

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Juliano dos Santos Depoi

AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE VIBRAÇÃO E RUÍDO EM
MOTOSSERRA, COM MOTOR DOIS TEMPOS

Santa Maria, RS
2020

Juliano dos Santos Depoi

**AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE VIBRAÇÃO E RUÍDO EM MOTOSSERRA,
COM MOTOR DOIS TEMPOS**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Mecanização Agrícola, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Engenharia Agrícola**.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Catize Brandelero

Santa Maria, RS
2020

Depoi, Juliano Dos Santos
AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE VIBRAÇÃO E RUÍDO EM
MOTOSSERRA, COM MOTOR DOIS TEMPOS / Juliano Dos Santos
Depoi.- 2020.
61 p.; 30 cm

Orientadora: Catize Brandelero
Coorientador: José Fernando Schlosser
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós
Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2020

1. Acelerômetro 2. Colheita Florestal 3. Saúde
Ocupacional I. Brandelero, Catize II. Schlosser, José
Fernando III. Título.

Juliano dos Santos Depoi

**AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE VIBRAÇÃO E RUÍDO EM
MOTOSSERA, COM MOTOR DOIS TEMPOS**

Dissertação de mestrado apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de concentração em Mecanização Agrícola, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Engenharia Agrícola**.

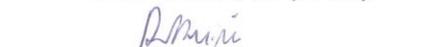
Aprovado em 02 de março de 2020:



Catize Brandelero, Dra. (UFSM)
(Presidente/Orientadora)



Valmir Werner, Dr. (UFSM)



Alexandre Russini, Dr. (Unipampa)

Santa Maria, RS
2020

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida, por colocar pessoas maravilhosas em meu caminho e sempre me guiar às escolhas certas.

À UFSM pela oportunidade de participar das diversas atividades acadêmicas no decorrer desses anos e, também, por proporcionar momentos de convivência com os colegas.

A Fundação Estadual de Pesquisas Agropecuárias – FEPAGRO FLORESTAS por disponibilizar as árvores utilizadas no presente estudo. Assim como, ao Laboratório Agrotec – UFSM, pelo empréstimo de equipamentos e auxílio técnico.

À minha orientadora Catize Brandelero, pela paciência, estímulo e dedicação na revisão e correção desta dissertação.

Aos funcionários do núcleo de ensaio de máquinas agrícolas e colegas de pós-graduação.

A banca pelas contribuições feitas, o professor Dr. Valmir Werner, Dr. Alexandre Russini e ao professor Dr. José Fernando Schollosser.

Aos meus pais Adão Milton Guerch Depoi e Elsa dos Santos Depoi que sempre me apoiaram nos momentos difíceis com força, confiança, amor, ensinando-me a persistir nos meus objetivos e ajudando a alcançá-los.

À minha irmã Fernanda dos Santos Depoi, meu cunhado Fabiano Campanhol Schirmer e as minhas sobrinhas Laura Depoi Schirmer e Julia Depoi Schirmer pela ajuda e momentos de descontração.

A todos que, de alguma forma, colaboraram com este trabalho, meu muito obrigado!

RESUMO

AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE VIBRAÇÃO E RUÍDO EM MOTOSSERRA, COM MOTOR DOIS TEMPOS

AUTOR: Juliano dos Santos Depoi
ORIENTADORA: Catize Brandelero

A operação de colheita de madeira é considerada um trabalho árduo e com elevado risco de acidentes, além de provocar sérios problemas a saúde dos trabalhadores. Apesar dos avanços tecnológicos, as motosserras quando operadas continuamente causam danos ao corpo do operador, devido a sua massa e a resistência da madeira ao corte atuando como agente estressor. Neste sentido, o presente estudo teve por objetivo avaliar e quantificar o nível de ruído emitido e a magnitude das vibrações que atingem mãos e braços do operador de motosserra. O trabalho foi realizado no município de Santa Maria, Rio Grande do Sul. As variáveis avaliadas foram o nível de vibração e o ruído, oriundo da motosserra em operação. Utilizou-se dois conjuntos de corte constituídos por corrente de dentes do tipo semi-quadrado e quadrado, em diferentes espécies florestais (*Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus dunnii* e *Acácia mearnsii* De Wild). A avaliação da vibração e do ruído basearam-se nos critérios estabelecidos pela Norma Regulamentadora NR-15, NHO 10, ISO 2631-4, NHO 01, respectivamente. Os resultados dos níveis de vibração foram superiores aos limites de referência estabelecidos pela Norma ISO 2631-4. Foi observado para ambos os conjuntos de corte que os maiores níveis de vibração ocorreram no eixo "x". Após o processamento dos dados os valores de aceleração resultante da exposição normalizada para as vibrações de mãos e braços apresentaram diferenças significativas para os eixos "y" e "z". A densidade básica da madeira e os conjuntos de corte utilizados não influenciaram nos níveis de ruído gerados ao operador, sendo que todas as avaliações emitiram ruídos superiores ao nível recomendado pelas normas ISO 2631-4, NHO 10 e NR-15. Portanto, pode-se inferir que a operação com motosserra é potencialmente capaz de gerar danos à saúde dos trabalhadores como agente estressor.

Palavras-chave: Acelerômetro, Colheita Florestal, Saúde Ocupacional.

ABSTRACT

EVALUATION OF VIBRATION AND NOISE LEVELS IN CHAINSAW, WITH TWO-STROKE ENGINE

AUTHOR: Juliano dos Santos Depoi

ADVISOR: Catize Brandelero

The forest harvesting operation is undeniably hard work and with a high risk of accidents, in addition to causing serious health problems for workers. Despite technological advances, chainsaws when operated continuously because damage to the operator's body, due to their mass and the wood's resistance to cutting, acting as a stressor. In this sense, the present study aimed to evaluate and quantify the level of noise emitted and the magnitude of vibrations that reach the hands and arms of the chainsaw operator. The work was carried out in the municipality of Santa Maria, Rio Grande do Sul. The variables evaluated were the level of vibration and noise, from the chainsaw in operation. Two cutting sets consisting of a semi-square and square tooth chain were used in different forest species (*Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus dunnii* and *Acácia mearnsii* De Wild). The assessment of vibration and noise was based on the criteria established by Regulatory Standard NR-15, NHO 10, ISO 2631-4, NHO 01, respectively. The results of the vibration levels were higher than the reference limits established by ISO 2631-4. It was observed for both cutting sets that the highest levels of vibration occurred on the "x" axis. After processing the data, the acceleration values resulting from the normalized exposure to hand and arm vibrations showed significant differences for the "y" and "z" axes. The basic density of the wood and the cutting sets used did not influence the noise levels generated to the operator, and all evaluations emitted noises higher than the level recommended by ISO 2631-4, NHO 10 and NR-15. Therefore, it can be inferred that the chainsaw operation is potentially capable of causing damage to the health of workers as a stressor.

Keyword: Accelerometer, Forest Harvest, Occupational Health.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Representação do movimento vibratório sob um objeto e suas grandezas	16
Figura 2 – Sistema de coordenadas basicê adotado para vibração localizada	18
Figura 3 – Exemplificação dos três eixos ortogonais em uma motosserra para mensuração da vibração com dois transdutores simultaneamente	19
Figura 4 – Sintomas da doença de Raynaud ou síndrome dos dedos brancos	20
Figura 5 – Sistemas de coordenadas basicêntricos de corpo inteiro	22
Figura 6 – Localização da Fepagro Florestas no município de Santa Maria e da área de estudo.....	26
Figura 7 – Ilustração dos dentes de corte nos formatos semi-quadrado e quadrado	27
Figura 8 – Fluxograma da distribuição das avaliações conduzidas a campo	28
Figura 9 – Marcação da espessura de cada disco (a), (b) seccionamento dos discos e coleta dos dados de vibração de mãos e braços por meio da metodologia de Kovác et al. (2018)	29
Figura 10 – Ilustração das seções de madeira para as espécies avaliadas.....	30
Figura 11 – Posicionamento do acelerômetro no cabo de empunhadura da mão direita	31
Figura 12 – Analisador portátil com o calibrador utilizado na coleta dos níveis de vibração.....	32
Figura 13 – Relação de A(8) e tempo de aparecimento da síndrome de Raynaud ..	35
Figura 14 – Decibelímetro digital Brüel e Kjaer	36
Figura 15 – Determinação da densidade básica da madeira pelo método da balança hidrostática, sendo: (a) marcação das cunhas opostas; (b) seccionamento das cunhas; (c) manutenção da umidade; (d) pesagem das cunhas saturadas; (e) (f) (g) método da balança hidrostática.....	37
Figura 16 – Valores de vibração nos eixos x, y e z no corte da madeira de <i>Acacia mearnsii</i>	41
Figura 17 – Valores de vibração nos eixos x, y e z, para a espécie <i>Eucalyptus dunnii</i>	44
Figura 18 – Valores de vibração nos eixos x, y e z, para a espécie <i>Eucalyptus grandis</i>	46

LISTA DE TABELA

Tabela 1 – Resumo estatístico do processamento de dados de vibração nos eixos “x”, “y” e “z”, para a espécie <i>Acacia mearnsii</i>	40
Tabela 1 – Resumo estatístico do processamento de dados de vibração nos eixos “x”, “y” e “z”, para a espécie <i>Eucalyptus dunnii</i>	43
Tabela 2 – Resumo estatístico do processamento de dados de vibração nos eixos “x”, “y” e “z”, para a espécie <i>Eucalyptus grandis</i>	45
Tabela 4 – Resultados obtidos ao avaliar os eixos ortogonais “x, y e z” do conjunto de corte A.....	49
Tabela 5 – Resultados obtidos ao avaliar os eixos ortogonais “x, y e z” do conjunto de corte B.....	50
Tabela 6 – Resultados obtidos ao avaliar os eixos ortogonais “x, y e z” do conjunto de corte A e B.....	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Aren	Aceleração resultante da exposição
A (8)	Exposição a vibrações em uma jornada de trabalho de 8 horas
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
dB	Unidade de medida do nível do som
EPI	Equipamento de proteção individual
eVDV	Valor da dose de vibração estimada
ELV	Valor limite de exposição
EAV	Valor de exposição para ação
Hz	Hertz – Unidade de medida para frequência
ISSO	International Organization for Standardization
IBÁ	Indústria Brasileira de Árvores
m.s²	Unidade de medida de aceleração
NHO	Norma de higiene ocupacional
NR	Norma regulamentadora
PAIR	Perda auditiva induzida pelo ruído
PIB	Produto Interno Bruto
RMS	Raiz média quadrática
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
VCI	Vibração de corpo inteiro
VMB	Vibração de mãos e braços
VTV	Valor da Dose de Vibração Total acumulada durante a medição nas três direções (X, Y e Z)
X	Direção horizontal e paralela ao deslocamento
Y	Direção horizontal e transversal ao deslocamento
Z	Direção vertical e perpendicular ao deslocamento

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1	ERGONOMIA.....	14
2.2	VIBRAÇÕES	15
2.3	VIBRAÇÕES DE CORPO INTEIRO (VCI)	17
2.4	VIBRAÇÕES DE MÃO E BRAÇOS (VMB).....	17
2.5	NORMATIZAÇÃO PARA MENSURAÇÃO DE VIBRAÇÕES E RUÍDOS	20
2.6	RUÍDO.....	23
2.7	DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA	24
3	MATERIAIS E MÉTODOS	26
3.1	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DO ESTUDO	26
3.2	CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	27
3.2.1	Descrição das espécies	28
3.2.2	Descrição das seções	29
3.2.3	Coleta dos níveis de vibração no operador de motosserra	31
3.2.4	Coleta dos níveis de ruído no operador de motosserra	35
3.2.5	Determinações da densidade básica da madeira	36
3.3	PROCESSAMENTO DOS DADOS.....	38
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1	DENSIDADE DA MADEIRA	39
4.2	ANÁLISE DE VIBRAÇÃO DE MÃOS E BRAÇOS (VMB).....	40
4.3	ANÁLISE DOS DIFERENTES NÍVEIS DE VIBRAÇÃO TRANSMITIDOS ENTRE OS DIFERENTES CONJUNTOS DE CORTE E ESPÉCIES FLORESTAIS.....	48
4.4	ANÁLISE DOS NÍVEIS DE RUÍDO	52
5	CONCLUSÕES	54
	REFERÊNCIAS	55

1 INTRODUÇÃO

O contínuo crescimento do setor florestal brasileiro é inquestionável. Segundo Relatório Anual do IBÁ (Indústria Brasileira de Árvores) (2018), a indústria brasileira de árvores plantadas é responsável por 1,1% do PIB (Produto Interno Bruto) Nacional e 6,9% do PIB Industrial, isso porque, o país conta com 7,84 milhões de hectares de reflorestamento, que dão origem a produtos das áreas de celulose e papel, indústria têxtil, alimentícia, carvoeira, entre outros.

Segundo Machado (2014), a colheita florestal assume atuação importante nesse cenário. A modernização das operações de colheita começou no Brasil na década de 1940 e segue avançando, com máquinas robustas e singulares para a área, assim como, nas operações semimecanizadas.

Apesar da mecanização da colheita florestal ser uma tendência em nosso País, às pequenas e médias empresas do setor florestal, ainda hoje, optam pela colheita semimecanizada, utilizando mão de obra terceirizada, e motosserra para derrubada e corte de árvores. Isto porque, oferece baixo custo na implantação inicial da operação de colheita, enquanto que para o corte mecanizado, o custo inicial do processo é elevado.

A operação de colheita florestal é inegavelmente um trabalho árduo, fazendo com que os operadores estejam expostos aos riscos físicos (ruído e vibração), riscos químicos (gases), riscos biológicos (fungos, parasitas e bactérias), riscos ergonômicos (esforço físico intenso, levantamento e transporte manual de peso, exigência de postura inadequada, ritmos excessivos, jornada de trabalho prolongada, repetitividade) e riscos de acidentes (animais peçonhentos, quedas de galhos).

O corpo humano possui uma vibração natural, por essa razão grande parte das atividades realizadas no dia-a-dia apresenta algum nível de vibração. Dependendo da frequência e da amplitude da vibração, sua direção e o tempo de exposição, podem causar sérios danos à saúde e ao bem estar do trabalhador. Para Kroemer e Grandjean (2005), as vibrações são oscilações da massa em função de um ponto fixo, sendo produzidos por movimentos periódicos regulares ou irregulares de uma ferramenta, veículo ou outro mecanismo em contato com o corpo humano. Especificamente para os membros superiores, ferramentas motorizadas e utilizadas durante anos podem ocasionar problemas nas mãos e braços.

