

CARLOS EDUARDO DOS SANTOS

Versão Original

**AVALIAÇÃO DA VIBRAÇÃO DE MÃOS E BRAÇOS NA OPERAÇÃO DE
ROÇADEIRA**

SÃO PAULO – SP
2019

CARLOS EDUARDO DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO DA VIBRAÇÃO DE MÃOS E BRAÇOS NA OPERAÇÃO DE
ROÇADEIRA**

Monografia apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção do Título
de Especialista em Higiene Ocupacional.

SÃO PAULO – SP
2019

Dedico esse trabalho a minha mãe Maria Aparecida dos Santos, a meu pai Herculano Miranda dos Santos (ambos *in memoriam*), e minha irmã Stella Heloisa dos Santos, por sempre me incentivarem na busca pelo conhecimento.

AGRADECIMENTOS

Aos (as) Professores (as): Sérgio Médici de Eston; Maria Renata Machado Stelling; Felipe Baffi; Diego Diegues Francisca; Cristiane Queiroz; Antonio Vladimir Vieira; Irlon de Ângelo da Cunha; Alessandra Isabella Sampaio Martins; Robson Spinelli Gomes; Mario Luiz Fantazzini; Sergio Colacioppo; Sonia Regina Pereira de Souza; Ricardo da Costa Serrano; Felipe Thadeu Bonucci e a todos os colaboradores do Lacasemin Poli USP, pelos ensinamentos.

Aos amigos: Engenheiro de Segurança do Trabalho Wilson Scalfi Santos e ao Técnico de Segurança do Trabalho Mário Augusto Carvalhal, e a todos que colaboraram direta ou indiretamente, na execução deste trabalho.

O insucesso é apenas uma oportunidade para
recomeçar com mais inteligência.

(Henry Ford)

RESUMO

SANTOS, Carlos Eduardo. Avaliação da vibração de mãos e braços na operação de roçadeira. 2019. 75f. Monografia (Especialização em Higiene Ocupacional) – Programa de Educação Continuada, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2019.

O presente trabalho tem como objetivo, a avaliação quantitativa da vibração de mãos e braços na operação de roçadeira. Antes da realização da avaliação quantitativa, procedeu-se a Avaliação Preliminar da Exposição, de acordo com o anexo 1 da NR 9, visando reconhecimento do risco vibração. Para a realização da avaliação quantitativa da exposição à vibração de mãos e braços na operação de roçadeira, foi utilizado um medidor de vibração calibrado em um acelerômetro, o qual possui recurso para medição da vibração nos 3 eixos ortogonais (x, y, z), seguindo-se para a avaliação, as orientações da (ISO 5349 / 2001), e a metodologia da NHO 10 – Avaliação da Exposição Ocupacional a Vibrações em Mãos e Braços (2013). Foram realizada 2 avaliações quantitativas, sendo que cada uma com um ferramenta de corte diferente, com a participação de 2 operadores de roçadeiras distintos (GES - Grupo de Exposição Similar), e após a avaliação quantitativa, os resultados demonstraram que a exposição à vibração de mãos e braços na operação de roçadeira não excedem o limite de exposição ocupacional diária para a jornada de trabalho, onde não se caracteriza insalubridade porém, todos os resultado apresentaram resultados acima do NA, necessitando desta forma, medidas preventivas visando evitar que o limite de exposição seja ultrapassado. Seguindo-se as metodologias aplicáveis para a avaliação quantitativa, pode-se obter os resultados, os quais merecerão a aplicação das medidas preventivas em atendimento ao item 5.1 do anexo 1 da NR 09, onde desta forma o objetivo deste trabalho teve o objetivo alcançado.

Palavras-chave: Operação de roçadeira. Mãos e braços. Avaliação de vibração.

ABSTRACT

SANTOS, Carlos Eduardo. Evaluation of the vibration of hands and arms in the operation of the mower. 2019. 75f. Monograph (Specialization in Occupational Hygiene) – Program of Continuing Education, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2019.

The present work has as objective the quantitative evaluation of the vibration of the hands and arms in the brushcutter operation. Prior to the quantitative assessment, the Preliminary Exposure Assessment was carried out in accordance with Annex 1 of NR 9, aiming at recognizing the vibration risk. For the quantitative assessment of exposure to hand and arm vibration in the mowing operation, a vibration meter calibrated in an accelerometer was used, which has the capability to measure vibration in the 3 orthogonal axes (x, y, z), following for the assessment, the guidelines of (ISO 5349/2001), and the methodology of NHO 10 - Assessment of Occupational Exposure to Hand and Arm Vibration (2013). Two quantitative evaluations were performed, each with a different cutting tool, with the participation of two different brushcutters (GES - Similar Exposure Group), and after the quantitative evaluation, the results showed that the vibration exposure of hands and arms in the brushcutter operation do not exceed the daily occupational exposure limit for the working day, which is not characterized by unhealthiness, however, all results showed results above NA, thus requiring preventive measures to prevent the exposure limit. be exceeded. Following the applicable methodologies for the quantitative evaluation, the results can be obtained, which will deserve the application of the preventive measures in compliance with item 5.1 of annex 1 of NR 09, where thus the objective of this work had the objective achieved.

Keywords: Operation of mower. The hands and arms. Assessment of vibration.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Vaso constrição periférica.....	27
Figura 2 - Projeção dos vetores de força de tração, força de compressão e força musculares gerados pelas atividades com ferramentas pesadas e geradoras de vibração.....	30
Figura 3 - Amplitude de uma onda.....	31
Figura 4 - Frequência de oscilações.....	31
Figura 5 - Frequência de ressonância para segmento do corpo humano.....	32
Figura 6 - Sistema de coordenadas para vibração de mãos e braços.....	33
Figura 7 - Probabilidade em anos para o aparecimento da síndrome dos dedos brancos em função da aceleração ponderada para oito horas de trabalho.....	34
Figura 8 - Roçadeira manual a combustão e seus componentes.....	40
Figura 9 - Cabeçote / nylon de corte.....	41
Figura 10 - Lâmina de metal 305-2 especial.....	42
Figura 11 - Lâmina de metal 300-3.....	42
Figura 12 - Lâmina trituradora 2702.....	43
Figura 13 - Serra circular 200 standard.....	43
Figura 14 - Serra circular 200-22 especial.....	44
Figura 15 - Serra circular 225 especial.....	44
Figura 16 - Modelo de luva anti-vibração.....	47
Figura 17 - Hierarquia de controle de riscos.....	47
Figura 18 - Medidor de vibração 01dB modelo VIB-008.....	49
Figura 19 - Acelerômetro triaxial vibração 01 dB modelo 7133AM1 e adaptadores..	50

