I_WORKSHOP_TUCURUI/Workshop_Tucurui/Palestras/03_P01_Vibracoes_e_o_Corpo_Humano_uma_avaliacao_ocupacional.pdf>

SOLOMON C. Accidental injuries in agriculture in the UK., Copyright Society of Occupational Medicine, 2002, Disponível em: <<http://occmed.oxfordjournals.org/content/52/8/461.full.pdf+html> >, acesso em abril de 2010.

SOUZA, H. M. M. R., Análise experimental dos níveis de ruído produzido por peça de mão de alta rotação em consultórios odontológicos: possibilidade de humanização do posto de trabalho do cirurgião dentista. [Doutorado] Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública; 1998, disponível em <http://portaldesicict.fiocruz.br/transf.php?id=00010702&lng=pt&nrm=iso&script=thes_chap>, acesso em agosto 2013.

SOUZA, H., M., M., R., Análise experimental dos níveis de ruído produzido por peça de mão de alta rotação em consultórios odontológicos: possibilidade de humanização do posto de trabalho do cirurgião dentista, Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública; 1999, disponível em <http://portaldesicict.fiocruz.br/transf.php?id=00010702&lng=pt&nrm=iso&script=thes_chap> , acesso em junho 2012,

SOUZA, L. H. Níveis de ruído emitidos por uma recolhadora-trilhadora **de feijão**. Eng. Agrícola, Jaboticabal, 2004.

STUART,B, C., A discomfort survey in a poultryprocessing plant. Applied Ergonomics, 1994, disponível em <<http://www.ensp.unl.pt/dispositivos-de-apoio/cdi/cdi/sector-de-publicacoes/revista/2000-2008/pdfs/2-04-2003.pdf>>, acesso em julho de 2012,

TOSIN, R., C, Avaliação do ruído e da vibração no posto de trabalho em dois tratores agrícolas, 2009, disponível em: <http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/bla/33004064021P7/2009/tosin_rc_dr_botfca.pdf>, acesso em novembro 2012.

TRIBUNAL SUPERIOR DO TRABALHO, SUMULA 173, “insalubridade a céu abeto”, disponível em <<http://www.legjur.com/sumula/tst-sdi-i-orientacao-jurisprudencial-n-173/#topo>>, acesso em novembro 2012.

UVA, A. S.; FARIA, M., Exposição profissional a substâncias químicas: diagnóstico das situações de risco, Revista Portuguesa de Saúde Pública, Vol. 18, n.º 1, Portugal, 2000

Vendrame, A., C., Revista Proteção, Vibração Ocupacional,, 2009,

VENDRAME, A., C., Vibrações Ocupacionais, 2005, disponível em <http://www.higieneocupacional.com.br/download/vibracoes_vendrame.pdf>, acesso em dezembro de 2010.

VIDAL, M., C., Métodos alternativos em análise ergonômica, Rio de Janeiro, Editora Campos, 2011.

WANG,C. ; TSE,C. ; CHEN,Y., Analysis of three dimensional muffler with boundary element method, applied acoustics, London,1993.

WOLFFENBUTTE, A., O que é desvio padrão, 2009, disponível em <<http://www.carlosescossia.com/2009/09/o-que-e-desvio-padrao.html>>, acesso em maio 2013.

XIMENES, G., M., Gestão ocupacional da vibração no corpo humano, aspectos técnicos e legais relacionados à saúde e segurança, 2006, Dissertação, Sistemas de Gestão da Universidade Federal Fluminense, disponível em <http://www.inmetro.gov.br/producao intelectual/obras_intelectuais/179_obraIntelectual.pdf>, acesso em janeiro 2011.