O alto nível de ruído produzido por máquinas equipadas com motor dois tempos, diminui gradativamente a capacidade auditiva dos operadores expostos por um longo período. Trata-se de um problema grave de saúde e segurança ocupacional. Porém, mesmo a exposição ao ruído sendo um fator ambiental acumulativo, resultando no desenvolvimento gradual de prejuízo físico aos indivíduos, muitas vezes é ignorada pelos operadores e supervisores.

Para Cordeiro (2009), a diferença entre som e ruído pode ser subjetiva, e pode depender da sensibilidade do receptor, das condições do ambiente, tempo, intensidade e frequência, podendo conforme descrito por Tibiriça (1997) causar sensação de desconforto e uma gradual perda de sensibilidade auditiva humana.

Neste sentido, o presente trabalho tem por objetivo avaliar e quantificar o nível de ruído emitido ao operador e a magnitude das vibrações que atingem mãos e braços de operadores, de motosserra durante a operação.

Como objetivos específicos destacam-se:

- I. Determinar os valores de vibração transmissibilidade entre a empunhadura do acelerador e a mão direita do operador e assim comparar os resultados encontrados com os valores estabelecidos pela norma ISO 2631-4 *International Organization for Standardization* (2001).
- II. Mensurar o valor das vibrações na empunhadura da mão direita e verificar os diferentes níveis de vibração transmitidos entre os diferentes conjuntos de corte e espécies florestais.
- III. Quantificar o nível de ruído durante a operação da motosserra em processamento da madeira com diferentes conjuntos de corte e espécies florestais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ERGONOMIA

A ergonomia é o estudo sobre o relacionamento entre o homem e seu trabalho, equipamento e ambiente. Este estudo envolve a aplicação de conhecimentos sobre anatomia, fisiologia e psicologia na solução dos problemas decorrentes desta relação (ABRAHÃO, 2000; IIDA, 2005; ABERGO, 2019).

Numa situação ideal, a ergonomia deve ser aplicada às etapas iniciais do projeto de uma máquina, ambiente ou local de trabalho, visando sempre o conforto e segurança do operador (IIDA, 2005).

Esta adaptação do ambiente de trabalho ao homem se deve ao estudo da biomecânica, sendo o mesmo fator, de suma importância na colheita florestal, pois a altura, o peso e outras medidas físicas variam entre operadores. Assim, segundo Lida (2005) tal prática implica em compreender as interações físicas do trabalhador com o seu posto de trabalho, que envolve máquinas, ferramentas e materiais, tendo como objetivo reduzir os riscos de distúrbios musculares e esqueléticos.

A preocupação com a saúde e o bem estar dos operadores, requer atenção às características físicas dos mesmos e do trabalho que irá realizar, alcançando assim, maior eficiência produtiva, logo, maior grau de conforto e segurança na tarefa, proporcionando melhoria geral das condições de trabalho. Os autores Kroemer e Grandjean (2005), salientam que se expostos a níveis de ruídos elevados, os operadores, podem ter perda auditiva temporária ou permanente, além de perturbações do estado de alerta e sono.

Dentre as principais exposições ocupacionais que os operadores estão envolvidos na colheita florestal pode-se citar: as variações de temperatura (ao calor e ao frio), a iluminação do ambiente, à exposição aos agentes químicos, os ruídos e as vibrações (DEPOI et al., 2019).

As normas estabelecem limites toleráveis quanto à eficiência, segurança e conforto. Para Santos (2002) e Filho et al. (2003), as vibrações consistem em uma mistura complexa de diferentes ondas, com frequências e direções diferentes.

O trabalho contínuo desempenhado pelo operador de motosserra causa danos ao seu corpo, devido ao peso do equipamento e resistência da madeira ao corte, ressaltando assim, a importância do estudo ergonômico para oferecer

condições adequadas de trabalho na atividade, permitindo estabelecer a correta adaptação dos componentes do sistema homem-máquina.

A ergonomia não apenas melhora a saúde e a segurança do trabalhador. Neste sentido, Debiasi, Schlosser e Pinheiro (2004) afirmam que a otimização dos fatores ergonômicos está diretamente ligada ao aumento da eficiência do sistema homem-máquina. Além disso, Dul e Weerdmeester (2012) apontam o valor econômico da ergonomia, quando se evitam possíveis despesas como o tratamento de doenças ocupacionais.

2.2 VIBRAÇÕES

A vibração compreende qualquer movimento que o corpo execute em torno de um ponto fixo. Normalmente, está associada a desequilíbrios, tolerâncias e folgas das diferentes partes constituintes de cada máquina, podendo ainda resultar do contato da máquina vibrante com a estrutura (BALBINOT, 2001; SANTOS, 2002; SALIBA et al., 2002).

De acordo com Santos (2002), a vibração consiste de um ponto material ou um corpo que oscila em torno de uma posição de equilíbrio. O mesmo autor salienta que estas vibrações são indesejáveis devido ao aumento das perdas de energia que as acompanham, sendo importantes a eliminação ou a redução destas, através de projetos adequados.

Saliba et al. (2002) conceituam como vibração o movimento oscilatório de um corpo devido a forças desequilibradas de componentes rotativos e movimentos alternados de uma máquina ou equipamento. Balbinot (2001) afirma que dentre estes sistemas mecânicos tem-se como referência o corpo humano, no qual sua vibração pode ser definida como todo ou qualquer evento externo produzido, atuando no corpo. Como exemplo, um corpo localizado sobre uma superfície que está vibrando.

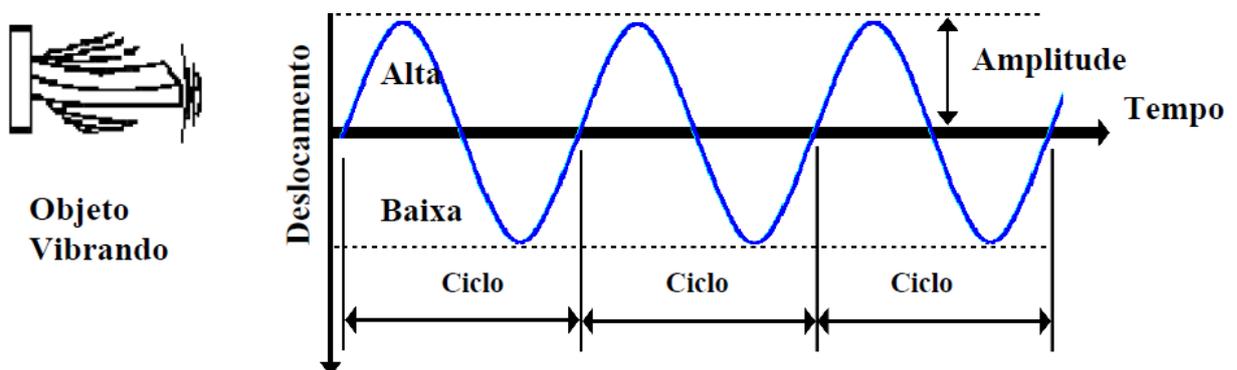
Para avaliar um sinal vibratório, Braga (2007) informa que devem ser conhecidas as seguintes grandezas:

a) raiz média quadrática (RMS): é o valor efetivo de uma vibração, sendo considerada a mais importante e a mais utilizada medida da amplitude, indicando o potencial destrutivo da vibração; é expressa em $m.s^{-2}$;

- b) PICOMAX: é a amplitude máxima da aceleração medida no período considerado. É um indicador do nível de impacto de vibrações de curta duração;
- c) amplitude: descreve a severidade da vibração, ou seja, é o deslocamento máximo do corpo em relação ao ponto ou posição de equilíbrio;
- d) pico a pico: é o valor da amplitude que indica o nível máximo da onda;
- e) ressonância: é o fenômeno que ocorre quando a frequência de aplicação de forças externas é coincidente com a frequência natural do sistema que vibra;
- f) frequência: é caracterizada como o movimento realizado pelo corpo desde o ponto de equilíbrio até o ponto mais distante superior e depois até o ponto mais distante inferior e retorno ao ponto de equilíbrio, sendo expressa em Hz (Hertz);
- g) pico: indica o valor máximo, não sendo capaz de trazer alguma informação no que diz respeito à duração e ao tempo do movimento;
- h) tempo de duração: deve ser considerado na realização do cálculo da dose e do grau de exposição às vibrações.

Os parâmetros de vibração são universalmente mensuráveis em unidades métricas, conforme definido nas normas ISO 5349:1 (2001), ISO 5349:2 (2001), ISO 2631-4 (2001), NHO 10 (2013). Utiliza-se, usualmente a aceleração, expressa em metros por segundo ao quadrado ($m\ s^{-2}$), sendo a representação do movimento vibratório representada na (Figura 1).

Figura 1 – Representação do movimento vibratório sob um objeto e suas grandezas



Fonte: Fernandes (2000).

Segundo Fernandes e Morata (2002) o ser humano está sujeito a vibrações em diferentes ambientes e estas podem ser classificadas de acordo com a sua transmissibilidade: a) corpo inteiro e; b) mãos e braços.

2.3 VIBRAÇÕES DE CORPO INTEIRO (VCI)

São aquelas transmitidas pela máquina ou equipamento que vibra todo o corpo do indivíduo, que poderá estar em pé, sentado ou deitado (PEREIRA FJ; CASTELO FILHO; 2000). Para Back (1983), a vibração é um subproduto indesejado de sistemas mecânicos; para SELL (2002) vibrações são oscilações mecânicas regulares ou irregulares de um corpo em torno de um ponto de repouso.

Segundo Saliba et al. (2002), “vibrações de corpo inteiro são vibrações transmitidas ao corpo como um todo, tais como: pé, costas e nadegas de um homem sentado ou na área de suporte de um homem inclinado”.

A VCI afeta o corpo humano em uma faixa de frequência de 0,5 a 80 Hz e, esse tipo de vibração, está muito presente em sistemas de transporte (GOMES e SAVIONEK, 2014).

A exposição à vibração de corpo inteiro pode causar danos físicos permanentes ou distúrbios no sistema nervoso (GERGES, 1992). O mesmo autor ainda cita os efeitos da vibração sobre o corpo humano, como: visão turva, perda de equilíbrio, falta de concentração e até mesmo danos permanentes de determinados órgãos do corpo.

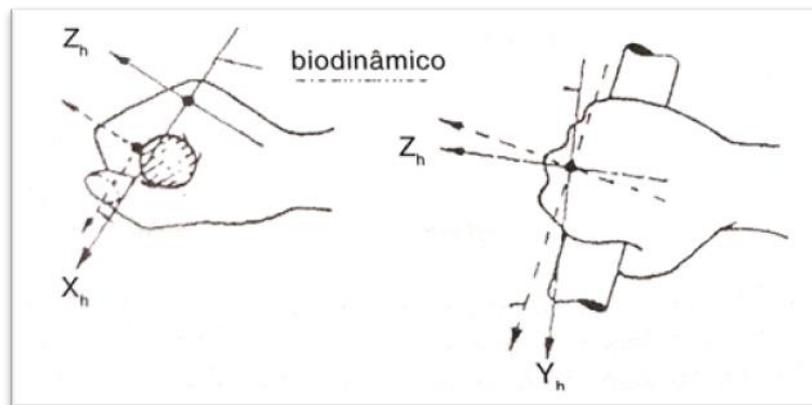
Segundo Sell (2002) a vibração no corpo humano acarreta em danos à saúde, podendo provocar redução da: acuidade visual; habilidade manual; capacidade de visão e operação e o desempenho psicomotor.

2.4 VIBRAÇÕES DE MÃO E BRAÇOS (VMB)

Vibrações localizadas são as que de algum modo podem atingir certas partes de um corpo, principalmente mãos e braços, em uma faixa de frequência de 6,3 a 1250 Hz e está presente, por exemplo, em ferramentas manuais oscilatórias. Ainda, essa classificação é formal e uma pessoa pode estar sujeita a ambos os tipos de vibração simultaneamente (GOMES e SAVIONEK, 2014). Os autores Rottensteiner e Stampfer (2013) afirmam que a vibração de mão-braço é transmitida para o corpo

pela superfície de contato de suas mãos com o equipamento. Os parâmetros de vibração são divididos nos eixos ortogonais (biodinâmicos) x , y e z , sendo que, a medida segue um sistema de coordenadas originado em um ponto, na interface entre a fonte vibratória e o corpo (Figura 2).

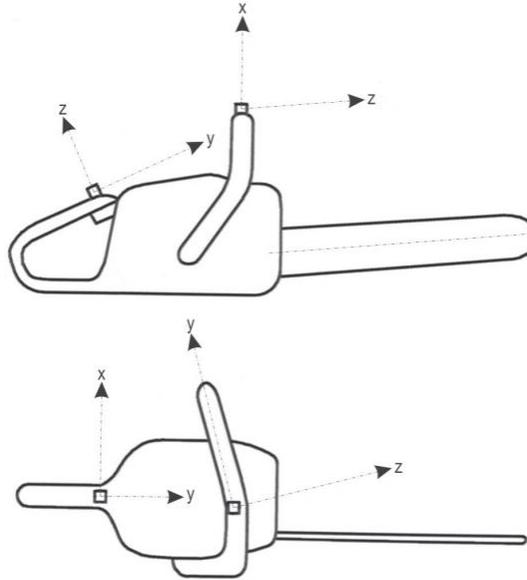
Figura 2 – Sistema de coordenadas basicê adotado para vibração localizada



Fonte: ISO 5349-1:2001.

No estudo de vibração de mãos e braços, na operação de motosserras, os autores Rottensteiner, Tsioras e Stampfer (2012) exemplificam a disposição dos eixos ortogonais nesta máquina em operação, conforme exposto na Figura 3. Destaca-se que os autores fizeram o uso de dois transdutores, sendo, na empunhadura da mão esquerda e o segundo no cabo de empunhadura próximo ao gatilho do acelerador.

Figura 3 – Exemplificação dos três eixos ortogonais em uma motosserra para mensuração da vibração com dois transdutores simultaneamente



Fonte: Rottensteiner, Tsioras e Stampfer (2012).

Ademais os autores Rottensteiner e Stampfer (2013) explicam que a vibração pode ser nociva para a segurança e a saúde dos seres humanos, ainda, contribuem afirmando que as vibrações são oscilações oriundas de forças externas e internas, este tipo de avaliação o tempo de exposição deve ser considerado.