Figura 20 - Cabeçote / nylon de corte.....	52
Figura 21 - Lâmina de metal 305-2 especial.....	52
Figura 22 - Óleo lubrificante para roçadeira a combustão.....	53
Figura 23 - Localização do ambiente de realização do estudo.....	55
Figura 24 - Localização do acelerômetro na mão do empregado.....	59
Figura 25 - Operação da roçadeira com ferramenta de corte fio de nylon.....	59
Figura 26 - Operação da roçadeira com ferramenta de corte lâmina de duas Pontas.....	60
Figura 27 - Resultado de vibração da roçadeira com fio de nylon.....	61
Figura 28 - Resultado de vibração da roçadeira com lâmina de duas pontas.....	62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Normas regulamentadoras.....	21
Quadro 2 - Normas de higiene ocupacional.....	22
Quadro 3 - Relação entre unidades de aceleração m/s^2 e dB (decibel).....	32
Quadro 4 - Especificações técnicas da roçadeira Stihl modelo FS 220.....	51
Quadro 5 - Critérios de julgamento e tomada de decisão.....	63

LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS

A(8)	Aceleração Resultante de Exposição Normalizada – aren
ACGIH	<i>American Conference of Governmental Industrial Hygienists</i>
BEI	<i>Biological Expousure Indices</i>
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
dB	Decibel
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FUNDACENTRO	Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho
GES	Grupo de Exposição Similar
Hz	Hertz
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LT	Limite de Tolerância
NA	Nível de Ação
NHO	Norma de Higiene Ocupacional
NR	Norma Regulamentadora
OIT	Organização Internacional do Trabalho
VMB	Vibração de Mãos e Braços
VCI	Vibração de Corpo Inteiro
VDVR	Valor da Dose de Vibração Resultante
ARE	Aceleração Resultante da Exposição
PFF	Peça Semifacial Filtrante
PPRA	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
RMS	<i>Root mean square</i> ou raiz média quadrática

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	14
1.1.	OBJETIVO.....	15
1.2.	JUSTIFICATIVA.....	15
2.	REVISÃO DA LITERATURA.....	17
2.1.	HISTORIA DA HIGIENE OCUPACIONAL.....	17
2.1.1.	A higiene ocupacional no cenário brasileiro.....	20
2.1.2.	Etapas da higiene ocupacional.....	22
2.1.3.	Antecipação dos riscos.....	22
2.1.4.	Reconhecimento dos riscos.....	23
2.1.5.	Avaliação de riscos.....	24
2.1.6.	Controle dos riscos.....	25
2.2.	DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL A VIBRAÇÃO DE MÃOS E BRAÇOS.....	26
2.2.1.	Transtornos vasculares.....	27
2.2.2.	Transtornos neurológicos periféricos.....	28
2.2.3.	Transtornos os ossos e articulações.....	29
2.2.4.	Transtornos musculares.....	29
2.2.5.	Tipos de movimentos e a importância para a vibração.....	30
2.2.6.	Sistemas de coordenadas para vibração de mãos e braço.....	33
2.2.7.	Aceleração resultante da exposição parcial (arepi).....	35
2.2.8.	Aceleração resultante da exposição (are).....	35

2.2.9.	Aceleração resultante da exposição normalizada (aren).....	36
2.3.	INSALUBRIDADE POR EXPOSIÇÃO VIBRAÇÃO DE MÃOS E BRAÇOS.....	37
2.3.1.	Diretrizes para caracterização da insalubridade por vibração de mãos e braços.....	37
2.3.2.	Legislação previdenciária e aposentadoria especial quanto à vibração.....	38
2.4.	ROÇADEIRAS MANUAIS A COMBUSTÃO.....	39
2.5.	DA MEDIDA DE CONTROLE NO USUÁRIO PARA ATENUAÇÃO DA VIBRAÇÃO DE MÃOS E BRAÇOS.....	45
3.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	48
3.1.	MATERIAIS UTILIZADOS NA AVALIAÇÃO QUANTITATIVA.....	48
3.1.1.	Características do medidor de vibração.....	48
3.1.2.	Características do acelerômetro triaxial.....	49
3.1.3.	Características da roçadeira costal a combustão.....	50
3.1.4.	Características das ferramentas de corte.....	51
3.1.5.	Combustível para abastecimento e lubrificante.....	53
3.1.6.	Medida de controle pessoal.....	54
3.1.7.	Localização do ambiente de realização do estudo.....	54
3.1.8.	Normas referentes à vibração de mãos e braços em vigência.....	56
3.1.9.	Avaliação quantitativa.....	56
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	61
4.1.	RESULTADOS.....	61
4.1.1.	Análise e interpretação dos resultados.....	62

4.2.	DISCUSSÕES.....	63
4.2.1.	Existência de riscos adicionais na atividade.....	63
4.2.2.	Jornada de trabalho.....	64
4.2.3.	Número de amostras.....	64
4.3.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	65
5.	CONCLUSÃO.....	66
	REFERÊNCIAS.....	70
	ANEXOS.....	73

1. INTRODUÇÃO

Segundo Rocha e Bastos (2016), a vibração é qualquer movimento que o corpo executa em torno de um ponto fixo. Esse movimento pode ser regular, do tipo senoidal ou irregular, quando não segue nenhum movimento determinado, como no sacolejar de um carro andando em uma estrada de terra.

Por definição, o movimento não é constante e sim alternado entre maior e menor em relação a alguma média. A extensão dessa oscilação determina a magnitude da vibração e a taxa de repetição dos ciclos de oscilação determina a frequência da vibração.

Para Rocha e Bastos (2016) as atividades ocupacionais, onde são utilizadas ferramentas manuais, como por exemplo, roçadeira, existe uma exposição às vibrações mecânicas, as quais desencadeiam diversos efeitos adversos à saúde dos colaboradores. Vibrações em Mãos e Braços (VMB) são presentes nas atividades com ferramentas manuais vibratórias: martelos, britadores, rebiteadeiras, compactadores, politrizes, motosserras, lixadeiras e roçadeiras. Os efeitos decorrentes da exposição à VMB são denominados dentro da terminologia médica de Síndrome da Vibração em Mãos e Braços (SVMB) e refere-se ao conjunto de sintomas de ordem vascular, neurológica, osteoarticular, muscular entre outros. Vibrações de Corpo Inteiro (VCI) são as transmitidas ao corpo com o indivíduo na posição sentado (reclinado ou não), em pé ou deitado, presentes em atividades com máquinas pesadas: tratores; caminhões; máquinas de terraplanagem; grandes compressores; ônibus; aeronaves e outras.