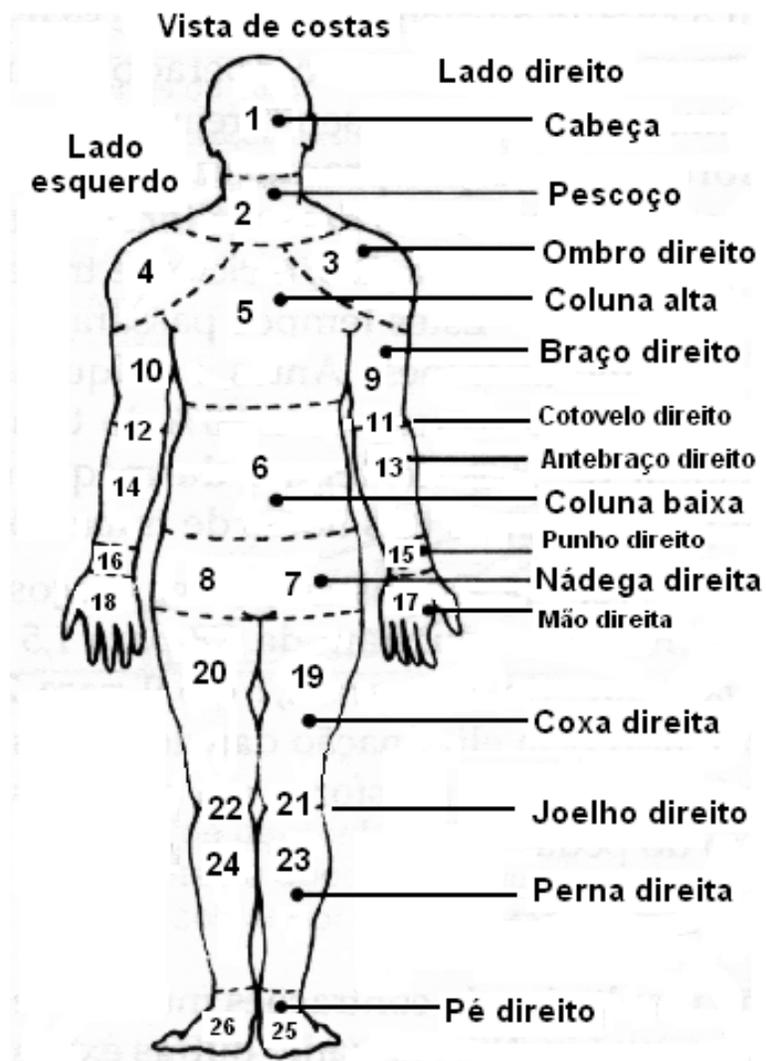
ZANELLA, E., B., O. “trabalho a céu aberto não dá direito a adicional de insalubridade”, 2005, disponível em: <http://www.conjur.com.br/2005-set-09/trabalho_ceu_aberto_ao_direito_adicional>, acesso em: junho 2013.

Anexo I

Questionário Nórdico Músculo Esquelético

1º parte: caracterização da amostra - entrevista semi estruturada:

1. Quantas pessoas compõem a equipe de trabalho?
2. Qual a responsabilidade de cada um?
3. Como é organizado o trajeto e que horário saem da cidade?
4. Quem determina a área a ser roçada?
5. Como é feito o controle do trabalho executado?
6. Há local para refeições, sanitários, água gelada?
7. Que abastece o equipamento e afia a lâmina?
8. Quando chove como é organizado o trabalho?
9. Qual a maior queixa dos trabalhadores?



Anexo II
EWA - Ergonomic Workplace Analysis

Item 1 - área de trabalho: será avaliado somente Ferramentas Manuais e outros equipamentos e utensílios.

Analisa-se neste item as características das ferramentas tais como: tamanho, forma e massa, que devem permitir uma utilização segura de fácil manuseio, sem requerer força excessiva, não apresentando vibrações e ruídos excessivos.

Para avaliação da atividade será utilizada a Tabela 40.

Tabela 40: Avaliação objetiva – realizada pelo avaliador

Considerações	
Classificação	1 O espaço de trabalho é inteiramente ajustável pelo trabalhador.
	2 Existem limitações em atender às recomendações; entretanto, as posturas e movimentos de trabalho estão adequados às necessidades da tarefa.
	3 Nem todas as recomendações são seguidas: as posturas e movimentos de trabalho são, portanto, inadequadas.
	4 Há grandes desvios em relação aos padrões recomendados. A organização do espaço de trabalho força o trabalhador a usar posturas de trabalho ruins e tensas, bem como movimentos inadequados.