Os principais efeitos, ocasionados pela vibração no sistema mãos e braços, podem ser de ordem vascular, neurológica, osteoarticular e muscular (SALIBA et al., 2002; NUNES, 2005; GRIFFIN et al. 2006).

A frequência das vibrações é “a grandeza decisiva para as doenças no sistema mão e braço”, podendo causar desgastes em ossos, juntas e tendões de mãos e braços e, com isso, gerar artroses no punho, cotovelo e atingir até o ombro (SELL, 2002).

A exposição ocupacional contínua às vibrações de mãos e braços produz um conjunto de sintomas conhecidos como a síndrome de *Raynaud*, também chamada de síndrome dos dedos brancos. Esta síndrome se manifesta na forma de vaso espasmos, eventuais ou intermitentes. O fenômeno se constitui na redução do fluxo sanguíneo, caracteristicamente, agredindo as mãos e os pés, de forma reduzida as orelhas, a língua e o nariz (VENDRAME, 2016). Os sintomas da doença de *Raynaud* podem ser visualizados na Figura 4.

Figura 4 – Sintomas da doença de Raynaud ou síndrome dos dedos brancos



Fonte: Silva et al. (2011).

Em pesquisas desenvolvidas por Lemes et al. (2019) e Depoi et al. (2019), para traçar o estado da arte sobre o tema vibração de mãos e braços na operação de máquinas com motor dois tempos, entre os anos de 2000 a 2018 em publicações nacionais e internacionais, destacam-se os seguintes trabalhos de pesquisa: Bovenzi, 2005; Wojtkowiak et al., 2007; Stempski et al., 2010; Melemez e Tunay, 2010; Rottensteiner e Stampfer, 2013; Rukat e Jakubek, 2017; Kováč et al., 2018.

Estes autores destacam que a gravidade dos efeitos das vibrações transmitidas para as mãos pode ser influenciada por vários fatores, destacando-se: a frequência; a amplitude; o tempo de exposição diário; duração e frequência dos períodos de trabalho e de repouso; posição das mãos, braços e do corpo durante a exposição; tipo de equipamento e material a trabalhar e o estado de conservação do equipamento.

2.5 NORMATIZAÇÃO PARA MENSURAÇÃO DE VIBRAÇÕES E RUÍDOS

A primeira versão da ISO 2631 foi publicada em 1974 e, posteriormente, em 1978, foi reimpressa, com mudanças editoriais, figuras e tabelas. A Norma ISO 2631 define três limites de exposição do corpo humano às vibrações buscando estabelecer os níveis de conforto, eficiência de trabalho e risco a saúde. Estes limites são estabelecidos de acordo com os níveis de frequência vibratória, acelerações, tempo de exposição e direção da vibração em relação ao tronco. A

norma também determina que as medições sejam realizadas o mais próximo possível do ponto ou área na qual a vibração é transmitida ao corpo para se conhecer o seu nível de ação (GRIFFIN, 1990).

Em 1982, foi adicionada à ISO 2631, uma emenda definindo o valor ponderado global de vibração através da combinação dos três eixos x, y e z regulamentando os limites de conforto, fadiga e exposição às vibrações ocupacionais (GRIFFIN, 1990). Já no ano de 1997, a versão revisada da ISO 2631 não apresenta mais os limites de exposição a vibrações ocupacionais, ficando, desta forma, em função dos cálculos de Valor Dose de Vibração (VDV) e de Valor Dose de Vibração Estimado (eVDV), (ANFLOR, 2003).

Atualmente, segue em vigor a Diretiva 2002/44/CE, do parlamento Europeu, editada em 25 de junho de 2002, que define valores numéricos e fixos para os limites de vibração, tanto para vibração de corpo inteiro quanto para vibração no sistema mãos-braços. São especificados em Valor Limite de Exposição (ELV) referenciada a 8 horas de exposição assim como, Valor de Exposição para Ação (EAV), também para uma exposição diária de 8 horas.

Para medir e avaliar o grau das vibrações no corpo humano, diferentes pesquisadores empregam tanto normas nacionais quanto internacionais, conforme pode ser visualizado no Quadro 1.

Quadro 1 – Descrição das Normas utilizadas para medir e avaliar o grau de severidade da vibração no corpo humano

(continua)

Nome	Descrição	Ano
Norma de Higiene Ocupacional NHO 10	Avaliação da exposição ocupacional à vibrações em mãos e braços: procedimento técnico	2013
ISO 2631-4 <i>International Organization for Standardization</i>	Discrimina os critérios de aceitação em função da direção e tipo de perturbação	2001
ISO 5349:1 - 2001	Vibração mecânica-Medição e avaliação da exposição humana a vibrações transmitidas manualmente-parte 1: registros gerais	2001
ISO 5349:2 - 2001	Vibração mecânica-Medição e avaliação da exposição humana a vibrações transmitidas manualmente-parte 2: orientação prática para medição no local de trabalho	2001

(conclusão)

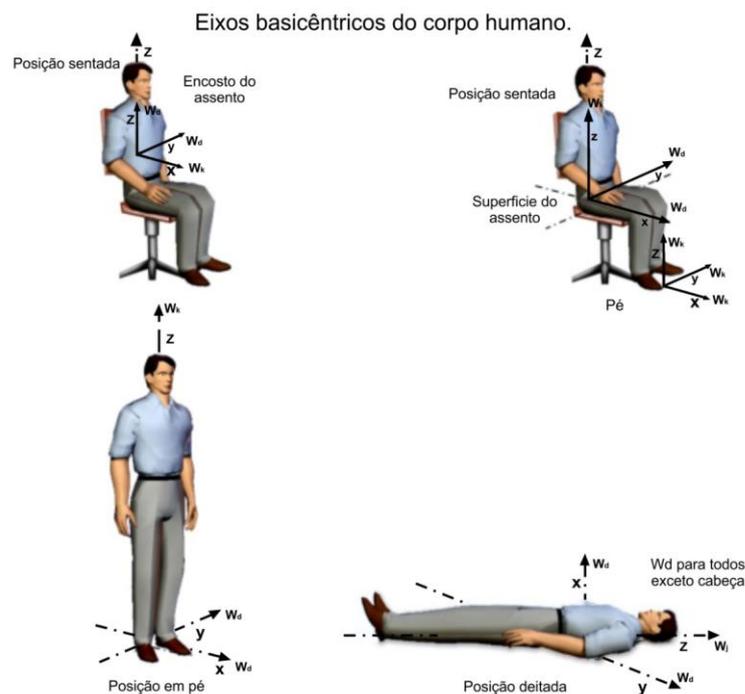
Nome	Descrição	Ano
ISO 8041:1-2017	Possibilitar a consistência e a compatibilidade dos resultados para a obtenção da reprodutividade das medições com o uso de diferentes equipamentos	2017
NR 15	Atividades e operações insalubres	2018

Fonte: O autor (2019).

As normas apresentam os valores de aceleração admissível, durante o turno de trabalho. Caso o valor estipulado por determinada norma seja ultrapassado durante a realização da tarefa, o ambiente de trabalho é considerado insalubre.

Para realizar a mensuração destes valores admissíveis, faz-se uso de equipamentos de medição de vibração. São constituídos por combinações entre transdutores, amplificadores, e detector-indicador de sinal com características metrológicas controladas, posicionados na interface entre a região do corpo e a superfície vibrante. Dessa forma, os dados são coletados nos três eixos ortogonais (x, y, z), conforme pode ser visualizado na Figura 5.

Figura 5 – Sistemas de coordenadas basicêntricos de corpo inteiro



Fonte: Adaptado de Vendrame (2016).

2.6 RUÍDO

O som é originado por uma vibração mecânica que se propaga no ar e atinge o ouvido. Quando esta vibração estimula o aparelho auditivo, ela é chamada de pressão sonora. Assim, o som é definido, como qualquer vibração ou conjunto de vibrações ou ondas mecânicas que podem ser ouvidas (SALIBA, 2004). Quando estas variações de pressão sonora ocorrem com uma frequência e intensidade regulares, o ouvido humano reage a elas como um som (KROMER e GRANDEJEAN, 2005).

A dose de ruído representa a quantidade da exposição, que o trabalhador foi exposto em função do nível sonoro e do tempo. A dose é o valor em % de um nível equivalente em dB, quando esta, for de 100% corresponde ao valor máximo que o trabalhador pode ficar exposto perante a Norma Regulamentadora 15 - Atividades e Operações Insalubres (BRASIL, 2018) – Anexo 1. Na referida norma, está estabelecido os limites de exposição para o ruído contínuo ou intermitente, a correta maneira de configurar o medidor de pressão sonora e como mensurar. Assim, no Quadro 2 estão expostos os limites de exposição a este agente físico.

Quadro 2 – Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente conforme NR15 - Anexo 1

(continua)

NÍVEL DE RUÍDO dB (A)	MÁXIMA EXPOSIÇÃO DIÁRIA PERMISSÍVEL
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos

(conclusão)

NÍVEL DE RUÍDO dB (A)	MÁXIMA EXPOSIÇÃO DIÁRIA PERMISSÍVEL
114	8 minutos
115	7 minutos

Fonte: (BRASIL, 2018)

A exposição ao ruído é a principal causa das perdas auditivas relacionadas ao trabalho. De acordo com Silveira et al. (2007) o ruído é um agente físico, emitido em boa parte por processos industriais, máquinas, ferramentas, motores e fones de ouvido. A exposição do trabalhador pode ser constante e ou intermitente, sendo que o tempo de exposição, a intensidade do ruído e a susceptibilidade do indivíduo têm relação direta com a severidade dos agravos à saúde. Os efeitos nocivos dos ruídos não se restringem somente à audição, podendo estar ligados aos distúrbios emocionais, cardiovasculares, fadiga e estresse.

Logo, a quantificação dos níveis de ruído emitidos pelos equipamentos utilizados na silvicultura é importante em diversos aspectos, como por exemplo, a saúde ocupacional do trabalhador.

2.7 DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA

A densidade da madeira é uma das principais características a serem consideradas e avaliadas, pois influem diretamente em diversas características como, rendimento e qualidade da polpa celulósica, custos operacionais ligados ao transporte e armazenamento (PEREIRA et al., 2000).

A densidade básica é uma das formas de quantificação da madeira (quantidade de substância por unidade de volume). É importante na sua caracterização tecnológica, devido à alta correlação com propriedades como a resistência mecânica e a estabilidade dimensional da madeira (TRUGILHO; LIMA; MENDES, 2005). Esta é influenciada pela variação da largura, espessura da parede o diâmetro do lume das fibras e traqueídeos (SCANAVACA; GARCIA, 2004).

Diferenças de densidade básica da madeira ocorrem devido a variações na estrutura celular, principalmente, na espessura da parede celular e diâmetro do lúmen, além da composição química da madeira (SANTANA, 2009).

Nas pesquisas conduzidas pelos autores Rottensteiner, Tsioras e Stampfer (2012) e Rottensteiner e Stampfer (2013) é enfatizado a necessidade de desenvolver experimentos que relacionem a densidade da madeira aos estudos de vibração na operação de motosserras. Em ambas, os autores identificaram a relação entre vibração e a densidade da madeira, porém, não expõem uma análise mais profunda das consequências da exposição desde agente físico como estressor organizacional relacionado à operação.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DO ESTUDO

A pesquisa foi desenvolvida em uma área com povoamentos de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus dunni* e *Acácia mearnsii* De Wild com diferentes idades, na área experimental da Fundação Estadual de Pesquisas Agropecuárias – FEPAGRO FLORESTAS – Centro de Pesquisas Florestais. A fundação de pesquisas possui uma área total de 542 hectares, e tem como objetivos a pesquisa florestal e o estudo da conservação de solos.

A Fepagro Florestas situa-se no município de Santa Maria, Distrito de Boca do Monte, região da Depressão Central, no Estado do Rio Grande do Sul, coordenadas de 29°30' de latitude S 54°15' de longitude W de Greenwich (Figura 6), tendo uma altitude média de 113 metros.

Figura 6 – Localização da Fepagro Florestas no município de Santa Maria e da área de estudo



Fonte: O autor (2019).

O solo da área de estudo é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico Arênico (EMBRAPA, 2006; STRECK et al., 2002), pertencente à unidade de Mapeamento São Pedro.

Segundo a classificação de Köppen, as características climáticas da região da área de estudo enquadram-se na classificação do tipo “Cfa” (subtropical úmido), com

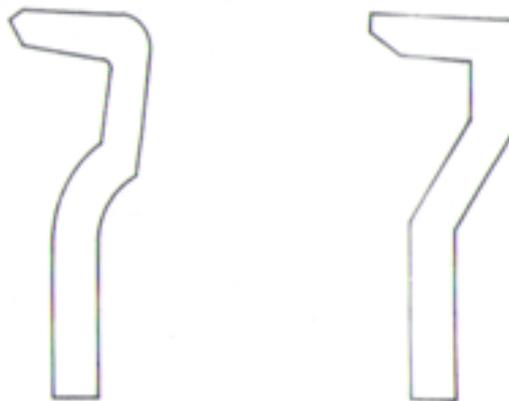
temperatura média anual de 19,2 °C. A precipitação média anual pode variar de 1.322 e 1.769 mm ano⁻¹ (MORENO, 1961).

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento consistiu, na avaliação das variáveis: níveis de vibração e ruído, durante o corte de distintas espécies florestais, utilizando diferentes conjuntos de corte de corte.

Os cortes realizados para determinação das variáveis foram realizados nas seguintes espécies: *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus dunnii* e *Acácia mearnsii* De Wild. Referente aos conjuntos de corte (dente, sabre e pinhão), foram utilizados dentes semi-quadrado e quadrado, conforme a Figura 7.