Entre os principais efeitos da exposição ocupacional a VCI são citadas as lombalgias. No entanto, na literatura observa-se a possibilidade de ocorrência de outros efeitos para condições de exposição severas a esse agente. A avaliação da exposição ocupacional às vibrações mecânicas requer que a fase de reconhecimento do risco seja realizada de forma cuidadosa, mediante uma análise preliminar. A análise preliminar tem por objetivo reunir elementos que permitam enquadrar as situações analisadas em três distintas possibilidades, quais sejam: a) a convicção técnica de que as situações de exposição são aceitáveis, pressupondo-se

que estão abaixo do NA; b) a convicção técnica de que as situações de exposição são inaceitáveis, pressupondo-se que estão acima do limite de exposição; c) a incerteza quanto à aceitabilidade das situações de exposição analisadas. Quando, após a análise preliminar, permanecer a incerteza da aceitabilidade da condição de exposição analisada ou quando houver a necessidade de se dispor do valor da vibração, deve-se efetuar a avaliação quantitativa, sendo que os parâmetros utilizados para quantificação do agente são a Aceleração Resultante de Exposição Normalizada (aren) para VMB e VCI e o Valor de Dose de Vibração Resultante (VDVR) para VCI (USP, 2018).

1.1. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é a de avaliar quantitativamente a vibração em roçadeiras na operação de roçagem de vegetação, transmitida aos operadores na realização da atividade, de forma representativa, abrangendo aspectos organizacionais, sendo uma avaliação da componente de exposição onde o operador utiliza roçadeira com ferramenta de corte nylon durante toda sua jornada de trabalho, e uma avaliação da componente de exposição onde um operador utiliza roçadeira de corte lâmina de duas pontas durante toda sua jornada de trabalho.

1.2. JUSTIFICATIVA

A escolha do tema Avaliação da Vibração de Mãos e Braços na Operação de Roçadeira propõe a direcionar este estudo para a obtenção dos resultados dos níveis de intensidade da vibração transmitida aos operadores, na realização da roçagem de vegetação.

A NR 09 – PPRA – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais, em seu Anexo 1 (BRASIL, 2017), que trata sobre vibração, define os critérios para prevenção de doenças e distúrbios decorrentes da exposição ocupacional às Vibrações em Mãos e Braços – VMB e às Vibrações de Corpo Inteiro – VCI.

Os empregadores devem adotar medidas de prevenção e controle da exposição às vibrações mecânicas que possam afetar a segurança e a saúde dos trabalhadores, eliminando o risco ou, onde comprovadamente não houver tecnologia disponível, reduzindo-o aos menores níveis possíveis.

O Anexo 8 da NR 15 (BRASIL, 2018), que trata sobre vibração, estabelece critérios para a caracterização da condição de trabalho insalubre decorrente da exposição às Vibrações de Mãos e Braços (VMB) e Vibrações de Corpo Inteiro (VCI).

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 HISTÓRIA DA HIGIENE OCUPACIONAL

Para Rocha e Bastos (2016), a origem da palavra Higiene vem do grego *hygeinos*, que significa aquilo que é saudável e é derivada do nome da deusa grega Hígia que era a deusa da saúde, limpeza e sanidade, sendo considerada como a Deusa da Prevenção e da Continuação da Boa Saúde. Identificar a origem das práticas de higiene ocupacional é algo difícil, porém não impossível de se realizar.

Podem ser designados como fundadores da higiene ocupacional alguns críticos dos riscos ocupacionais e que propuseram medidas de controle para estes, como é o caso de Agrícola, que em 1556, descreveu a existência de doenças e acidentes associados ao processo de mineração e processo de fundição. Outra figura da história que merece relevância na identificação de problemas relacionados com as tarefas de trabalhos executados é Hippocrates, 460 a 370 a.C. Em suas escrituras estão inclusas as primeiras menções de doenças ocupacionais (envenenamento dos mineiros e metalúrgicos por exposição à chumbo) e ainda fez menções mas frequentes a esta classe de doenças do que as de qualquer outro autor antes de Ramazzini. Em 1713, Bernardino Ramazzini (3 de outubro de 1633 a 5 de novembro de 1714) publicou o primeiro livro considerado como um completo tratado sobre doenças ocupacionais, chamado de “*De Morbis Artificum Diatriba*”. Através de suas observações ele pode realizar de forma assertiva um detalhamento sobre as atividades executadas pelas ocupações estudadas, seus riscos relacionados e os tipos de doenças que eram provocadas. Ele estudou cerca de 50 ocupações, relacionando os riscos a saúde ocasionada por produtos químicos, poeiras, metais e outros agentes derivados das atividades executadas por estas ocupações. Ramazzini é considerado por muitos como o pai da medicina ocupacional, pois, desempenhou um papel fundamental em seu desenvolvimento. Trabalhou como professor de medicina na Universidade de Pádua, na Itália, desde 1700 a 1714, ano de sua morte. O reconhecimento do nexos causal entre riscos do ambiente de trabalho e as doenças foi à chave para o desenvolvimento das práticas de higiene ocupacional. (USP, 2018).

Segundo Rocha e Bastos (2016), até a metade do século XIX, a grande maioria dos higienistas ocupacionais eram médicos e não estavam interessados apenas nos diagnósticos e tratamento da doença, mas também, no controle dos riscos para prevenir “problemas futuros”. Esses médicos trabalhavam em conjunto com outros profissionais interessados em saúde pública e riscos ambientais, visando modificar os ambientes de trabalho com objetivo de prevenir doenças ocupacionais. As observações detalhadas de Hippocrates a Ramazzini e, se desenvolvendo de fato durante todo o século XX, mostram-nos que a relação entre trabalho executado e doença ocupacional são os pilares para a fundação da higiene ocupacional.

Rocha e Bastos (2016) ressaltam que o reconhecimento dos riscos sem que haja intervenção e controle, isto é, sem que haja a prevenção das doenças ocupacionais, não podem ser consideradas como praticas plenas de higiene ocupacional. Toda intervenção envolve um processo minucioso de estudos e detalhamentos dos processos produtivos, envolvendo com isso uma série de outros saberes para promover a prevenção dos trabalhadores às doenças ocupacionais.