Item 2 - Atividade Física Geral: esforço físico exigido, duração e método de trabalho e equipamentos utilizados são os parâmetros que devem ser observados. Podem estar num em um nível ideal, acima ou abaixo desta referência e é determinada pela possibilidade do trabalhador regular a carga física. Para a análise deve-se observar e entrevistar o trabalhador e a chefia imediata.

Segundo Camarotto et al, (2008) é necessária grande atividade física na agricultura ou no trabalho de estivadores, já pequena atividade física pode ser encontrada no trabalho fragmentado ou de inspeção. Utiliza-se a Tabela 41 para avaliar estas atividades.

Tabela 41: Avaliação da atividade física geral

		Considerações	Grande
Classificação	4	Atividade depende inteiramente dos métodos de produção ou da organização do trabalho. O trabalho é razoavelmente pesado ou pesado, as pausas durante o trabalho não têm sido levadas em consideração. Ocorrem altos picos de carga de trabalho.	
	3	A atividade depende dos métodos de produção ou da organização do trabalho. O risco de um esforço excessivo devido a picos de carga de trabalho é relativamente frequente.	
	2	A atividade depende, em parte, dos métodos de produção ou da organização do trabalho. Os picos de carga de trabalho ocorrem com alguma frequência, mas eles não produzem um risco de esforço excessivo.	
	1	A atividade física é inteiramente determinada pelo trabalhador; os fatores causadores dos picos de carga de trabalho não acontecem.	
			Apropriado
		Considerações	
Classificação	1	A atividade física é inteiramente regulada pelo trabalhador. Os espaços de trabalho, equipamentos e métodos não geram restrições de movimentos.	
	2	Os espaços de trabalho, equipamentos e métodos permitem a realização de movimentos adequados.	
	3	Os espaços de trabalho, equipamentos e métodos limitam os movimentos de trabalho. As possibilidades de movimentos ocorrem durante as pausas de trabalho.	
	4	Os espaços de trabalho, equipamentos e métodos restringem os movimentos de trabalho ao mínimo. As pausas durante a atividade de trabalho nem sempre são possíveis.	

Item 3 - Levantamento de Cargas: a massa da carga, a distância horizontal entre a carga e o corpo e a altura da elevação são os itens avaliados para determinação do esforço no levantamento. Os valores apresentados na Tabela 42 foram estabelecidos para condições adequadas de levantamento.

Tabela 42: Classificação do levantamento.

1 A carga pode ser facilmente levantada				
	Altura de elevação normal Distância das mãos em relação ao corpo, cm			
	Carga kg			
	< 30	30 a 50	50 a 70	>70
2	Abaixo 18	Abaixo 10	Abaixo 8	Abaixo 6
3	18 a 34	10 a 19	8 a 13	6 a 11
4	35 a 55	20 a 30	14 a 21	12 a 18
5	Acima 55	Acima 30	Acima 21	Acima 18

	Elevação com agachamento Distância das mãos em relação ao corpo, cm			
	Carga kg			
	< 30	30 a 50	50 a 70	>70
2	Abaixo 18	Abaixo 10	Abaixo 8	Abaixo 6
3	18 a 34	10 a 19	8 a 13	6 a 11
4	35 a 55	20 a 30	14 a 21	12 a 18
5	Acima 55	Acima 30	Acima 21	Acima 18

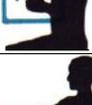
Considera-se "*altura de elevação normal*", a elevação ascendente ou descendente compreendida entre a altura do ombro e a altura dos dedos das mãos na postura ereta, "*elevação com agachamento*", a elevação ascendente ou descendente na região abaixo da altura das mãos.

Item 4 - Posturas de Trabalho e Movimentos: são os movimentos do corpo exigidos pelo trabalho, referem-se às posições do pescoço, braços, costas, quadris e pernas durante o trabalho. Devem ser analisados separadamente, separadamente, conforme Tabela 43. O resultado final é o pior valor desses quatro resultados parciais. Se a mesma postura for sustentada por mais da metade da jornada o valor resultante deve ser um nível acima do encontrado ou decrescer um nível se a mesma postura for mantida não **mais** que uma hora.