Figura 7 – Ilustração dos dentes de corte nos formatos semi-quadrado e quadrado



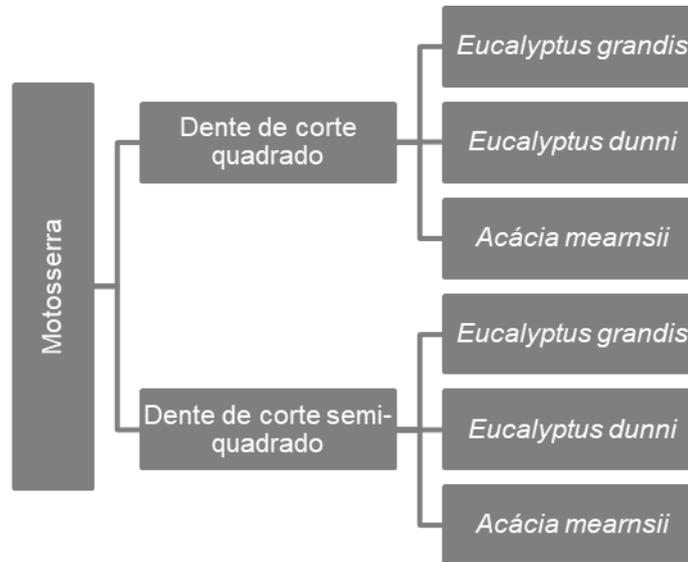
Fonte: Adaptado de Streit; Oliveira; Haselgruber, 1986; Oregon, 2004; Verlag Europa-Lehrmittel, 2013.

O dente de corte semi-quadrado é empregado para trabalhos de menor intensidade, em razão da sua facilidade de afiação e a menor tendência ao rebote. Já o dente de corte quadrado, é utilizado em motosserras profissionais, em virtude do seu rendimento. Porém, possuem maior tendência ao rebote, bem como, dificuldade de afiação (STREIT, OLIVEIRA e HASELGRUBER, 1986).

O estudo foi composto por três árvores de espécies distintas, uma motosserra nova, dois conjuntos de corte (dente, sabre e pinhão). Em cada espécie florestal foi

aleatorizado dois tratamentos com dez repetições cada. O fluxograma para realização da amostragem pode ser visualizado na Figura 8.

Figura 8 – Fluxograma da distribuição das avaliações conduzidas a campo



Fonte: O autor (2019).

3.2.1 Descrição das espécies

O *Eucalyptus grandis* é uma espécie originária da Austrália. A madeira desta é considerada fácil de trabalhar em operações de usinagem, sendo considerada de baixa estabilidade dimensional e de elevada permeabilidade. A mesma é uma das mais plantadas no Brasil, pela sua plasticidade genética, e muito utilizada na obtenção de híbridos e para clonagem de árvores selecionadas (Mora e Garcia, 2000).

Eucalyptus dunnii possui a madeira semelhante à do *Eucalyptus grandis*, podendo ser utilizada para os mesmos fins. Estudos apontam que esta espécie possui grande potencial de aproveitamento para celulose e papel (EMBRAPA FLORESTAS, 2000).

No Brasil, a *Acácia mearnsii* De Wild foi implantada, inicialmente, visando à produção de tanino (extraído da casca), que é um produto básico para o curtimento de couro. Atualmente, a madeira de acácia-negra vem sendo utilizada também para

produção de celulose, por apresentar menores teores de lignina que as espécies tradicionalmente utilizadas para este fim (Hillig, Haselein e Santini, 2002).

3.2.2 Descrição das seções

Para coleta dos dados de vibração de mãos e braços e ruído, foram realizados cortes em seções padronizadas de madeira das espécies avaliadas, sendo que cada seção possuía 0,30 metros diâmetro e um metro de comprimento. As seções foram posicionadas em um cavalete, a 0,60 metros de altura em relação ao nível do solo, e após seccionadas em discos transversais de 5 cm de espessura (Figura 9), seguindo a metodologia citada por Kovác et al. (2018).

Figura 9 – Marcação da espessura de cada disco (a), (b) seccionamento dos discos e coleta dos dados de vibração de mãos e braços por meio da metodologia de Kovác et al. (2018)



Fonte: O autor (2019).

Cada seção de madeira foi fracionada em 20 discos (Figura 10), sendo que a cada 10 unidades era substituído o conjunto de corte (pinhão/coroa, sabre e

corrente), para que assim, houvesse compatibilidade entre o conjunto de corte e sua corrente.

Figura 10 – Ilustração das seções de madeira para as espécies avaliadas



Fonte: O autor (2019).

Para o seccionamento foram utilizados dois conjuntos de corte Quadro 3, sendo compostos de dentes do tipo semi-quadrados, definido como conjunto de corte (A) e dentes do tipo quadrado, formando o conjunto de corte (B).

Quadro 3 – Especificações das correntes de corte utilizadas no experimento

Conjunto de corte	Comprimento do sabre (m)	Perfil do dente da corrente	Passo da corrente (mm)	Pinhão da corrente
A	0,40	Semi-quadrado	8,25	7 Dentes
B	0,40	Quadrado	9,53	7 Dentes

Fonte: O autor (2019).

Os cortes transversais foram realizados com uma motosserra nova seguindo as recomendações da norma da ABNT NBR ISO 22867:2018 a mesma especifica um código de ensaio de vibração para determinar, de forma eficiente e em condições normalizadas, a magnitude de vibração nas empunhaduras de máquinas florestais e de jardinagem manuais portáteis com motor de combustão interna. O modelo utilizado foi a motosserra Stihl modelo MS 260, com potência de 2,6 kW,

massa de 4,8 kg e motor de 50,2 cilindradas cm^3 . Esta máquina é designada para trabalhos semiprofissionais de menor intensidade.

No corte e seccionamento dos discos de madeira a operação foi conduzida por um operador profissional, durante toda a coleta de dados, com massa corpórea de 86 kg, altura de 1,76 metros. O mesmo possui experiência e familiaridade com o modelo de motosserra utilizada no estudo.

3.2.3 Coleta dos níveis de vibração no operador de motosserra

O experimento foi conduzido em operação de uma motosserra em aceleração máxima. Os níveis de vibração foram coletados durante o uso da motosserra através de um acelerômetro localizado no cabo de empunhadura próximo ao gatilho do acelerador (Figura 11).

Figura 11 – Posicionamento do acelerômetro no cabo de empunhadura da mão direita



Fonte: O autor (2019).

Para a aquisição dos dados da magnitude de vibração localizada, foi utilizado um analisador portátil (Figura 12), de modelo 4447 da Brüel e Kjaer, o qual permite a verificação da vibração nos três eixos ortogonais (x, y e z) na faixa de 1 a 80 Hz,

atendendo desta forma a Norma ISO 5349-1 (2001), quanto aos critérios a serem seguidos durante a mensuração.

Figura 12 – Analisador portátil com o calibrador utilizado na coleta dos níveis de vibração



Fonte: O autor (2020).

O analisador permite verificar o nível de ação, que representa $2,5 \text{ m.s}^{-2}$ para exposição de 8 horas. Os dados coletados pelo analisador foram descarregados no *software Vibration Explorer 2.0.1*, da marca Brüel e Kjaer. A interface permite simular as magnitudes de aceleração em 8 horas de exposição, uma vez que, no experimento, estas foram obtidas em intervalos de tempo de aproximadamente 60 segundos.

A norma NHO 10 (FUNDACENTRO, 2013) define o intervalo de segurança, numa faixa que varia entre 4 e 8 horas de exposição diária, a qual representa a jornada da maioria dos trabalhadores. A máxima aceleração ponderada estabelecida por esta norma é de $1,25 \text{ m s}^{-2}$, para exposição durante 4 horas, e entre $0,82$ e $0,9 \text{ m s}^{-2}$ para exposição durante 8 horas. Dessa forma, a NHO 10 estabelece alguns critérios para a tomada de decisão quanto ao nível de exposição ao longo da jornada de trabalho, assim como, medidas mitigadoras, conforme expresso no Quadro 5.

Quadro 5 – Critérios de julgamento e tomada de decisão conforme a NHO 10

Aren* (m s⁻²)	Consideração técnica	Atuação recomendada
0 a 2,5	Aceitável	Manutenção da condição existente
> 2,5 a > 3,5	Acima do nível de ação	Adoção de medidas preventivas
3,5 a 5,0	Região de incerteza	Adoção de medidas preventivas e corretivas visando à redução da exposição diária
Acima de 5,0	Acima do limite de exposição	Adoção imediata de medidas corretivas

* Aceleração resultante da exposição de vibração.

Fonte: NHO 10.

O método básico definido pela NHO 10 (FUNDACENTRO, 2013) utilizado nas medições de vibração é o da aceleração ponderada, expressa em m s⁻², cujo valor total nas coordenadas ortogonais é obtido conforme a Equação 1. Os autores Rottensteiner e Stampfer (2013) explicam que a ponderação de frequência se faz necessária, pois esta atua como um filtro, deixando passar para a análise somente a aceleração na frequência que mais prejudica determinada parte do corpo humano, neste caso as mãos.

$$a_v = \sqrt{K_x^2 a_{wx}^2 + K_y^2 a_{wy}^2 + K_z^2 a_{wz}^2} \quad (1)$$

Onde:

a_{wx} a_{wy} a_{wz} = acelerações eficazes ponderadas, dos eixos ortogonais x, y e z, respectivamente;

K_x K_y K_z = fatores de multiplicação que têm os valores (K_x K_y = 1,4; 1,4 e K_z = 1,0) respectivamente, para o critério de preservação do indivíduo.

Já a aceleração combinada nos três eixos é obtida pela Equação 2.

$$a = \sqrt{1,4a_x^2 + 1,4a_y^2 + a_z^2} \quad (2)$$

Onde:

a_x a_y a_z = acelerações eficazes ponderadas, dos eixos ortogonais x, y e z, respectivamente.

A Norma Regulamentadora N° 15, em seu Anexo N° 8 (BRASIL, 2018), indica que todos os limites de exposição à vibração são definidos pelas normas ISO 2631 e ISO 5349. Para a avaliação, deve-se considerar a duração diária de exposição T , em horas, sendo o tempo total em que o indivíduo fica exposto à determinada situação durante um dia. A exposição diária à vibração $A(8)$, em $m\ s^{-2}$, é definida pela Equação 3.

$$A(8) = a_{v,e} \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad (3)$$

Onde:

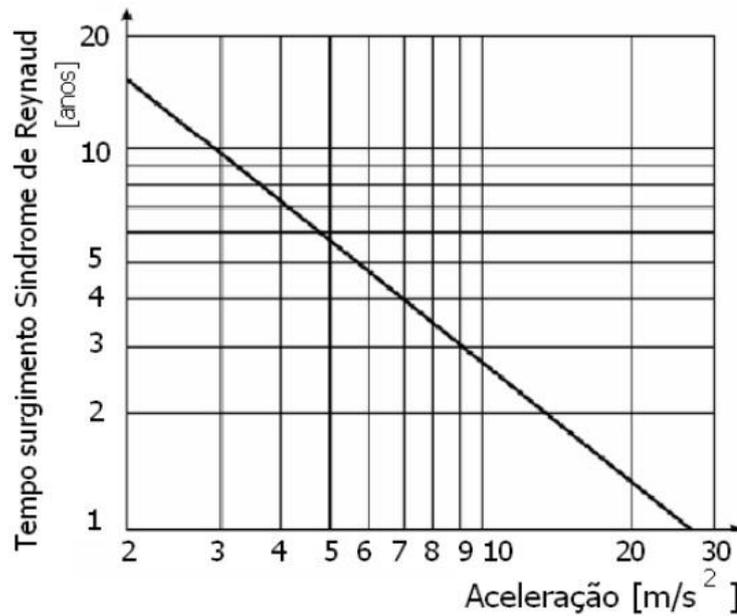
$a_{v,e}$ = é a vibração total equivalente em $m\ s^{-2}$.

T = tempo de duração da jornada diária de trabalho, expresso em horas ou minutos.

T_0 = duração de referência de 8 horas ou 480 minutos.

A ISO 5349 (2001) não fornece limites de segurança para a exposição da vibração em mãos e braços, mas fornece uma estimativa do tempo de aparecimento da patologia dedos brancos, que associa o valor de $A(8)$ com o tempo para o para um grupo de 10% de pessoas (Figura 13).

Figura 13 – Relação de A(8) e tempo de aparecimento da síndrome de Raynaud



Fonte: Modificado da ISO 5349 (2001).

Assim, entende-se que para uma exposição de $6,0 \text{ m s}^{-2}$ em uma jornada de trabalho de 8 horas o tempo para aparecimento da doença dos dedos brancos é de 5 anos.

3.2.4 Coleta dos níveis de ruído no operador de motosserra

Para avaliar o risco ocupacional vinculado ao ruído, às leituras foram realizadas utilizando o decibelímetro digital de modelo 2240 Brüel e Kjaer (Figura 14) o qual permite quantificar a exposição do operador de motosserra. Para medição de ruído contínuo ou intermitente, os medidores devem estar ajustados de forma a operar no circuito de compensação “A” e circuito de resposta lenta (*SLOW*) e cobrir uma faixa de medição mínima de 80 a 115 dB(A) NHO 01 (FUNDACENTRO, 2001).

Figura 14 – Decibelímetro digital Brüel e Kjaer



Fonte: O autor (2020).

As leituras foram realizadas ao ar livre, com a motosserra operando em marcha lenta e com aceleração máxima. O decibelímetro foi posicionado próximo ao ouvido esquerdo do operador. As primeiras leituras foram realizadas para obter o ruído de fundo (ruído ambiental gerado por outras fontes que não o objeto de estudo) com a motosserra desligada. As demais medidas foram realizadas durante o corte transversal de discos.

Os níveis de ruído de fundo foram coletados, resultando em 37 dB. Já com a motosserra funcionando em rotação mínima o ruído mensurado de 85,1 dB, e na rotação máxima atingiu 102,8 dB.

3.2.5 Determinações da densidade básica da madeira

Para cada espécie florestal utilizada neste estudo, foram selecionados de forma aleatória dois discos de madeira. Estes foram submersos em água com a finalidade de evitar a perda de água e/ou compensar a umidade evaporada, tendo assim, madeira com teor de umidade em 100% (madeira saturada). Após, os discos foram marcados em cunhas (Figura 15ab) e, determinadas suas massas conforme metodologia NBR 11941(2003).

Para a execução deste procedimento são necessários os seguintes materiais: água, guilhotina de madeira, balde, béquer plástico de 4000 mL, estufa a 105°C e balança.

Com a balança analítica determinou-se o peso das cunhas (Figura 15d), para calcular a massa verde (g) e, após submetidas ao método da balança hidrostática (Figura 15efg), para determinação do volume verde (cm³).

A determinação do volume saturado das cunhas (Figura 15c) foi realizada conforme a norma NBR 11941(2003). O peso seco foi obtido após a secagem em estufa a 105° C, através de pesagens sucessivas até peso constante.