O trabalho de Ramazzini foi tão importante e inédito que por mais de 100 anos sua filosofia foi seguida sem ter nenhum tipo de trabalho que pudesse se adicionado a sua literatura. Somente a partir do século XIX que dois médicos, Charles T. Thackrah na Inglaterra e Benjamin W. McCready nos Estados Unidos começaram o que pode ser chamado de “moderna” literatura para o reconhecimento de doenças ocupacionais. O livro de Benjamin W. McCready, denominado de: *On the Production of Disease*, é reconhecido como o primeiro trabalho sobre medicina ocupacional publicado nos Estados Unidos. Em 1830, Charles Thackrah lança o primeiro livro sobre doenças ocupacionais na Inglaterra. Suas observações sobre doenças e prevenção ajudam na criação de legislação ocupacional. A inspeção Médica e a compensação assistencial do Estado foram estabelecidas em 1897. A compensação assistencial do Estado, estipulada pela Inglaterra em 1897 e adotada pelos EUA entre 1902 a 1907, tinha como objetivo dar aos trabalhadores uma compensação financeira para complemento de renda, com intuito de pagar os tratamentos necessários para tratamento das doenças ocupacionais e acidentes causados pelas excessivas horas e cargas de trabalho exigidas pelo volume de produção das indústrias em pleno vapor no início da Revolução Industrial (USP, 2018).

Segundo Rocha e Bastos (2016), os mesmos relatam que em 1901 foi criado o *Factory Act* Britânico, que iniciou a regulamentação das ocupações perigosas, criando um ímpeto para investigação dos riscos nos locais de trabalho e fiscalização de medidas de controle. Em 1910, nos Estados Unidos, a Dr^a Alice Hamilton surgiu como pioneira no campo da doença ocupacional, marcando o início da prática da higiene no país. O trabalho da Dr^a Hamilton compreendia o reconhecimento da doença, avaliação e controle dos agentes causadores. Em 1919, após o Fim da I Guerra Mundial, através do Tratado de Versalhes, foi criada a OIT (Organização Internacional do Trabalho), com o objetivo de promover a justiça social e direitos humanos e de trabalho internacionalmente reconhecidos, prosseguindo a sua missão inicial de que a paz no trabalho é essencial para a prosperidade. Hoje, a OIT ajuda a avançar na criação de trabalho decente e as condições econômicas e de trabalho que dão aos trabalhadores e empresários uma participação e uma paz duradoura, com prosperidade e progresso. Sua estrutura tripartite proporciona uma plataforma única para a promoção do trabalho decente para todas as mulheres e homens. Seus principais objetivos são a promoção dos direitos no trabalho, incentivar oportunidades de emprego decente, melhorar a proteção social e reforçar o diálogo sobre questões relacionadas com trabalho.

Os Estados Unidos tiveram uma grande contribuição para o desenvolvimento da higiene e continua tendo, não só com progressos tecnológicos, mas também com atuação técnico-legal das organizações públicas, tais como OSHA e NIOSH. No início do século XIX, foi criado um estudo intenso e detalhado sobre os trabalhadores siderúrgicos americanos, que mostrou a incidência de câncer nos rins dos trabalhadores de coqueria. A denominação Coal Tar Pitch Volatiles (CTPV) foi criada por envolver o risco a ser controlado. O grande índice de mortalidade dos coqueiristas levou a criação de lei específica para fornos de coque.

Ainda segundo Rocha e Bastos (2016), o segundo maior estudo epidemiológico focou-se no amianto, cujas doenças começaram a ter um índice de crescimento a partir de 1906. Em 1938 a USPHS (United States Public Health Services), que mais tarde viria ser chamado de NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health), estudou trabalhadores de tecelagem de asbestos e recomendou um limite de tolerância para a indústria têxtil de 5 mppc, tendo como meio de amostragem no ambiente de trabalho o uso de impingers. Em 1939 forma-se a AIHA (American

Industrial Hygiene Association). A ASA (American Standards Association), hoje ANSI (American National Standard Institute) e a ACGIH preparam a primeira lista de “concentrações Máximas Permissíveis” (MACs: Maximum Allowable Concentrations) para substâncias químicas na indústria. De maneira geral, a Higiene Ocupacional está presente na vida das pessoas que realizam atividades de trabalho desde o início dos tempos.

2.1.1 A Higiene ocupacional no cenário brasileiro

No Brasil, no dia 1º de maio de 1943, por intermédio do Decreto-lei nº 5.542, Getúlio Vargas, criou a CLT - Consolidação das Leis do Trabalho (BRASIL, 1943) composta por oito capítulos que abrangem e especificam direitos dos trabalhadores brasileiros.

A CLT (BRASIL, 1943) é a base institucional e proteção dos direitos dos trabalhadores com o objetivo de manter suas garantias trabalhistas. Entretanto, os assuntos relacionados à saúde, segurança e higiene ocupacional começaram a ter maior importância a partir da década de 60, mais precisamente em 1966, quando a FUNDACENTRO foi criada. Sua criação aconteceu devido a grande preocupação do Governo e da Sociedade com os altos índices de acidentes e doenças do trabalho.

Segundo Rocha e Bastos (2016), no início da década de 60, o Governo Brasileiro iniciou parcerias de gestão com a OIT, com a finalidade de promover estudos e avaliações de problemas, apontando soluções que pudessem alterar o preocupante quadro que se apresentava a época. Com o objetivo de ampliar ainda mais as ações do Governo no combate aos acidentes e doenças ocupacionais foi criada a Lei nº 6.514, de 22 de dezembro de 1977. Esta lei altera o capítulo V, do Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativo à Segurança e Medicina do Trabalho.

A portaria nº 3.214, de 08 de junho de 1978, aprova as Normas Regulamentadoras – NRs, do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas à Segurança e Medicina do Trabalho.

Para Rocha e Bastos (2016), as Normas Regulamentadoras são as que norteiam o governo, empresa e sociedade em relação aos assuntos pertinentes a Segurança e Medicina do Trabalho.

No Quando 1 - Normas regulamentadoras estão contidas algumas das Normas Regulamentadoras – NRs mais relevantes

Quadro 1 – Normas regulamentadoras

NR	Definição
04	Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho
05	Comissão Interna de Prevenção de Acidentes
06	Equipamento de Proteção Individual - EPI
07	Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional
09	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
10	Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade
11	Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais
12	Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos
13	Caldeiras, Vasos de Pressão e Tubulações e Tanques Metálicos de Armazenamento
15	Atividades e Operações Insalubres
16	Atividades e Operações Perigosas
17	Ergonomia
18	Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção
19	Explosivos
20	Segurança e Saúde no Trabalho com Inflamáveis e Combustíveis
22	Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração
23	Proteção Contra Incêndios
33	Segurança e Saúde nos Trabalhos em Espaços Confinados
35	Trabalho em Altura
36	Segurança e Saúde no Trabalho em Empresas de Abate e Processamento de Carnes e Derivados
37	Segurança e Saúde em Plataformas de Petróleo

Fonte: ARQUIVO PESSOAL (2018)

Rocha e Bastos (2016) comentam que em complemento técnico as Normas Regulamentadoras, a FUNDACENTRO (órgão técnico do Ministério do Trabalho e Emprego) tem a disposição as NHOs (Normas de Higiene Ocupacional) que dão subsídios técnicos aos profissionais de Higiene Ocupacional para ter as diretrizes para a realização adequada da aplicação técnica necessária para os monitoramentos ambientais, tratamentos de resultados e propostas de medidas de controle.