Tabela 43: Classificação das posturas de trabalho e movimento – **pescoço e ombro**

1	Livre e relaxado.	
2	Em uma postura natural, mas limitada pelo trabalho.	
3	Tenso devido ao trabalho	
4	Rotação ou inclinação de cabeça e/ou elevação dos braços acima do nível dos ombros.	
5	Pescoço inclinado para trás, com uma demanda de força grande para os braços.	

Classificação das posturas de trabalho e movimento – **cotovelo e punho**

1	Em uma postura natural e/ou bem suportada, em uma posição sentada ou em pé.	
2	Braços em uma posição determinada pelo trabalho, algumas vezes levemente tensos.	
3	Braços tensos e/ou articulações em postura extrema	
4	Braços mantidos em contração estática e/ou repetição do mesmo movimento continuamente	
5	Grande demanda de força para os braços, a eles realizam movimentos rápidos.	

Classificação das posturas de trabalho e movimento – **costas**

1	Em uma postura natural e/ou bem suportada, em uma posição sentada ou em pé.	
2	Em uma posição adequada, mas limitada pelo trabalho.	
3	Inclinado e/ou pouco suportado	
4	Inclinado, com rotação e sem apoio.	
5	Em uma postura prejudicial durante o trabalho pesado	

Classificação das posturas de trabalho e movimentos - **quadris-perna**

1	Em uma posição livre que pode ser mudada voluntariamente, realizada durante o trabalho sentado.	
2	Em uma postura adequada, mas limitada pelo trabalho.	
3	Pouco suportada, ou realizada inadequadamente em pé.	
4	Em pé, em um dos pés ou de joelhos, ou numa posição estática.	
5	Em uma postura prejudicial durante o trabalho pesado.	

Item 5 - Risco de acidente: É a possibilidade da ocorrência de um acidente e sua severidade.

O risco de acidente estará presente se uma ou mais questões apresentadas na Tabela 44 forem respondidas positivamente.

Tabela 44: Risco de acidente

Riscos mecânicos:	Sim	Não
Pode uma superfície, estrutura ou parte móvel da máquina, uma parte da mobília ou um equipamento causar explosão, ferida ou queda?		
Podem os movimentos de deslocamento horizontal ou vertical e de rotação de máquinas, material ou outros equipamentos causar acidente?		
Podem objetos em movimento ou aerodispersóides causar acidente?		
Pode a ausência de corrimão, parapeito, pisos escorregadios ou desarrumação causar quedas?		
Riscos causados por falha de design:	Sim	Não
Podem os controles ou visores causar acidentes por terem sido mal projetados e não atenderem as características humanas?		
Pode um dispositivo de acionamento, a falta de um dispositivo de segurança ou um travamento causar acidente?		
Riscos relacionados à atividade do trabalhador	Sim	Não
Pode uma situação de trabalho que ocorre com uma realização de grande esforço ou postura e movimentos inadequados causar acidente?		
Pode a sobrecarga nas habilidades de percepção e atenção causar acidente?		
Riscos relacionados à energia e utilidades	Sim	Não
A carga ou fluxo de eletricidade, ar comprimido ou gás, podem causar acidente?		
A temperatura pode causar incêndio ou explosão?		
Os agentes químicos podem causar acidente?		

Na Tabela 45 tem-se a gravidade do acidente.

Tabela 45: Gravidade do acidente

Risco	
Pequeno	Se o trabalhador pode evitar acidentes empregando procedimentos normais de segurança. Ocorrem não mais de um acidente a cada cinco anos.
Médio	Se o trabalhador evita o acidente seguindo instruções especiais e sendo mais cuidadoso e vigilante que o usual. Pode ocorrer um acidente por ano.
Grande	Se o trabalhador evita o acidente sendo extremamente cuidadoso e seguindo exatamente os regulamentos de segurança. O risco é aparente, e um acidente pode ocorrer a cada três meses.
Muito grande	Se o trabalhador somente pode evitar o acidente seguindo estritamente e precisamente os regulamentos de segurança. Pode ocorrer um acidente por mês.