A densidade básica (ρ_b , em g cm⁻³), é então definida pela Equação 4 (NBR 1194, 2003).

$$\rho_b = \frac{M_s}{V_u} \quad (4)$$

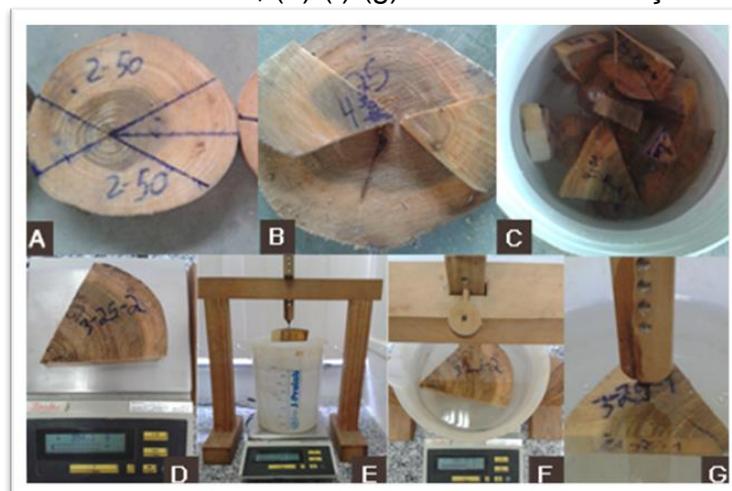
Onde:

ρ_b = densidade básica, em g cm.

M_s = massa seca em estufa a 105°C, em gramas.

V_u = volume saturado, em gramas.

Figura 15 – Determinação da densidade básica da madeira pelo método da balança hidrostática, sendo: (a) marcação das cunhas opostas; (b) seccionamento das cunhas; (c) manutenção da umidade; (d) pesagem das cunhas saturadas; (e) (f) (g) método da balança hidrostática



Fonte: O autor (2020).

3.3 PROCESSAMENTO DOS DADOS

Os valores das variáveis analisadas foram submetidos ao teste de *Shapiro Wilk*, para verificação da normalidade dos dados, e ao teste de *Bartlett*, para verificação da homogeneidade das variâncias. Quando observada a não normalidade, os dados foram submetidos ao teste não-paramétrico de Kruskal-wallis com comparações múltiplas pelo método de Bonferroni. Aplicação dos testes foi conduzida no software *ACTION Stat 3.7*.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DENSIDADE DA MADEIRA

Os valores médios da densidade básica (pb) para o *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus dunnii* e *Acácia mearnsii* foram de 0,439 g cm⁻³, 0,543 g cm⁻³, 0,677 g cm⁻³, respectivamente, medidos neste trabalho. Oliveira (1997) afirmou a existência de ampla variação da densidade da madeira em árvores de climas tropicais, com valores variando de 0,20 a 1,20 g cm⁻³. O autor complementa que os valores podem apresentar variações entre árvores de um mesmo gênero, e esta variação pode ser afetada principalmente por fatores genéticos e ambientais. Os autores Downes et al. (1997) afirmam que, usualmente, a densidade básica da madeira tende a aumentar no sentido medula-casca e base-topo do fuste. No estudo conduzido por Bamber et al. (1982) detectaram que as maiores variações da densidade básica da madeira no fuste das árvores do gênero *Eucalyptus* são atribuídas à sua idade, posição radial e a altura do tronco.

Para a espécie *Acácia mearnsii*, a densidade básica média avaliada para a madeira, nas amostras coletadas neste trabalho, resultou em um valor de 0,677 g cm⁻³. Este resultado vai ao encontro dos valores publicados pela Embrapa (1999) onde informa que a espécie apresenta densidade da madeira modera, variando de 0,62 a 0,80 g cm⁻³. Segundo Gonzaga et al. (1982) a madeira desta espécie apresenta teor de cerne inferior ao do alburno. Esta densidade mais elevada do alburno normalmente está relacionada à formação do lenho em estágio adulto.

Quanto aos níveis de vibração transmitidos ao operador, avaliados em cada espécie citada acima, os valores mensurados foram superiores ao estabelecido pela NR-15 (BRASIL, 2018). O mesmo foi encontrado no trabalho conduzido por Rottensteiner, Tsioras e Stampfer (2012), onde avaliaram a exposição a VMB na operação de corte florestal em três espécies (com diferentes densidades da madeira) e com três modelos de motosserra. Obtiveram resultados semelhantes ao presente estudo, pois as espécies *Picea pungens* e *Populus nigra* apresentaram densidade de madeira de 0,36 g cm⁻³ e 0,4 g cm⁻³, respectivamente; enquanto a espécie *Fagus sylvatica* resultou em uma densidade elevada de 0,7 g cm⁻³. Destacam que a vibração ponderada resultante extrapolou os níveis admitidos pela

norma. Os autores enfatizam a premissa de que a densidade da madeira por si só, e independente da espécie, tem impacto na vibração de mãos e braços (VMB).

4.2 ANÁLISE DE VIBRAÇÃO DE MÃOS E BRAÇOS (VMB)

Nas Tabelas 1, 2 e 3 estão descritos os resumos estatísticos da variável vibração, nos três eixos ortogonais x, y e z, com os conjuntos de corte A e B para as espécies *Acacia mearnsii*, *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptos grandis*, respectivamente.

Destaca-se espécie *Acacia mearnsii*, a amplitude de variação da aceleração no eixo “x” para o conjunto (A) foi de 2,27 m s⁻², com média de 4,55 m s⁻². Já no eixo “y” a amplitude de variação encontrada foi 2,09 m s⁻², com média de 2,04 m s⁻². A variação da aceleração no eixo “z” foi de 1,69 m s⁻², com média de 2,32 m s⁻². Estes resultados estão contidos na (Tabela 1).

Tabela 3 – Resumo estatístico do processamento de dados de vibração nos eixos “x”, “y” e “z”, para a espécie *Acacia mearnsii*

Conjunto de corte	Variável	N	Média	σ	Min.	Máx.
A	Aceleração média no eixo X (m.s ⁻²)	10	4,55	0,73	3,51	5,78
	Aceleração média no eixo Y (m.s ⁻²)	10	2,04	0,58	0,85	2,94
	Aceleração média no eixo Z (m.s ⁻²)	10	2,32	0,46	1,14	2,83
	VTV (m.s ⁻²)	10	5,58	0,37	4,88	5,95
B	Aceleração média no eixo X (m.s ⁻²)	10	4,10	1,23	1,56	5,31
	Aceleração média no eixo Y (m.s ⁻²)	10	2,14	0,77	0,93	3,26
	Aceleração média no eixo Z (m.s ⁻²)	10	1,49	0,55	0,70	2,22
	VTV (m.s ⁻²)	10	5,56	0,25	5,07	5,95

Em que: VTV = Valor total; N = número de observações; σ = desvio padrão; Min. = valor mínimo e Máx. = valor máximo.

Fonte: O autor (2020).

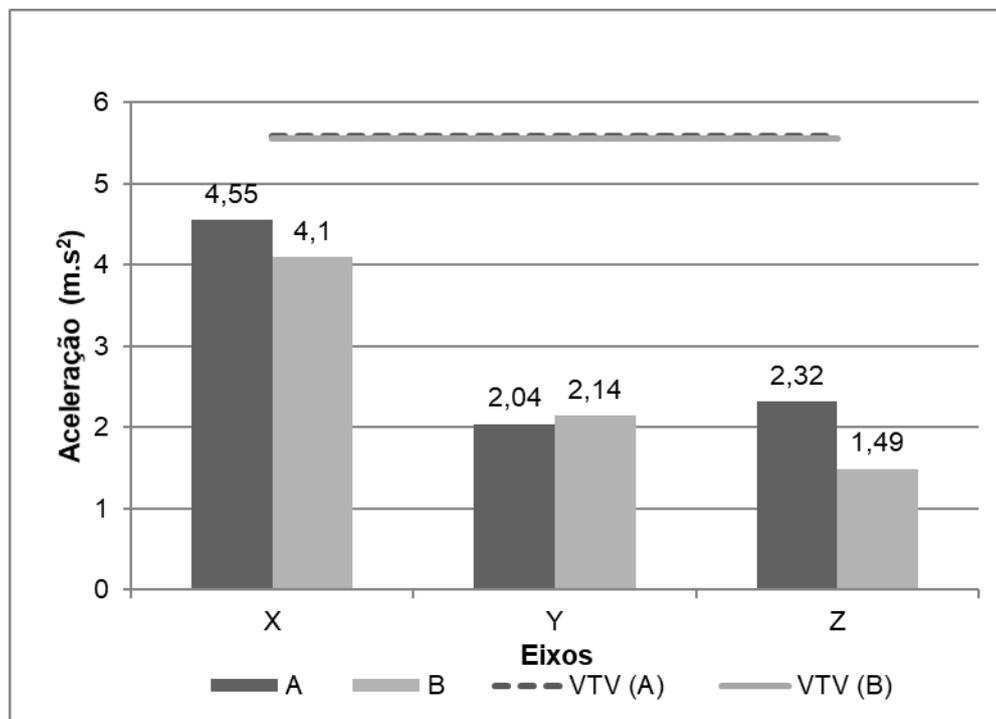
A maior amplitude de variação foi encontrada no eixo “x” os níveis de aceleração ultrapassaram o nível de ação estabelecido pela NR-15 – Anexo nº 8 (BRASIL, 2018). Já nos eixos “y” e no eixo “z” pode se observar que o nível de ação não foi ultrapassado.

Avaliando o conjunto de corte (B) em seus respectivos eixos ortogonais, a amplitude de variação encontrada no eixo “x” foi de 3,75 m s⁻², com média de 4,10 m s⁻². No eixo “y” a amplitude encontrada foi de 2,33 m s⁻², com média de 2,14 m s⁻². A amplitude de variação no eixo “z” foi de 1,52 m s⁻², com média de 1,49 m s⁻².

O conjunto de corte (B) apresentou no eixo “x” a maior amplitude de variação em relação ao conjunto de corte (A). Em ambos os conjuntos de corte o Valor Total de Vibração (VTV), foram superiores ao normatizado 5,0 m s⁻². Esse fato pode ser explicado pela densidade básica da madeira de 0,677 g cm⁻³, considerada alta. Pois o autor Foelkel (2008) corrobora que a densidade básica da madeira é considerada alta quando atinge valores entre 0,55 a 0,63 g cm⁻³. Assim, fica evidente a importância de salientar o uso dos EPI’s e realizar as pausas para descanso durante a jornada de trabalho. Os autores Dababneh et al. (2001) indicam que as pausas ajudam a melhorar o desempenho de forma significativa.

As acelerações médias das vibrações nos três eixos ortogonais da espécie *Acacia mearnsii* estão apresentadas na Figura 16.

Figura 16 – Valores de vibração nos eixos x, y e z no corte da madeira de *Acacia mearnsii*



Fonte: O autor (2020).

Observa-se que no eixo “x” onde os valores foram elevados a diferença de aceleração entre os conjuntos de corte foi de 7,8%. Para esta espécie ficou evidente que o maior nível de vibração ocorreu no conjunto de corte (A) no eixo “x” com 81,54% da aceleração em relação ao VTV. Esse resultado pode ser explicado pela direção que o conjunto de corte fica posicionado, neste caso para baixo, no mesmo sentido em que o operador realizou os cortes dos discos. Podendo ser justificado, pois o uso de dentes de corte semi-quadrado são indicados para trabalhos de menor intensidade Streit, Oliveira e Haselgruber (1986), logo, exigirá maior esforço da máquina e do operador para realizar o corte devido à elevada densidade da *Acacia mearnsii*, assim transmitirá maiores níveis de VMB.

Em trabalho realizado por Rottensteiner e Stampfer (2013), avaliaram a exposição do operador a vibrações de mãos e braços em três modelos de motosserras com duas condições de afiação dos dentes da corrente (afiado e sem fio). Os resultados mostraram que a vibração quadrada média (rms) da aceleração foi maior no eixo “x” para a mão esquerda (perpendicular a linha do sabre). Na alça traseira este comportamento foi identificado no eixo “z” (perpendicular ao manípulo). Os valores totais da vibração (VTV) não tiveram diferença significativa entre os conjuntos de cortes avaliados.

Na Tabela 2 são expostos os valores de vibração nos três eixos ortogonais para espécie *Eucalyptus dunnii*. O conjunto de corte (A) possui uma amplitude de variação da aceleração no eixo “x” de $2,61 \text{ m s}^{-2}$, com média de $3,98 \text{ m s}^{-2}$. No eixo “y” a variação encontrada foi a menor em relação a todos os eixos ortogonais avaliados esta foi de $0,56 \text{ m s}^{-2}$, com média de $1,36 \text{ m s}^{-2}$. No caso do eixo “z” a variação foi de $2,55 \text{ m s}^{-2}$, com média de $1,94 \text{ m s}^{-2}$.

Para o conjunto de corte (B) a amplitude de variação da aceleração no eixo “x” foi $2,91 \text{ m s}^{-2}$, com média de $4,08 \text{ m s}^{-2}$. No eixo “y” a amplitude encontrada foi a menor em relação a todos os eixos ortogonais avaliados, a mesma foi de $0,84 \text{ m s}^{-2}$, com média logarítmica de $1,34 \text{ m s}^{-2}$. No eixo “z” a variação foi de $1,97 \text{ m s}^{-2}$, com média de $2,02 \text{ m s}^{-2}$.

Tabela 4 – Resumo estatístico do processamento de dados de vibração nos eixos “x”, “y” e “z”, para a espécie *Eucalyptus dunnii*

Conjunto de corte	Variável	N	Média	σ	Min.	Máx.
A	Aceleração média no eixo X ($m.s^{-2}$)	10	3,98	0,80	2,27	4,88
	Aceleração média no eixo Y ($m.s^{-2}$)	10	1,36	0,17	1,02	1,58
	Aceleração média no eixo Z ($m.s^{-2}$)	10	1,94	0,72	0,92	3,47
	VTV ($m.s^{-2}$)	10	4,72	0,50	3,96	5,46
B	Aceleração média no eixo X ($m.s^{-2}$)	10	4,08	0,87	1,91	4,82
	Aceleração média no eixo Y ($m.s^{-2}$)	10	1,34	0,23	0,85	1,69
	Aceleração média no eixo Z ($m.s^{-2}$)	10	2,02	0,70	1,45	3,42
	VTV ($m.s^{-2}$)	10	4,83	0,59	4,19	5,82

Em que: VTV = Valor total; N = número de observações; σ = desvio padrão; Min. = valor mínimo e Máx. = valor máximo.