No Quando 2 - Normas de higiene ocupacional estão contidas a relação de todas as Normas de Higiene Ocupacional da FUNDACENTRO.

Quadro 2 – Normas de higiene ocupacional

NHO	Definição
01	Procedimento Técnico - Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído
02	Análise Qualitativa da Fração Volátil em colas, tintas e Vernizes
03	Método de Ensaio: Análise Gravimétrica de Aerodispersóides Sólidos Coletados Sobre Filtro e Membrana
04	Método de Coleta e a Análise de Fibras em Locais de Trabalho
05	Procedimento Técnico: Avaliação da Exposição Ocupacional aos Raios X nos Serviços de Radiologia
06	Procedimento Técnico: Avaliação da Exposição Ocupacional ao Calor
07	Calibração de Bombas de Amostragem Individual pelo Método de Bolha de Sabão
08	Coleta de Material Particulado Sólido Suspenso no Ar de Ambientes de Trabalho.
09	Procedimento Técnico: Avaliação da Exposição Ocupacional a Vibrações de Corpo Inteiro
10	Procedimento Técnico: Avaliação da Exposição Ocupacional a Vibrações de Mãos e Braços
11	Procedimento Técnico: Avaliação dos Níveis de Iluminamento em Ambientes Internos de Trabalho

Fonte: ARQUIVO PESSOAL (2018)

2.1.2 Etapas da higiene ocupacional

Rocha e Bastos (2016) descreve que o Higienista Ocupacional deve ter em mente que é necessário a realização de procedimentos básicos para definir a exposição de pessoas a agentes ambientais, para isso necessita recorrer às múltiplas ciências, tecnologias e especialidades para a realização do detalhamento dos aspectos básicos que consistem em antecipar, reconhecer, avaliar e controlar.

2.1.3 Antecipação dos riscos

Para Rocha e Bastos (2016), antecipação dos riscos é a verificação dos ambientes de trabalho com objetivo de implementar medidas de controle nas fases de projeto, instalação, ampliação, modificação ou substituição de máquinas, materiais, equipamentos ou processos, ou ainda com acréscimo de novas instalações. Para

que isso aconteça, é necessário que se tenha um trabalho com equipes de projeto, visando a detecção precoce de fatores de risco ligados a agentes ambientais, adotando opções de projeto que favoreçam a sua eliminação ou controle. Os referidos agentes de riscos podem ser eliminados através de consenso com a mudança de processos ou substâncias menos agressivas que deverão se usadas e na ausência desta possibilidade, poderão ser elaborados junto com a operação, práticas de gestão, padrões de processo e/ou instruções operacionais.

Segundo Rocha e Bastos (2016) estas medidas visam à identificação precoce do risco e padronização dos trabalhos, para que sejam diminuídas ou eliminadas as possibilidades de exposição. As práticas de gestão deverão ser elaboradas para padronizar todas as atividades em um caráter geral. Os padrões de processo e as instruções operacionais devem identificar todas as etapas das atividades corriqueiras, identificando os riscos em cada etapa e propondo melhorias e/ou controles para eliminação, neutralização ou diminuição dos riscos. Uma forma interessante de realizar a antecipação dos riscos é a criação de políticas normativas que sejam de caráter preventivo para evitar a exposição inadvertida a agentes ambientais causadas pela má seleção de produtos ou substâncias, materiais e equipamentos, para compradores, projetistas, engenheiros e contratadores de serviços. Segundo Rocha e Bastos (2016), um bom exemplo é um dispositivo para espantar roedores de galerias de cabos elétricos que para este fim parece ser ótimo, mas é necessário saber que é um emissor de ultrassom e deve se ter um estudo adequado para saber se isto não poderá vir a ser um risco para a saúde do trabalhador. O objetivo é a identificação dos riscos potenciais e a introdução das medidas de controle necessárias, antecipando-se a exposição ao risco ambiental.

2.1.4 Reconhecimento dos riscos

Segundo Rocha e Bastos (2016) a fase de reconhecimento dos riscos é a mais importante da caracterização de higiene ocupacional, pois, necessita de um estudo detalhado dos processos, atividades, operações associadas e processos auxiliares e que não deve ser feito apenas baseado nas informações prestadas pela empresa, mas também tendo conhecimento de informações presentes em literaturas técnicas

que tratem sobre os assuntos estudados, direcionando o foco dos dados para a área ocupacional. Isso se mostra importante pelo fato de que os profissionais envolvidos no processo podem desconhecer os riscos ambientais e outros fatores estressores que possam estar gerando no momento de suas atividades, sendo de suma importância, que o Higienista Ocupacional faça diligências e observe cada detalhe do processo do local de trabalho estudado, tendo olhar crítico sobre tudo o que está sendo mostrado principalmente para o que não está identificando os riscos ambientais que influenciam ou podem influenciar na saúde dos colaboradores e impactar na produtividade. É essencial uma verificação das matérias-primas utilizadas, dos produtos e subprodutos, processos, sistemas, instalações e equipamentos existentes.

Em suma, de acordo com Rocha e Bastos (2016), é a realização da avaliação qualitativa do ambiente de trabalho, onde é necessário ter de forma detalhada os descritivos das atividades estudadas, o descritivo das funções, dos processos de trabalho, bem como o início da composição detalhada dos GES - Grupos de Exposição Similar.

2.1.5 Avaliação de riscos

Para Rocha e Bastos (2016), o processo de avaliação é caracterizado como julgamento necessário para a determinação da exposição de um indivíduo a um determinado agente ambiental ou fator estressor. Onde de forma mais abrangente, pode se dizer que avaliar é emitir um juízo de tolerabilidade sobre a exposição, sendo esta emissão dada pela comparação da informação de exposição ambiental com um critério adequado. Este critério se denomina segundo Rocha e Bastos (2016), como limite de tolerância ou limite de exposição. É importante ressaltar que avaliar um risco é diferente de medir a concentração ou intensidade do mesmo, envolve o exame e o julgamento da magnitude, grau e extensão dos riscos com a finalidade de formular as recomendações. Ainda segundo Rocha e Bastos (2016), este processo é visto dentro da Estratégia de Amostragem, que consiste no planejamento detalhado das amostras, envolvendo critérios de avaliação qualitativa e quantitativa, onde nesta fase de avaliação, é primordial caracterizar, através de

metodologias técnicas a exposição de trabalhadores aos agentes de riscos, considerando-se os limites de tolerância e o tempo de exposição. A avaliação quantitativa dos riscos ambientais, por meio de medições de curto ou longo prazo nos locais de trabalho e a verificação com os limites de tolerância da legislação brasileira e quando essa é omissa com os parâmetros internacionais se faz necessária quando na fase de reconhecimento é verificada alguma situação que seja relevante para a realização do monitoramento e posterior controle.