Na Tabela 46 esta descrita a severidade.

Tabela 46: Severidade do acidente

Severidade	Consequência
Leve	Se causa não mais de um dia de afastamento
Pequena	Se causa menos de uma semana de afastamento
Grave	Se causa um mês de afastamento
Gravíssima	Se causa pelo menos seis meses de afastamento ou incapacidade permanente.

Na Tabela 47 esta a classificação do risco levando-se em consideração os fatores **Risco e Severidade**.

Tabela 47: Risco e severidade

Severidade	Risco			
	Pequeno	Médio	Grande	Muito grande
Leve	1	2	2	3
Pequena	2	2	3	4
Grave	2	3	4	5
Gravíssima	3	4	5	5

Item 6 - Conteúdo do trabalho: é determinado pelo número e qualidade das tarefas individuais inclusas nas atividades do trabalho. Avaliar se trabalho inclui planejamento e preparação, inspeção do produto e correção, manutenção e gerenciamento de materiais, além da tarefa original. A Tabela 48 indica o peso que o avaliador irá atribuir neste item.

Tabela 48: Conteúdo do trabalho

1	O trabalhador planeja e executa todo o trabalho, inspeciona e corrige o produto ou resultado e também executa tarefas que envolvem reparo e gerenciamento de materiais.
2	xxx
3	O trabalhador executa apenas uma parte do trabalho.
4	xxx
5	O trabalhador é responsável por uma tarefa simples ou apenas uma operação.

Item 7 - Restrições no trabalho: é considerado restrito quando as condições de execução do trabalho limitam os movimentos do trabalhador e a liberdade de escolher quando e como realizar a atividade. Na Tabela 49 estão as avaliações das restrições do trabalho com as respectivas ponderações.

Tabela 49: Restrições no trabalho

1	As exigências das máquinas, processos, métodos de produção não limitam o trabalho.
2	xxx
3	Há ocasionalmente certas limitações no trabalho e exige certo tempo de concentração.
4	xxx
5	O trabalho é completamente limitado por máquinas, processos ou trabalho em grupo.

Item 8 - Comunicação entre trabalhadores e contatos pessoais: facilidade que os trabalhadores têm de comunicação sobre o trabalho com seus superiores ou colegas, é o grau de isolamento dos trabalhadores em relação comunicação direta e indireta

com outros trabalhadores ou superiores. A comunicação visual não é suficiente para eliminar o isolamento quando, por exemplo, há muito ruído no local de trabalho. Na Tabela 50 esta descrita a facilidade ou não da comunicação e seu respectivo fator ponderador.

Tabela 50: Comunicação entre trabalhadores e contatos pessoais

1	Existe uma preocupação em fazer com que a comunicação e os contatos entre os trabalhadores sejam possíveis.
2	xxx
3	A comunicação é possível durante o dia de trabalho, mas ela é claramente limitada pela localização do posto, presença de ruído ou necessidade de concentração.
4	xxx
5	A comunicação e o contato são completamente limitados durante o turno de trabalho. (o trabalhador trabalha sozinho, à distância ou está isolado)

Item 9 - Tomada de decisão: A dificuldade de tomada de decisões é influenciada pelo grau de disponibilidade de informação e do risco envolvido na decisão. A determinação da complexidade da conexão e a disponibilidade de informação e a ação do trabalhador é fundamental para avaliação deste item (Tabela 51). A conexão entre a informação e a ação deve ser simples e clara.