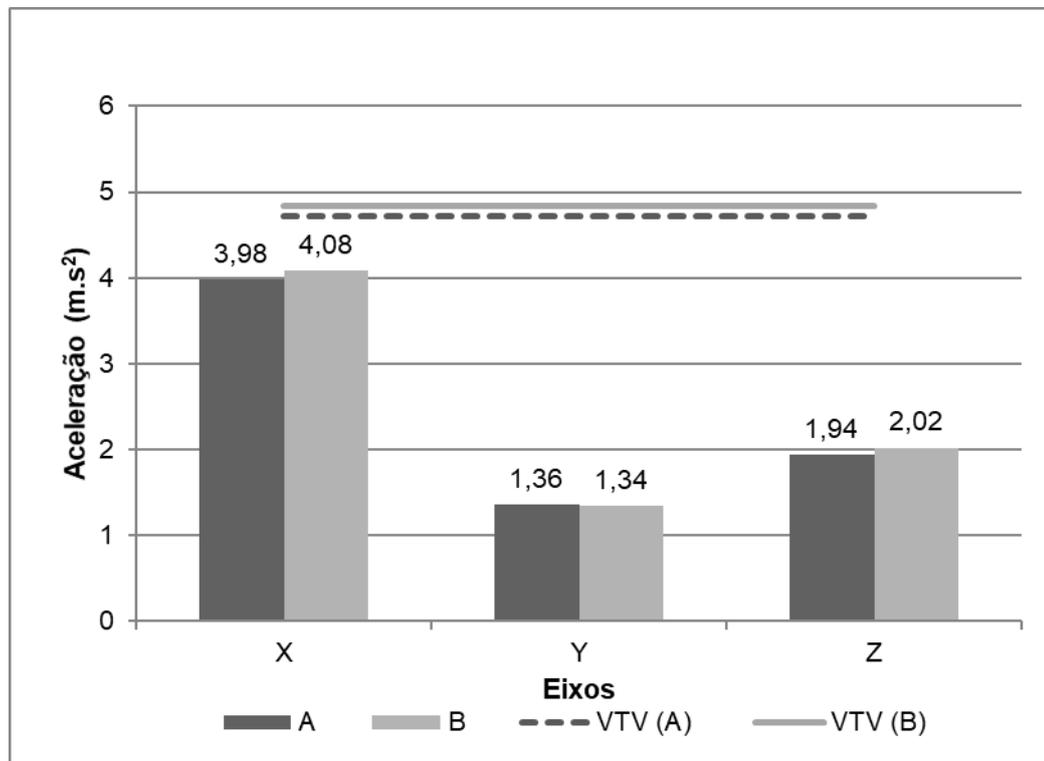
Fonte: O autor (2020).

Destaca-se em ambos os conjuntos de cortes utilizados os eixos “y” e “z” em que os níveis de aceleração não ultrapassaram o nível de ação de $2,5 m s^{-2}$. Em relação ao limite de exposição de $5,0 m.s^{-2}$, ambos os conjuntos de corte, o VTV não excedeu a dose permissível pela NR-15 (BRASIL, 2018) e NHO 10 (FUNDACENTRO, 2013).

As acelerações médias das vibrações nos três eixos ortogonais na espécie *Eucalyptus dunnii* podem ser visualizadas na Figura 17. Para esta espécie o maior nível de vibração ocorreu no conjunto de corte (B) no eixo “x” com 84,47% da aceleração em relação ao VTV. No eixo “x” onde os valores foram elevados a diferença de aceleração entre os conjuntos de corte foi pequena resultando em 15%. Deste modo pode inferir que ambos os conjuntos de cortes avaliados (semiprofissional e profissional) transmitem níveis de vibração semelhantes e dentro do permissível pela norma NR-15 e NHO 10.

É possível visualizar que a aceleração em ambos os eixos ortogonais mantiveram-se sem diferença significativa, entretanto os valores obtidos estão abaixo do limite de tolerância de $5,0 m s^{-2}$. O mesmo foi observado por Rottensteiner e Stampfer (2013) onde avaliaram a exposição do operador a vibrações de mãos e braços, na operação de três motosserras e dois conjuntos de corte. Constataram que a diferença da vibração entre as máquinas não foi estatisticamente significativa.

Figura 17 – Valores de vibração nos eixos x, y e z, para a espécie *Eucalyptus dunnii*



Fonte: O autor (2020).

Na espécie *Eucalyptus grandis* em relação ao conjunto de corte (A) Tabela 3, a amplitude de variação da aceleração no eixo “x” foi de $2,15 m \cdot s^{-2}$, com média de $4,53 m \cdot s^{-2}$. No eixo “y” a variação encontrada foi a menor em relação a todos os eixos ortogonais avaliados a mesma foi de $0,59 m \cdot s^{-2}$, com média de $1,39 m \cdot s^{-2}$. No eixo “z” a amplitude foi de $1,25 m \cdot s^{-2}$, com média de $1,54 m \cdot s^{-2}$.

Para o conjunto de corte (B) a amplitude de variação da aceleração no eixo “x” foi $1,5 m \cdot s^{-2}$, com média de $4,44 m \cdot s^{-2}$. No eixo “y” a amplitude encontrada foi a menor em relação a todos os eixos ortogonais avaliados, a mesma foi de $0,38 m \cdot s^{-2}$, com média de $1,53 m \cdot s^{-2}$. No eixo “z” a variação foi de $1,99 m \cdot s^{-2}$, apresentando média de $1,75 m \cdot s^{-2}$.

Tabela 5 – Resumo estatístico do processamento de dados de vibração nos eixos “x”, “y” e “z”, para a espécie *Eucalyptus grandis*

Conjunto de corte	Variável	N	Média	σ	Min.	Máx.
A	Aceleração média no eixo X (m.s ²)	10	4,53	0,74	3,46	5,61
	Aceleração média no eixo Y (m.s ²)	10	1,39	0,16	1,10	1,69
	Aceleração média no eixo Z (m.s ²)	10	1,54	0,35	1,20	2,45
	VTV (m.s ⁻²)	10	5,00	0,73	4,01	5,99
B	Aceleração média no eixo X (m.s ²)	10	4,44	0,53	3,87	5,37
	Aceleração média no eixo Y (m.s ²)	10	1,53	0,12	1,32	1,70
	Aceleração média no eixo Z (m.s ²)	10	1,75	0,64	1,22	3,21
	VTV (m.s ⁻²)	10	5,05	0,53	4,29	5,88

Em que: VTV = Valor total; N = número de observações; σ = desvio padrão; Min. = valor mínimo e Máx. = valor máximo.

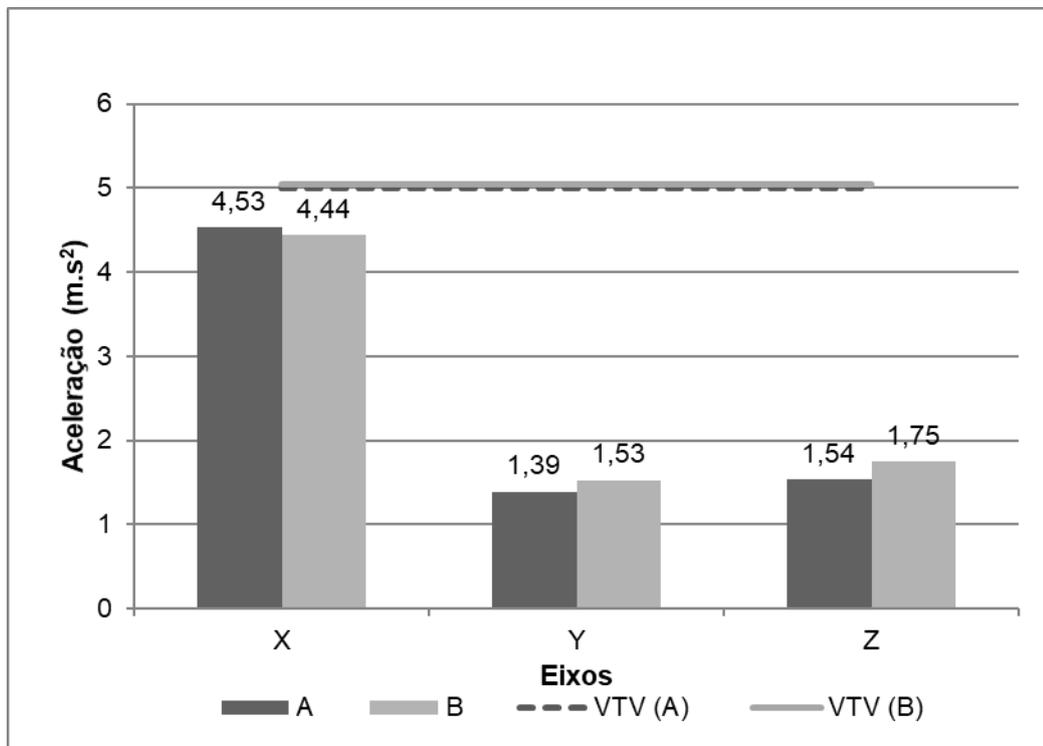
Fonte: O autor (2020).

Comparando os dois conjuntos de corte (A) e (B), apresentaram níveis de aceleração permissíveis na maioria dos eixos ortogonais, exceto no eixo “x” onde excedeu o valor do nível de ação estabelecido pela NHO 10 (FUNDACENTRO, 2013). As maiores variações predominaram no eixo “z” em ambos os conjuntos de cortes. Possivelmente devido a direção do eixo “z” que estava voltada para o conjunto de corte (para frente) fazendo com que tivesse maior oscilação na aceleração transmitida às mãos do operador.

Em relação ao limite de exposição de 5,0 m.s⁻² estabelecido pela NR-15 e NHO 10, somente o conjunto de corte (B) excedeu o valor permitido do VTV. Logo, o perfil de dente quadrado (de uso de maior intensidade) teve maior aceleração transmitida ao operador.

As acelerações médias das vibrações nos três eixos ortogonais na espécie *Eucalyptus grandis* podem ser visualizadas na Figura 18. Para esta espécie o maior nível de vibração ocorreu no conjunto de corte (A), no eixo “x” com 91% da aceleração em relação ao VTV. O conjunto de corte (A) no eixo “x” foi de 3% superior ao conjunto de corte (B). Porém o mesmo atingiu VTV superior ao normatizado.

Figura 18 – Valores de vibração nos eixos x, y e z, para a espécie *Eucalyptus grandis*



Fonte: O autor (2020).

Na avaliação de vibração entre os conjuntos de corte e a espécie, não foram encontradas diferenças significativas neste trabalho. Os autores Kovác et al. (2018) utilizando quatro motosserras modelos: MS 261, MS 461, XP 550 e XP 576; ainda dois tipos de conjunto de corte, avaliaram os efeitos de vibrações e ruídos sobre operadores profissionais. Após o processamento dos dados os mesmos não obtiveram diferença significativa, o que corrobora com a presente pesquisa.

Na avaliação conduzida por Schutzer (2018) com quatro roçadoras de modelos e fabricantes distintos, os níveis de vibração encontrados ficaram acima do limite de tolerância estabelecida pela NR-15 e NHO 10, sendo os valores médios atingidos de 9,71 m s⁻². Destaca-se que o fator tipo de lâmina de corte pode estar relacionado com o aumento da vibração, este pode causar amplificação da vibração ao estar desbalanceada. Os trabalhos realizados com equipamentos de motor dois tempos por Furtado (2004) com pulverizador costal motorizado e, Barbosa et al. (2017), com duas roçadoras e três motopodas apresentaram resultados acima do limite pela NR-15 e NHO 10 de exposição diária.

Analisando o resumo estatístico do processamento de dados de vibração nos eixos “x, y e z”, os valores mais elevados de aceleração encontrados foram no eixo “x” para a mão a direita. Os autores Goglia et al. (2006) e Dewangan et al. (2005) corroboram com resultados idênticos aos obtidos na presente pesquisa, pois os maiores níveis de transmissão de vibração ocorreram no eixo “x”. Já fora constatado pelos autores Sell (2002) e Vendrame (2016), que os operadores expostos a níveis elevados de vibração tendem a desenvolver a síndrome dos dedos brancos, resultando em sérios problemas que devem ser levados em consideração para garantir a integridade física do operador.

O autor Vendrame (2016) relata que no estágio final desta síndrome sempre força os trabalhadores a deixarem sua ocupação, face à ameaça de gangrena nos dedos, devido à perda do suprimento de sangue, com possibilidade até de amputação dos membros. Santos (2002) explica que essa diferença se dá em função da forma como as vibrações são transmitidas para vibração de corpo inteiro ou de mãos e braços. Uma alternativa de atenuação da vibração, que chega ao ser humano pelas mãos, é o uso das luvas tipo AV (anti-vibração), pois estas podem minimizar o risco causado à saúde por este agente físico (ROTTENSTEINER e STAMPFER, 2013).

Os autores Griffin (1998); Pinto et al., (2001); Rottensteiner e Stampfer, (2013) concordam que em algumas situações as luvas podem atenuar parcialmente a vibração, também, o uso destas podem restringir a mobilidade e a sensibilidade, ainda, provocar transpiração deixando assim as mãos úmidas.

No presente estudo, destaca-se que se fez o uso de corrente nova e os dentes afiados pelo fabricante, conforme a orientação da norma. O mesmo foi encontrado no estudo desenvolvido por Rottensteiner e Stampfer (2013) onde contataram que as motosserras equipadas com correntes novas e dentes afiados originalmente pelo fabricante, induzem a um nível de exposição menor de vibração. Apuraram que correntes novas e dentes afiados possuem transmissibilidade de 7,5 % menos em relação aos dentes com afiação indesejada. Os autores Aspek e Manek (1996); Brusl et al. (1988) (apud Rottensteiner e Stampfer 2013) salientam a importância de uma corrente bem afiada para a execução das operações florestais.

Ao buscar os dados técnicos no manual do operador da motosserra, o fabricante informa que realizou avaliações de vibração conforme a ISO 22867 e seu resultado é de 4,1 $m s^{-2}$ para a mão direita. Destaca-se que neste estudo, para o

mesmo conjunto de corte testado pelo fabricante (corrente de 8,25 mm), o nível de vibração para a mão direita resultante do corte das espécies *A. Negra*, *E. Dumni*, *E. Grandis*, foram de 5,58 m s⁻², 4,72 m s⁻² e 5,00 m s⁻², respectivamente. Assim, observa-se que para o corte das três espécies lenhosas o nível de vibração para a mão direita é superior ao testado pelo fabricante. Informa-se que para a corrente 3/8 o fabricante não apresenta dados técnicos sobre este tema.