De acordo com Rocha e Bastos (2016), quando não existir a aplicação dos métodos quantitativos, seja por curtos períodos de exposição, seja por falta de informações sobre determinado agente, tornam-se por base avaliações qualitativas, que é um processo de análise detalhada dos processos, atividades e riscos ambientais envolvidos.

2.1.6 Controle dos riscos

Para Rocha e Bastos (2016), o controle dos riscos é definido de acordo com os recursos técnicos e financeiro da organização, recomendando-se sempre e possível, o controle de engenharia na fonte do risco e quando isso não é possível, o controle deve ser no meio de propagação do risco e na impossibilidade dessa implantação, o ultimo caso de ação de controle deverá ser no trabalhador. O qual envolve a adoção de medidas necessárias e suficientes para a eliminação, neutralização ou redução dos riscos ambientais. Sendo que as medidas preventivas serão obrigatórias sempre que for atingido o NA, incluindo o monitoramento periódico, informações aos trabalhadores e controle médico.

2.2 DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL A VIBRAÇÃO DE MÃOS E BRAÇOS

Segundo Rocha e Bastos (2016), a vibração é qualquer movimento que o corpo executa em torno de um ponto fixo. Esse movimento pode ser regular, do tipo senoidal ou irregular, quando não segue nenhum movimento determinado, como no sacolejar de um carro andando em uma estrada de terra. Por definição, o movimento não é constante e sim alternado entre maior e menor em relação a alguma média. A extensão dessa oscilação determina a magnitude da vibração e a taxa de repetição dos ciclos de oscilação determina a frequência da vibração.

De acordo com Rocha e Bastos (2016) a expressão síndrome de vibrações de braços e mãos é utilizada como referência aos sintomas associados à exposição às vibrações que são transmitidas as mãos, sendo as mais comuns:

- Transtornos vasculares;
- Transtornos neurológicos periféricos;
- Transtornos nos ossos e articulações;
- Transtornos musculares;
- Outros tipos de transtornos.

Na opinião de Rocha e Bastos (2016), as atividades de condução de motocicleta ou a utilização de ferramentas vibratórias de uso doméstico, podem expor as mãos de forma esporádica a vibrações de grandes amplitudes, porém somente as exposições diárias e por um longo período de tempo é que poderiam provocar problemas à saúde. Os fatores potencialmente relacionados com os efeitos lesivos das exposições às vibrações transmitidas às mãos são:

- Características da vibração (magnitude; frequência e direção);
- Ferramentas e processos (desenho da ferramenta; tipo de ferramenta; condições gerais da ferramenta; formas de manuseio e tipo de material que se trabalha);
- Condições da exposição (duração, formas de exposição e duração da exposição acumulada);

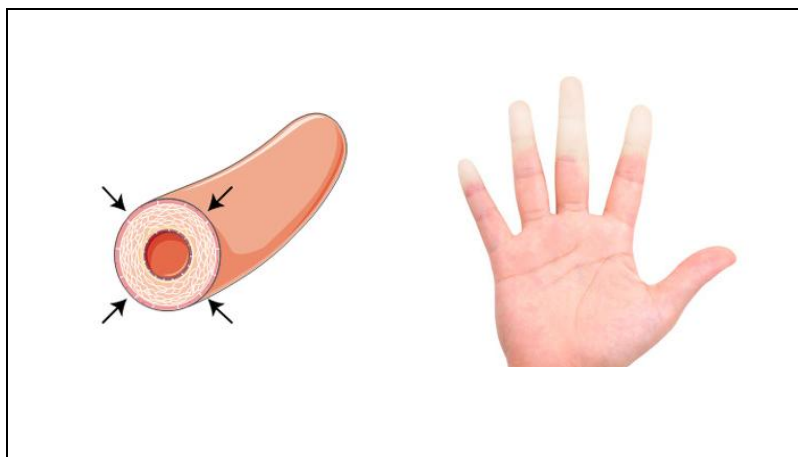
- Condições ambientais (temperatura ambiente; fluxo de ar; umidade relativa; ruído; resposta dinâmica do sistema dedo-mão-braços; impedância mecânica; transmissibilidade da vibração e energia absorvida);
- Características individuais (método de trabalho; força de preensão; força para empurrar; postura das mãos e braços; posição do corpo; condições de saúde; destreza na execução das tarefas e frequência de execução de tarefas).

Para Rocha e Bastos (2016), a exposição às vibrações localizadas, em especial da mão, podem desencadear uma série de transtornos, que vão desde disfunção vasculares à distúrbios musculoesqueléticos, de forma que serão listados a seguir de maneira mais ampla.

2.2.1 Transtornos vasculares

Segundo Rocha e Bastos (2016), as exposições às vibrações localizadas das mãos podem desencadear vaso espasmos, que reduzem o diâmetro das artérias até a completa obstrução, impedindo o fluxo sanguíneo para as áreas supridas por estes vasos, com visível branqueamento destas regiões, conforme demonstrado abaixo na figura 1.

Figura 1 – Vasoconstrição periférica



Fonte: ROCHA e BASTOS (2016)

De acordo com Rocha e Bastos (2016), no ano de 1911, um médico italiano chamado Giovanni Loriga comunicou pela primeira vez que os trabalhadores que utilizavam marteletes pneumáticos para quebrar blocos de mármore e pedras em algumas marmorarias de Roma, sofriam ataques de branqueamento de dedos semelhantes às respostas vasoespáticas causadas pelo frio ou por estresse emocional que foram sintomas que foram descritos pela primeira vez em 1862, pelo médico Frances Maurice Raynaud. Em 1918, nos EUA, a Dr^a Alice Hamilton realizou estudos e observações das atividades dos cortadores de pedra aonde constatou os mesmos sintomas já descritos. Ainda segundo Rocha e Bastos (2016), a caracterização clínica da síndrome dos dedos brancos pela exposição à vibração localizada, se dá pela constatação de dedos brancos e pálidos, devido à vasoconstrição periférica das artérias dos dedos. Os ataques podem ser potencializados pelo frio, e dura de 5 a 30 minutos, mais isso depende de cada indivíduo, e durante um ataque pode se sentir a perda completa do tato. A recuperação pode ser realizada de forma mais acelerada com massagens locais e pelo calor da região atingida, porém podem aparecer vermelhidões dos dedos afetados em função de um aumento reativo de fluxo sanguíneo na região vascular.