Tabela 51: Tomada de decisão

1	O trabalho é composto por tarefas que tem informações claras e não ambíguas.
2	O trabalho é composto por tarefas que incluem informações, de forma que a comparação entre possíveis alternativas seja feita e a escolha dos modelos de atividade seja fácil.
3	O trabalho é composto por tarefas complicadas com várias alternativas de solução, sem possibilidade de comparação. É necessário que o trabalhador monitore seus próprios resultados.
4	O trabalhador tem que fazer muitas escolhas sem informações suficientemente claras, para basear sua escolha. Uma decisão errada cria a necessidade de correção da atividade e do produto, ou cria sérios riscos pessoais.
5	O trabalho envolve vários conjuntos de instruções, visores ou máquinas, e as informações podem conter erros. Uma decisão errada pode ocasionar risco de acidente, parada na produção ou perda de material.

Item 10 – Repetitividade do trabalho: é determinada pela duração média de um ciclo repetitivo de trabalho, sendo medida do começo ao fim deste ciclo. Pode ser avaliada somente naqueles trabalhos em que a tarefa é continuamente repetida do mesmo modo. Para esta análise deve-se determinar a duração do ciclo repetitivo medindo as tarefas que são inteiramente ou quase inteiramente iguais, do início ao fim deste ciclo, tomando como base de análise a Tabela 52.

Tabela 52: Repetitividade do trabalho

Duração de um ciclo	
1	Acima de 30 minutos
2	De 10 a 30 minutos
3	De 5 a 10 minutos
4	De 30 segundos a 5 minutos
5	Abaixo de 30 segundos

Item 11 – Atenção: compreende todo o cuidado e observação que um trabalhador deve dar para seu trabalho, instrumentos, máquinas, visores, processos, etc. É determinada considerando-se a duração de um período de tempo em observação alerta, em relação ao tempo completo do ciclo (Tabela 53).

Tabela 53: Duração do estado de alerta (atenção) em relação ao ciclo total

% da duração do ciclo	
1	Menor que 30%
2	De 30 a 60%
3	De 60 a 80%
4	Maior que 80%

A demanda de atenção é avaliada pela relação entre a duração da observação e o grau de atenção necessário, determinando duração de um período de tempo em observação alerta, em relação ao tempo completo do ciclo (Tabela 54).

Tabela 54: Demanda por atenção

	Atenção demandada	Exemplos:	
		Indústria Metal	Trabalho de escritório
1	Superficial	Manuseio de materiais	Carimbar papéis
2	Médio	Posicionar um elemento com um padrão	Datilografar
3	Grande	Trabalho de montagem	Revisão de provas
4	Muito grande	Usar instrumentos de ajuste e mensuração	Desenhar mapas

O nível de atenção demandada pelo trabalho é a média das classificações

Item 12 – Iluminação: deve ser avaliada de acordo com o tipo de trabalho, determina-se o iluminamento e o grau de ofuscamento é avaliado por observação (Tabela 55).

Tabela 55: Iluminação

Iluminamento % de valor recomendado		Ofuscamento	
1	100%	1	Sem ofuscamento
2	50 – 100%	2	Sem ofuscamento
3	10 – 50%	3	Algum ofuscamento
4	Menos que 10%	4	Muito ofuscamento

Item 13 - Ambiente térmico: A carga de calor e os riscos causados pelas condições térmicas dependem do efeito combinado de fatores ambientais, tais como: temperatura, umidade e velocidade do ar, radiação térmica; tipo de atividade, carga de trabalho e do tipo de vestimenta usado (Tabela 56).

Tabela 56: Valores de referência para velocidade do ar e umidade relativa

Tipo de trabalho	Velocidade do ar (m/s)	Umidade relativa (%)	Faixa recomendável de temperatura (°C)
Trabalho leve (digitação, dirigir, escritório)	Menor que 0,5	20 a 50	21 a 25
Trabalho moderado com pouca movimentação	0,2 a 0,5	20 a 50	19 a 23
Trabalho pesado (em pé, com movimentação)	0,3 a 0,7	20 a 50	17 a 21
Trabalho muito pesado (levantar peso, condições adversas de ambiente)	0,4 a 1,0	20 a 50	12 a 17

Avaliar a velocidade do ar, umidade relativa e temperatura na situação de trabalho, caso haja temperaturas elevadas com alta umidade ou situações de baixas temperaturas com alta velocidade do ar, a classificação a partir dos valores da Tabela 57, deve ser acrescida de um nível.