Logo, entende-se que a magnitude da vibração de uma motosserra é dependente da direção dos eixos biodinâmicos, da localização/posicionamento dos transdutores para mensuração da vibração (alças da mão direita e mão esquerda), da condição da corrente e da afiação dos dentes, e não menos importante, o modo em que a máquina é operada.

4.3 ANÁLISE DOS DIFERENTES NÍVEIS DE VIBRAÇÃO TRANSMITIDOS ENTRE OS DIFERENTES CONJUNTOS DE CORTE E ESPÉCIES FLORESTAIS.

Após o processamento dos dados, os valores de aceleração resultante da exposição normalizada para as vibrações de mãos e braços, apresentaram diferenças significativas para os eixos “y” e “z”. O mesmo foi evidenciado por Kováč et al. (2018) ao avaliar os efeitos da vibração e ruído sobre operadores de motosserras profissionais, neste estudo salienta-se que as direções dominantes das vibrações da empunhadura traseira da motosserra foram as direções “y” e “z”, também foi observada a influência do tipo de dente de corte e seu desgaste no nível de vibração registrado. Em ambos os eixos ortogonais a medida que a densidade da madeira diminui os níveis de vibração transmitidos ao operador diminuem, conforme expresso na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados obtidos ao avaliar os eixos ortogonais “x, y e z” do conjunto de corte A

Espécie	Eixo	Média
<i>Eucalyptus Grandis</i>	X	17,65 a
<i>Acácia mearnsii</i>		17,2 a
<i>Eucalyptus Dunnii</i>		11,65 a
<i>Acácia mearnsii</i>	Y	23,1 a
<i>Eucalyptus Grandis</i>		12,1 b
<i>Eucalyptus Dunnii</i>		11,3 b
<i>Acácia mearnsii</i>	Z	21,2 a
<i>Eucalyptus Dunnii</i>		15,7 ab
<i>Eucalyptus Grandis</i>		9,6 b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Kruskal-wallis ($p < 0,05$).

Fonte: O autor (2020).

Quanto ao eixo “x” este não apresentou diferença significativa em nenhuma das espécies seccionadas, ficando evidente que o fator densidade da madeira não interferiu na exposição de vibração de mãos e braços nas condições deste estudo. O mesmo foi observado na pesquisa conduzida por Stempski, Jabłoński e Wegner (2010), na qual avaliaram os níveis de vibração causados por uma motosserra, ao seccionar indivíduos do gênero *Pinus* com correntes, com diferentes ângulos de preenchimento da placa superior. Os resultados obtidos não mostraram diferença estatística significativa entre discos de madeira seccionados.

Em relação aos conjuntos de corte, destaca-se que o conjunto B (Tabela 5) apresentou comportamento semelhante ao conjunto de corte A para o eixo “x”. Salienta-se que ambos não apresentaram diferença significativa, o mesmo ocorreu no eixo ortogonal “z”. Dessa forma evidenciou-se que o fator densidade da madeira por si só não influenciou na transmissibilidade da vibração ao operador. Os autores Rottensteiner, Tsioras e Stampfer (2012) ao avaliarem a exposição a vibração de mãos e braços com foco no impacto de diferentes densidade de espécies florestais, utilizando três modelos de motosserra (diferente tamanho e potência), obtiveram resultados semelhantes a este estudo. Destaca-se que independente da densidade da madeira das espécies avaliadas os resultados não apresentaram diferença significativa.

Tabela 5 – Resultados obtidos ao avaliar os eixos ortogonais “x, y e z” do conjunto de corte B

Espécie	Eixo	Média
<i>Acácia mearnsii</i>	X	17 a
<i>Eucalyptus Grandis</i>		15,9 a
<i>Eucalyptus Dunnii</i>		13,6 a
<i>Acácia mearnsii</i>	Y	20,7 a
<i>Eucalyptus Grandis</i>		16 ab
<i>Eucalyptus Dunnii</i>		9,8 b
<i>Eucalyptus Dunnii</i>	Z	18,8 a
<i>Eucalyptus Grandis</i>		14,5 a
<i>Acácia mearnsii</i>		13,2 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Kruskal-wallis ($p < 0,05$).

Fonte: O autor (2020).

Para a aceleração no eixo ortogonal “y”, houve diferença significativa entre as espécies *Acácia mearnsii* e *Eucalyptus Dunnii*. Neste caso verificou-se que o fator densidade da madeira influenciou na vibração produzida no seccionamento dos discos de madeira.

Ao comparar a interação dos resultados obtidos quanto a intensidade de vibração nos conjuntos de corte A e B (Tabela 6), o experimento apontou que no eixo ortogonal “x” o fator conjunto de corte não influenciou na vibração produzida pela motosserra ao realizar os cortes para todas as espécies. Observou-se que para o eixo ortogonal “x” o *Eucalyptus Grandis* em um dos conjuntos de corte apresentou valores médios superior ao da *Acácia mearnsii*. Destaca-se que em função do método estatístico utilizado não se pode inferir qual dos conjuntos de corte é que produziu maior vibração. Com relação a densidade da madeira é possível inferir que espécies florestais com maiores densidades, exercem maior resistência, vindo a produzir maiores índices de vibração. Em trabalho realizado por Rottensteiner e Stampfer (2013), onde avaliaram a exposição do operador a vibrações de mãos e braços em três modelos de motosserras com duas condições de afiação dos dentes da corrente (afiado e sem fio), é enfatizado que este não encontrou diferença significativa entre dois, dos três conjuntos de corte avaliados.

Tabela 6 – Resultados obtidos ao avaliar os eixos ortogonais “x, y e z” do conjunto de corte A e B

Espécie	Eixo	Média
<i>Eucalyptus Grandis</i>	X	35,15 a
<i>Acácia mearnsii</i>		34,1 a
<i>Acácia mearnsii</i>		32,1 a
<i>Eucalyptus Grandis</i>		31,8 a
<i>Eucalyptus Dunnii</i>		26,2 a
<i>Eucalyptus Dunnii</i>		23,65 a
<i>Acácia mearnsii</i>	Y	44,5 a
<i>Acácia mearnsii</i>		42,2 ab
<i>Eucalyptus Grandis</i>		32,9 abc
<i>Eucalyptus Grandis</i>		22,3 bc
<i>Eucalyptus Dunnii</i>		20,9 c
<i>Eucalyptus Dunnii</i>		20,2 c
<i>Acácia mearnsii</i>	Z	44,3 a
<i>Eucalyptus Dunnii</i>		35,3 ab
<i>Eucalyptus Dunnii</i>		33,9 ab
<i>Eucalyptus Grandis</i>		26,3 ab
<i>Acácia mearnsii</i>		22,9 ab
<i>Eucalyptus Grandis</i>		20,3 b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Kruskal-wallis ($p < 0,05$).

Fonte: O autor (2020).

Com relação ao eixo “y” destaca-se a diferença significativa entre todas as espécies avaliadas e em ambos os conjuntos de corte. Isso demonstra que o fator conjunto de corte influenciou no seccionamento dos discos de madeira, além disso, foi possível observar a influência da densidade da madeira nos níveis de vibração gerados.

Ao avaliar o eixo “z” foi observado a diferença significativa entre a vibração produzida entre as espécies *Acácia mearnsii* e *Eucalyptus Grandis*, por vez destaca-se que a densidade da madeira interagiu nos níveis de vibração devido as espécies citadas possuírem o índice de densidade da madeira médio elevado. Os autores Rottensteiner, Tsioras e Stampfer (2012) corroboraram em seu estudo que a densidade da madeira aumenta a magnitude das vibrações.

Com o intuito de destacar o método estatístico de Bonferroni, para dados não paramétricos, utilizado neste trabalho, salienta-se que o mesmo foi aplicado com sucesso, assim como, na pesquisa realizada pelos autores Rottensteiner, Tsioras e Stampfer (2012). Em estudos complementares, será importante repetir o

experimento em outras operações de colheita semi-mecanizada, diferentes modelos e marcas de motosserra, bem como, diferentes espécies.

4.4 ANÁLISE DOS NÍVEIS DE RUÍDO

Durante o corte raso das árvores foi mensurado o valor máximo de pressão sonora, onde foi feita a média das mensurações resultando em 102 dB (A). Este resultado se encontra acima do limite de tolerância recomendado pela NR-15, que é de 85 dB (A) para uma jornada de trabalho de 8 horas e não pode ultrapassar uma dose de 100%. Para estas condições o máximo de exposição que o operador pode ter, é de 45 minutos.

Nos trabalhos realizados por Franceschi (2013) e Caldart et al. (2006) destaca-se que a exposição superior a 85 dB (A), com duração superior a 8 horas por dia, pode resultar em Perda Auditiva Induzida pelo Ruído (PAIR), considerada como lesão irreversível.

Quanto ao nível de ruído médio máxima emitido pela motosserra durante o seccionamento dos discos das três espécies avaliadas, este foi de 101 dB (A). Ressalta-se que o valor oscilou em 0,01 dB (positivo/negativo) quando alterado a espécie florestal (em função da variação da densidade básica da madeira das espécies) ou o conjunto de corte. Com isso pode se inferir que independente dos conjuntos de corte e das espécies florestais utilizadas neste trabalho, estas impactam na vibração de mãos e braços e nos níveis de ruído.

Fonseca et al. (2017) e Rodrigues et al. (2011) avaliaram apenas uma motosserra em seus estudos, e os níveis de ruído médio atingiram 97,7 dB (A) e 94,6 dB (A), respectivamente. Observa-se que os valores encontrados pelos autores estão superiores ao normatizado, para a jornada de trabalho de 8 horas e inferior ao mostrado no presente trabalho.

Os autores Wojtkowiak; Kromulski, Dubowski (2007) ao conduzirem ensaios com motosserra em bancada com diferentes tipos de óleo lubrificante para o conjunto de corte, obtiveram a variação de 99,6 dB (A) a 105,2 dB (A) no nível de ruído, logo, não encontram-se em conformidade com a Diretiva 98/37 CE (2003). Os autores salientam que o óleo lubrificante poderá atenuar o ruído gerado pela motosserra.

Considerando cinco motosserras de potências, marcas e tempos de uso diferentes, o autor Toscan (2014) obteve o valor máximo de ruído de 103,3 dB (A). O autor evidenciou que a máquina mais antiga foi a que apresentou maior nível de ruído, mesmo não tendo a maior potência. O autor salienta a importância do uso correto dos protetores auriculares, pois ao fazer uso dos mesmos, obteve a atenuação de até 27 dB, logo, atendendo a NR-15 – Anexo nº I (BRASIL, 2018).

Para promover a redução de ruído na fonte deste agente físico, os autores Wojtkowiak; Kromulski, Dubowski (2007) relatam que o método mais eficaz está relacionado ao uso de processos tecnológicos com baixa emissão nas máquinas, seleção de métodos adequados de operação e execução da manutenção conforme orientações do fabricante.

Na pesquisa realizada por Lemes et al. (2019), é destacada a necessidade de o operador, de qualquer máquina com motores dois tempos (motorroçadoras, motosserras, motopodadores e pulverizadores costais semimecanizados) utilizarem corretamente os EPI's. Os autores indicam que estes devem estar com o certificado de aprovação (CA) válido, em boa qualidade e compatíveis com a atividade a ser realizada. Além disso, observaram que a elevação dos níveis de ruído é influenciada pelos fatores tempo de uso e a potência da máquina. Logo, nos trabalhos que mensuraram os níveis de ruído emitidos por máquinas de motores dois tempos e o obtido neste trabalho, ultrapassaram os níveis estabelecidos pela Norma Regulamentadora NR-15 – Anexo nº I (BRASIL, 2018) e NHO 01 (FUNDACENTRO, 2013).

5 CONCLUSÕES

Os maiores níveis de vibração foram observados no eixo “x” em ambos os conjuntos de cortes avaliados. A aceleração resultante da exposição normalizada para as vibrações de mãos e braços apresentaram diferenças significativas para os eixos “y” e “z”.

A densidade básica da madeira e os conjuntos de corte utilizados não influenciaram nos níveis de ruído gerados ao operador, sendo que todas as avaliações emitiram ruídos superiores ao nível recomendado pela ISO 2631-4, NHO 10, NR-15.

Portanto, a partir dos resultados obtidos pode-se inferir que a operação com motosserra é potencialmente capaz de gerar danos à saúde dos trabalhadores como agente estressor. Assim os resultados apontam que as operações com motosserra são potencialmente capazes de gerar danos à saúde e a integridade física dos trabalhadores.

REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, J.I. Reestruturação produtiva e variabilidade do trabalho: uma abordagem da ergonomia. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**. Brasília, v.16 p.49-54; 2000.

ANFLOR, C T. **Estuda da transmissibilidade da vibração no corpo humano na direção vertical e desenvolvimento de um modelo biomecânico de quatro graus de liberdade**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ERGONOMIA – **ABERGO** Disponível em: <http://www.abergo.org.br/internas.php?pg=o_que_e_ergonomia. Acesso em 10/Setembro/2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Norma NBR 11941**: Madeira: determinação da densidade básica. Rio de Janeiro: 2003. 6p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Norma NBR 22867**: Máquinas florestais e de jardinagem - Código de ensaio de vibração para máquinas manuais portáteis com motor de combustão interna - Vibração nas empunhaduras. 2018.

BACK, N. **Metodologia de projetos de produtos industriais**. Rio de Janeiro: Guanabara, 389 p. 1983.

BALBINOT, A. **Caracterização dos níveis de vibração em motoristas de ônibus: um enfoque no conforto e na saúde**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

BAMBER, R. K.; HORNE, R.; GRAHAM-HIGGS, A. Effects of fast grown on the wood properties of Eucalyptus grandis. **Australian Forestry Research**, Quen Victoria, v 12, n. 2, p. 163-167, Abril 1982.

BARBOSA, V.H.B. et al. Avaliação dos níveis de vibração e ruído nas operações de roçada e desgalhamento com motopodas. **Tópicos em gestão da produção**. Ed. Poisson, Belo Horizonte, vol. 4, p.120-127, 2017.

BRAGA, C. A. C. **Exposição ocupacional a vibrações no sistema mão - braço no sector da construção**. Dissertação de Mestrado, Universidade do Porto, Portugal, 2007.