2.2.2 Transtornos neurológicos periféricos

Segundo Rocha e Bastos (2016), os trabalhadores que utilizam ferramentas vibratórias podem sofrer sintomas de formigamento e adormecimento dos dedos e das mãos, de acordo com a magnitude das ferramentas e do tempo de exposição, onde esses sintomas tendem a aumentar. De forma que, se a exposição a estas vibrações for contínua, estes sintomas tende a piorar e podem interferir na capacidade de trabalho e nas atividades do dia a dia. Ainda segundo Rocha e Bastos (2016), a exposição contínua às vibrações não somente podem diminuir a percepção dos receptores da pele e também induzir alterações patológicas nos nervos dos dedos, podendo ainda causar fibrose e perda de fibras da região atingida.

2.2.3 Transtornos nos ossos e articulações

De acordo com Rocha e Bastos (2016), as atividades que exigem um esforço físico intenso com uma força de preensão elevada e outros fatores biomecânicos podem ser as maiores causas de aparição de lesões esqueléticas encontradas em trabalhadores que fazem utilização de ferramentas vibratórias.

As dores, inchações, a rigidez e deformidades das articulações podem ser vistos em resultados radiológicos que podem mostrar a degeneração óssea e das articulações.

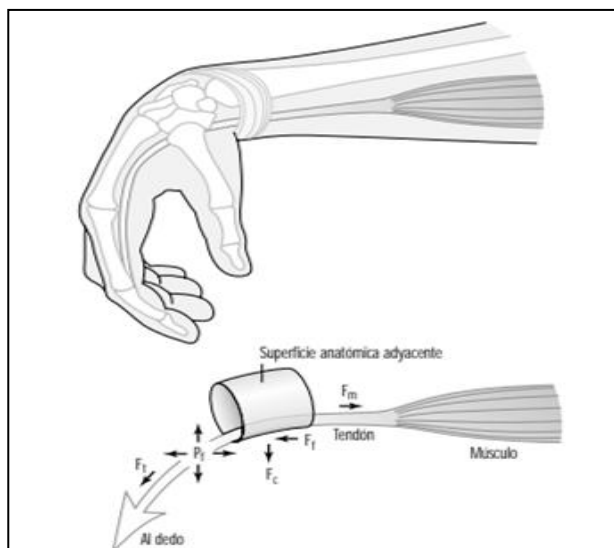
2.2.4 Transtornos musculares

Segundo Rocha e Bastos (2016) os trabalhadores expostos às vibrações utilizando ferramentas manuais, e que realizam atividades consideradas de esforço físico intenso e repetitivo, fazem com que haja queixas de fadiga muscular, de forma que dependendo da situação podem causar incapacidade funcional e diminuição da força de preensão das mãos.

Outros fatores relacionados com as atividades utilizando ferramentas manuais e movimentos repetitivos associados com a exposição a vibrações podem vir a causar tendinites e tenossinovites das extremidades superiores.

Para Rocha e Bastos (2016), estes fatores podem causar estresse sobre os tendões dos punhos em função da força de tração (F_t), força de compressão (F_c), força de fricção (F_r) e pela pressão hidrostática do líquido interno, conforme demonstrado na figura 2, e estes estresses podem causar uma enfermidade denominada de Síndrome do Túnel do Carpo.

Figura 2 – Projeção dos vetores de força de tração, força de compressão e força musculares gerados pelas atividades com ferramentas pesadas e geradoras de vibração



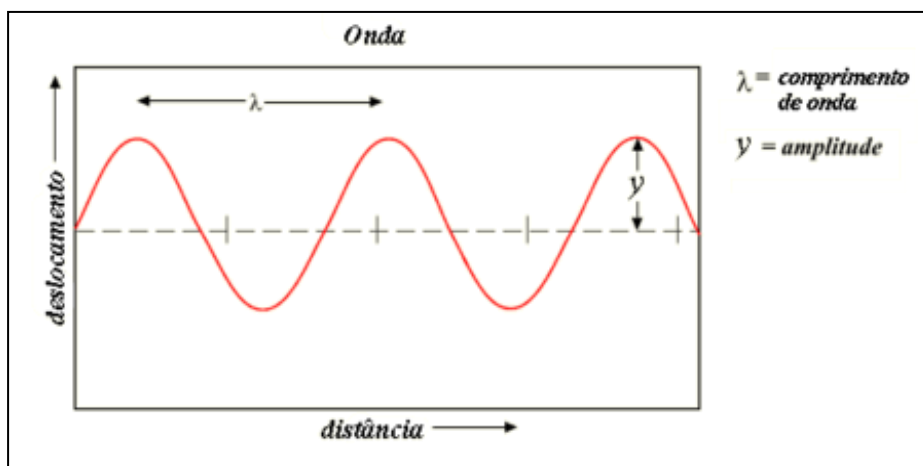
Fonte: ENCICLOPÉDIA DA OIT (1998)

2.2.5 Tipos de movimentos e a importância para a vibração

Rocha e Bastos (2016) mencionam que quando um corpo está em deslocamento, existem duas formas de este movimento acontecer: translação e rotação. A translação é o movimento que um objeto realiza de um ponto ao outro. É o deslocamento em linha reta de um objeto ou figura, em função de um vetor. A rotação é o movimento giratório que o corpo realiza ao redor de seu eixo. Em vibração ocupacional, é importante ter atenção para a vibração translacional que terá a aceleração como a mudança no movimento da translação, sendo medido em m/s^2 . A vibração rotacional terá a aceleração como a mudança no movimento da rotação, sendo medido em rad/s^2 . Mas para que este movimento seja considerado nocivo à saúde é necessário que haja três itens, amplitude, frequência e intensidade.

A amplitude é uma medida escalar negativa e positiva da magnitude de oscilação de uma onda.