Tabela 57: Ambiente térmico

1	O ambiente de trabalho apresenta grandes variações significativas de temperatura (calor ou frio).
2	
3	O ambiente de trabalho apresenta pequenas variações de temperatura, marcadas pelas estações do ano.
4	
5	O ambiente de trabalho é climatizado e mantém constante sua temperatura.

Item 14 – Ruído: A classificação do ruído é obtida em função do tipo de trabalho executado: nas situações de trabalho onde há necessidade de comunicação verbal, as pessoas precisam estar aptas para conversar entre si, para gerenciar ou executar o trabalho, nas situações que requerem concentração, o trabalhador deve raciocinar, tomar decisões, usar continuamente sua memória e estar concentrado (Tabela 58).

Tabela 58: Ruído

	Trabalho que não requer comunicação verbal dB (A)	Trabalho que requer comunicação verbal dB (A)	Trabalho que requer concentração dB (A)
1	Abaixo de 60	Abaixo de 50	Abaixo de 45
2	60 – 70	50 – 60	45 – 55
3	70 – 80	60 – 70	55 – 65
4	80 – 90	70 – 80	65 – 75
5	Acima de 90	Acima de 80	Acima de 75

Anexo III

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado a participar, como voluntário, em uma pesquisa, sobre o equipamento que utiliza no seu trabalho, onde será analisada a questão do ruído e da vibração. Esta participação é voluntária e se estiver de acordo assine ao final.

Fica garantido o sigilo das informações.

Em caso de recusa você não será penalizado de forma alguma.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

Título do Projeto:

Pesquisador Responsável:

Telefone para contato:

Pesquisadores participantes:

O objetivo é avaliar risco causado pela utilização das roçadeiras para o trabalhador. Trata-se de um estudo com coleta de dados em 13 trabalhadores do sexo masculino ao longo da rodovia. A coleta será realizada com o uso de equipamentos e um questionário.

Não há nenhum risco, prejuízo, desconforto ou lesões que podem ser provocados pela pesquisa.

Nome e Assinatura do pesquisador

Anexo IV
Solicitação a Comissão Nacional de Ética em Pesquisa



MINISTÉRIO DA SAÚDE - Conselho Nacional de Saúde - Comissão Nacional de Ética em Pesquisa – CONEP

FOLHA DE ROSTO PARA PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS

1. Projeto de Pesquisa: ANÁLISE DOS RISCOS FÍSICOS: TEMPERATURA, VIBRAÇÃO, RUÍDO E RISCO ERGONOMICO EM ROÇADEIRA LATERAL MOTORIZADA, COM PROPOSTAS DE MELHORIAS.		2. Número de Sujeitos de Pesquisa: 45	
3. Área Temática:			
4. Área do Conhecimento: Grande Área 3. Engenharias			
PESQUISADOR RESPONSÁVEL			
5. Nome: JOSÉ ANTONIO POLETTO FILHO			
6. CPF: 024.472.048-76	7. Endereço (Rua, n.): Minas Geras Centro GARCA SAO PAULO 17400000		
8. Nacionalidade: BRASILEIRA	9. Telefone: 34065684	10. Outro Telefone:	11. Email: jpoletto@uol.com.br
12. Cargo:			
<p>Termo de Compromisso: Declaro que conheço e cumprirei os requisitos da Resolução CNS 196/96 e suas complementares. Comprometo-me a utilizar os materiais e dados coletados exclusivamente para os fins previstos no protocolo e a publicar os resultados sejam eles favoráveis ou não. Aceito as responsabilidades pela condução científica do projeto acima. Tenho ciência que essa folha será anexada ao projeto devidamente assinada por todos os responsáveis e fará parte integrante da documentação do mesmo.</p> <p style="text-align: center;">Data: _____ / _____ / _____</p> <p style="text-align: right;">_____ Assinatura</p>			
INSTITUIÇÃO PROPONENTE			
Não se aplica.			
PATROCINADOR PRINCIPAL			
Não se aplica.			