BRASIL. Ministério do trabalho e emprego. **Norma Regulamentadora 06**. NR-06 - Equipamento de Proteção Individual – EPI. Portaria MTb n.º 3.214, de 08 de junho de 1978a. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR6.pdf>>. Acesso em: 10 .março 2020.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora 15 – Anexo I**. 2018. Brasília, DF. Disponível em:

<<http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/Anexo1-nr9.htm>>. Acesso em: 30/outubro/ 2018.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora 15 – Anexo VIII**. 2018. Brasília, DF. Disponível em:

<<http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/Anexo1-nr9.htm>>. Acesso em: 30/outubro/ 2018.

BOVENZI, M. Health effects of mechanical vibration. **Giornale italiano di medicina del lavoro ed ergonomia**, 2005.

CALDART, A.U. et al. Prevalência da perda auditiva induzida pelo ruído em trabalhadores de indústria têxtil. **R. Arq. Int. Otorrinolaringol.**, São Paulo, v.10, n.3, p. 192-196, 2006.

COSTA, M.T.D. et al. Análise da vibração ocupacional por implementos de roçadeiras em diferentes tipos de vegetação rasteira. **Ergonomia e Segurança no trabalho em foco**. Ed. Poisson, Belo Horizonte, vol. 1, p. 235-245, 2017.

DABABNEH, A.J.; SWANSON, N.; SHELL, R.L. Impact of added rest breaks on the productivity and well being of workers. **Ergonomics**, p. 164- 174, 2001.

DEBIASI, H.; SCHLOSSER, J. F.; PINHEIRO, E. P. Desenvolvimento do coeficiente parcial de ergonomia e segurança em tratores agrícolas. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v. 24, n. 3, p. 727-735, 2004.

DEPOI, J. S.; BRANDELERO, C.; WERNER, V.; SCHLOSSER, J. F.; VARGAS, F. Avaliação de Vibração no assento de tratores utilizando acelerômetros. **III MECFOR: III Encontro sobre Mecanização, Colheita e Transporte Florestal**. 1. ed. Lavras: UFLA, E-book. Disponível em: < <https://www.eventomecfor.com/contato>>. Acesso em 22/Janeiro/2020.

DEWANGAN, K. N.; PRASANNA KUMAR, G. V.; TEWARI, V. K. Noise characteristics of tractors and health effect on farmers. **Applied Acoustics**, v. 66, n. 9, p. 1049-1062, 2005.

Directiva n.º 2002/44/CE, de 25 de Junho riscos devidos aos agentes físicos vibrações (décima sexta directiva especial na acepção do n.º 1 do artigo 16.º da Directiva 89/391/CEE).

DOWNES, G. M. et al. **Sampling plantation eucalypts for woodad fiber properties**. Melbourne:CSIRO, 1997. 126P.

DUL, J. WEERDMEEESTER, B. **Ergonomia Prática** 3. ed. Tradutor Itiro lida, São Paulo: Blucher, 2012.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 308 p.

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

FILHO, P. F. S.; FERNANDES, H. C.; QUEIROZ, D. M.; SOUZA, A. P.; CAMILO, A. J. Avaliação dos níveis de vibração vertical no assento de um trator agrícola de pneus utilizando um sistema de aquisição automática de dados. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.6, p.887-895, 2003.

FRANCESCHI, A. de. **Ergonomia**. Disponível em: <http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos_seguranca/quinta_etapa/ergonomia.pdf>. Acesso em: 29/ outubro/ 2019.

FOELKEL, C. Os eucalyptos e as leguminosas parte 01: *Acacia mearnsii*. Associação brasileira técnica de celulose e papel. ABTCP. 2008. Disponível em: <http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/PT08_leguminosas.pdf>

FONSECA, A.F.C.da. et al. Análise da exposição ocupacional ao ruído em trabalhadores de uma empresa florestal. **R. Espacios**, vol. 38, n. 26, p. 25, 2017.

FUNDACENTRO. **Norma de Higiene Ocupacional: NHO 01: avaliação da exposição ocupacional ao ruído: procedimento técnico**. 2001. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/normas-de-higiene-ocupacional/publicacao>>.

FUNDACENTRO. **Norma de Higiene Ocupacional: NHO 10: avaliação da exposição ocupacional a vibrações em mãos e braços: procedimento técnico**. 2013. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/normas-de-higiene-ocupacional/publicacao>>.

FURTADO, M.A.F. **Pulverizador costal motorizado: aspectos ergonômicos (ruído e vibração) e desempenho operacional**. 2004. 85p. Dissertação (Mestrado em Agronomia pela UNESP - Botucatu). Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/90591> >. Acesso em: 24/ setembro/ 2019.

GERGES, S.N.Y. **Ruído: fenômenos e controle**. Florianópolis, SC: UFSC 660 p. 1992.

GOGLIA, V. et al. Influence on operator's health of hand-transmitted vibrations from handles of a single-axle tractor. **Annals of Agricultural and Environmental Medicine**, v. 13, p. 33– 38, 2006. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16841869>>. Acesso em: 20/ novembro/ 2019.

GOMES, H. M.; SAVIONEK, D., Measurement and evaluation of human exposure to vibration transmitted to hand-arm system during leisure cyclist activity. **Brazilian Journal of Biomedical Engineering**, v.30, n.4, p.291-300, dez. 2014.

GONZAGA, J.V.; MENOCELLI, S.S.; RECH, B.; BUSNARDO, C.A.; FOELKEL, C.E.B. **Qualidade de Madeira de *Acacia mearnsii* da região de Guaíba – RS**. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO. Belo Horizonte n.4, p. 813-820, 1982.

GRIFFIN, M. J. Measurement and evaluation of whole-body vibration at work. **International Journal of Industrial Ergonomics**. v. 6, p. 45-54, 1990.

GRIFFIN, M. J. Fundamentals of human response to vibration. **Fundamentals of noise and vibration**. p. 179-223, 1998.

HILLIG, E.; HASELEIN, C.R.; SANTINI, E.J. Propriedades mecânicas de chapas aglomeradas estruturais fabricadas com madeiras de pinus, eucalipto e acácia negra. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 59-70. 2002.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. 2. ed. revisada e ampliada. Editora Edgard Blucher, São Paulo, 630 p. 2005.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBA. **Resultado Anual**. 2018, Brasília. Disponível em: < http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2018.pdf >. Acesso em: 10/Setembro/2019.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 5349-1: 2001**. Disponível em: <https://www.sis.se/api/document/preview/617605/>>. Acesso em: 10/Junho/2019.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 5349-2: 2001**. Disponível em: <https://www.sis.se/api/document/preview/617973/>>. Acesso em: 10/Junho/2019.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 8041-1: 2017**. Disponível em: <https://www.sis.se/api/document/preview/921825/>>. Acesso em: 10/Junho/2019.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 2631-4: 2001**. Mechanical vibrations and shock- Evaluation of human exposure to whole body vibration – Part 4: General requirements. 2001.

INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS – IPEF Disponível em: <<https://www.ipef.br/identificacao/cief/especies/dunnii.asp>>. Acesso em 22/Janeiro/2020.

KROEMER, K. H. E.; GRANDJEAN, E. **Manual de Ergonomia: Adaptando o trabalho ao homem**. 5. ed. Artmed Editora. Porto Alegre. 327p., 2005.

KOVÁČ, J.; Krilek, J.; Dado, M.; Beno, P. Investigating the influence of design factors on noise and vibrations in the case of chainsaws for forestry work. **Faculty of Mechanical Engineering**, Belgrade, v.46, n.4, p.513-519, 2018.

LEMES, B. S.; BRANDELEIRO, C.; WERNER, V.; BENETTI, B. B.; SCHLOSSER, J. F. Vibração e ruído em máquinas com motor dois tempos. **III MECFOR: III Encontro sobre Mecanização, Colheita e Transporte Florestal**. 1. ed. Lavras: UFLA, E-book. Disponível em: < <https://www.eventomecfor.com/contato> >. Acesso em 22/Janeiro/2020.

LOPES, C. S. D.; TOMAZELLO FILHO, M. Análise densitométrica da madeira de árvores de *Eucalyptus dunnii*, de 18 anos de idade. In: SIMPÓSIO DE PÓSGRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS, 4., 2006, Piracicaba. **Anais ...** Piracicaba: IPEF, 2006. 1 CD-ROM.

MACHADO, C. C. **Colheita Florestal**. 3. ed. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Minas Gerais. 543 p. 2014.

MELEMEZ, K.; TUNAY, M. Determining physical workload of chainsaw operators working in forest harvesting. **Technology**, 2010.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 74p.

MORA, A.L.; GARCIA, C.H. **A cultura do eucalipto no Brasil**. São Paulo: SBS, 2000. 112p

MARCHESAN, R.; MATTOS, P. P.; SHIMIZU, J. Y. **Caracterização física, química e anatômica da madeira de *Eucalyptus microcorys* F. Muell**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. 5 p.(Comunicado Técnico 133)

NOGUEIRA, M. M.; VIEIRA, V.; SOUZA, A.; LENTINE, M. W. Manual Técnico 2 – IFT Manejo de Florestas Naturais da Amazônia Corte, traçamento e segurança. 2011.

NUNES, I. L. **A importância da avaliação de fatores de risco ocupacionais em políticas de aquisição de equipamentos. O caso da exposição à vibração**. Proceedings das 3ª Jornadas Técnicas de Engenharia Logística Militar - O ciclo de vida dos materiais, organizada pelo Exército Português, Paço de Arcos, CDRom, 2005.

OLIVEIRA, J. T. O. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. 1997. 2 v. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

PEREIRA, F.J.; CASTELO FILHO, O: **Manual Prático, como elaborar uma perícia de insalubridade e de periculosidade**. 2. Ed. São Paulo: LTr, 2000.

PEREIRA, J. C. D.; STURION, J. A.; HIGA, A. R.; HIGA, R. C. V.; SHIMIZU, J. Y. **Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 113p. (Embrapa Florestas. Documentos, 38).

PINTO, I.; STACCHINI, N.; BOVENZI, M.; PADDAN, G. S.; GRIFFIN, M. J. Protection effectiveness of antivibration gloves: Field evaluation and laboratory performance assessment. Paper presented to the 9th international conference on hand-arm vibration, Junho, 2001.

- RODRIGUES, V.A.J. et al. Avaliação da exposição ao ruído e da carga de trabalho físico de operadores de motosserra no corte de eucalipto. Simpósio brasileiro sobre ergonomia e segurança no trabalho florestal e agrícola. Viçosa, MG. **Anais ...** 2011.
- ROTTENSTEINER, C., STAMPFER, K. Evaluation of operator vibration exposure to chainsaws equipped with a kesper safety bar. **Scandinavian journal of forest research**, v. 28, n 2, 2013.
- ROTTENSTEINER, C., TSIORAS, P., STAMPFER, K. Wood Density Impact on Hand-Arm Vibration. **Croatian Journal of Forest Engineering**, v. 33, n. 2, p. 303-312, 2012.
- ROMAN, W., JACEK, K., ADAM, D. Measurements of noise resulting from cutting chain movements on a chain-saw bar, lubricated with different oils. *Scientiarum Polonorum ACTA*, p. 85-93, 2007.
- RUKAT, W., JAKUBEK, B. The influence of the cutting tooth desing and wear of a saw chain on the vibration level of a chainsaw. **Journal of vibrations in physical systems**, 2017.
- SANTOS, P. F. **Avaliação dos níveis de ruído e vibração vertical no assento de um trator agrícola de pneus utilizando um sistema de aquisição automática de dado**. Dissertação de Mestrado, p.53, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.
- SANTANA, W. M. **Crescimento, produção e propriedades da madeira de um clone de Eucalyptus grandis e E. urophylla com enfoque energético**. Dissertação, p.95, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.
- SAVIONEK, D.; GOMES, H. M., Medição e avaliação da exposição humana à vibração transmitida ao sistema mão-braço durante a atividade ciclística. **Revista Liberato**, v.13, n.20, p. 113-132, 2012.
- SALIBA, T. M.; CORRÊA, M. A. C.; AMARAL, L. S. **Higiene do trabalho: Programa de prevenção de riscos ambientais**. 3. Ed. São Paulo, p. 262; 2002.
- SALIBA, TUFFI MESSIAS. **Manual de Avaliação e Controle do Ruído**. 3ª Ed. LTr. São Paulo. 2004. 110 p.
- SELL, I. **Projeto do trabalho humano: Melhorando as condições de trabalho**. p. 470, Florianópolis, UFSC, 2002.
- SILVA, I. et al. Fenómeno de Raynaud. **R. Angiologia e Cirurgia Vasculiar**, Lisboa, Portugal, v. 7, n. 1, p. 13-20, 2011.
- SILVEIRA, J. C. M. da, FERNANDES, H. C., RINALDI, P. C. N., MODOLO, A. J. **Níveis de ruído em função do reio de afastamento emitido por diferentes equipamentos em uma oficina agrícola**. Engenharia na Agricultura, v. 15, n.1, p.66-74, 2007.

SCHUTZER, V.M. **Avaliação de parâmetros ergonômicos: vibração e ruído em roçadoras laterais**. 2018. 109p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica pela UNESP – Bauru). Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/153379>>. Acesso em: 23/ setembro/ 2018.

SCANAVACA JUNIOR, L.; GARCIA, J. N. Determinação das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Florestais**, Piracicaba, n.65, p,120-129, 2019

STEMPSKI et al. Relations between top–pla filing angle value of cutting chains and chain saw vibration levels. **Scientiarum polonorum**, 2010.

STREKC, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, RS: Emater/RS; UFRGS, 2002. 107 P.

TOSCAN, R.S. **Riscos ocupacionais relacionados ao uso da motosserra, com ênfase no ruído, medidas preventivas e EPI's a serem utilizados**. 2014. 48p. Monografia (Título de engenheiro de segurança do trabalho pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná). Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/7158>>. Acesso em: 24 set. 2018.

TRUGILHO, P.F.; LIMA, J.T.; MENDES, L.M. Influência da idade nas características do eucalipto. **Revista da Madeira**, Curitiba, n.92, p, 92-88, Out. 2005.

VENDRAME, A. C. **Vibração ocupacional**. 2016. Disponível em: <http://www.higieneocupacional.com.br/download/vibracoes_vendrime.pdf>. Acesso em: 10/ Setembro/2018.

WOJTKOWIAK, R., KROMULSKI, J., DUBOWSKI, A. measurements of noise resulting from cutting chain movements on a chain-saw bar, lubricated with different oils. **Scientiarum polonorum**, 2007.