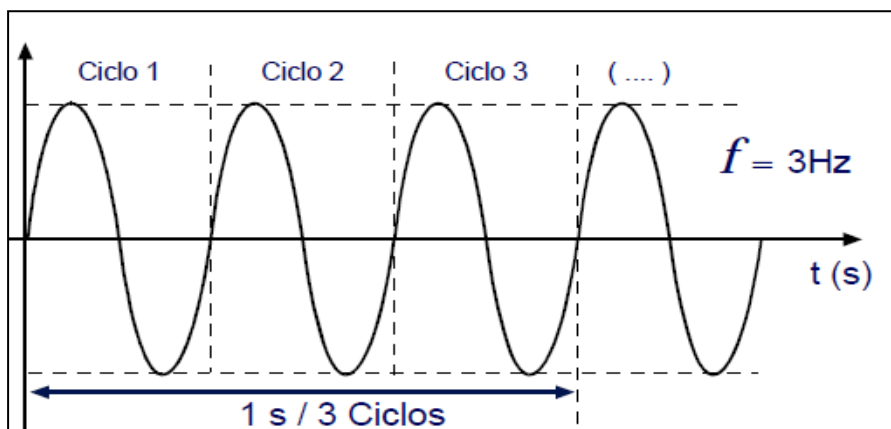
Figura 3 – Amplitude de uma onda



Fonte: WIKIPÉDIA – GREF - GRUPO DE RELABORAÇÃO DO ESTUDO DA FÍSICA (2000).

A frequência representa o número completo de ciclos de oscilações que um corpo faz em 1 segundo.

Figura 4 – Frequência de oscilações



Fonte: PORTAL ACÚSTICA (2018).

Rocha e Bastos (2016) descrevem que em física, a intensidade de uma fonte mede a variação do fluxo de energia no tempo, basicamente quanto maior a intensidade maior o fluxo de energia pelo espaço. O parâmetro de maior interesse para utilização na área de higiene ocupacional é a aceleração que pode ser quantificada

pelo método de nível de vibração da raiz média quadrática (R.M.S), que demonstra o resultado da sensação que o corpo terá à uma determinada vibração que se expõe em razão da menor intensidade vibratória que pode-se sentir, chamada de aceleração referência. Alguns equipamentos de medição de vibração possuem como referência a medida de conversão de um valor dado em dB (decibel) para o nível de aceleração.

O quadro 2 apresenta algumas relações entre as unidade aceleração m/s^2 e dB (decibel).

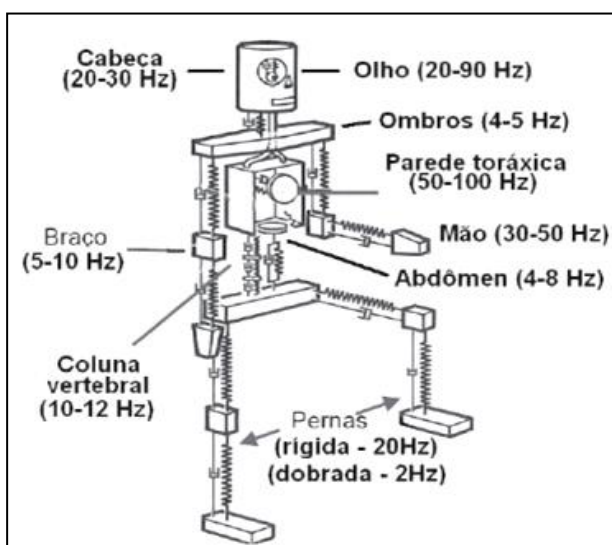
Quadro 3 – Relação entre unidades de aceleração m/s^2 e dB (decibel)

Unidade de Aceleração (m/s^2)	Unidade de Aceleração dB (Decibel)
1,1	120,8
2,0	126
5,0	133,9

Fonte: ARQUIVO PESSOAL (2018)

A figura 5 apresenta as principais frequências de ressonância para segmentos do corpo humano, representado por um sistema massa – mola – amortecedor, sendo os seguintes segmentos corporais: cabeça, olho, ombros, parede torácica, braço, mão, abdômen, coluna vertebral e pernas.

Figura 5 – Frequência de ressonância para segmentos do corpo humano

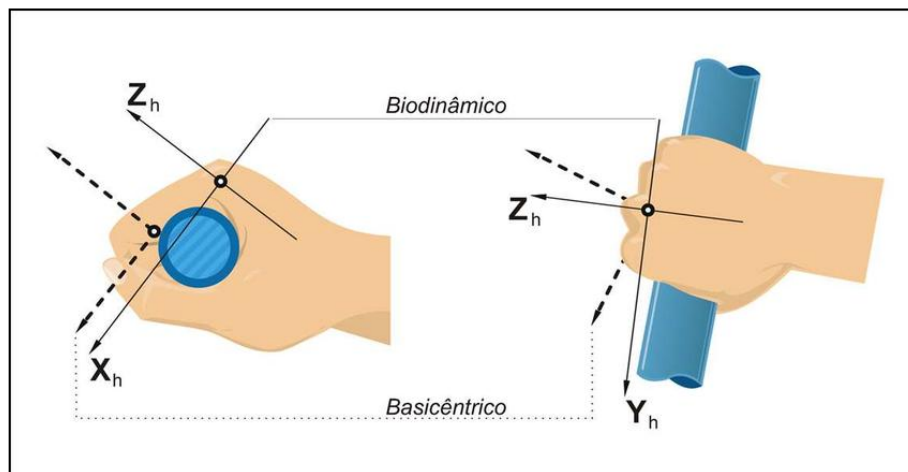


Fonte: BRUEL E KJAER (1989)

2.2.6 Sistemas de coordenadas para vibração de mãos e braço

Para Rocha e Bastos (2016) as exposições às vibrações de mãos e braços, a origem do sistema de coordenadas biodinâmico está no terceiro metacarpo. O eixo z é definido como eixo longitudinal do terceiro metacarpo da mão e é orientado positivamente para a extremidade do dedo. O eixo x passa através da origem e é perpendicular ao eixo z e tem direção para frente quando a mão está na posição anatômica normal. O eixo y é perpendicular aos outros dois eixos, e possui direção para a extremidade do quinto dedo (polegar). O sistema basicêntrico é um sistema que demonstra a rotação dos eixos do plano “ y ” para o plano “ z ”, onde o eixo “ y ” é paralelo ao eixo do punho. A figura 6 demonstra o sistema de coordenadas biodinâmico e basicêntrico para exposições às vibrações de mãos e braços, de acordo com as definições da ISO 5349-1 2001 e NHO 10.

Figura 6 – Sistema de coordenadas para vibração de mãos e braços



Fonte: ISO 5349 -1 (2001)

A medição da exposição a vibrações de mãos e braços é realizada conforme procedimentos e instruções especificadas pela norma ISO 5349 – 2001 e NHO – 10, (BRASIL, 2013).

O método de amostragem para a avaliação é através do sistema composto por sensor de vibração (acelerômetro), amplificador e um integrador ou diferenciador

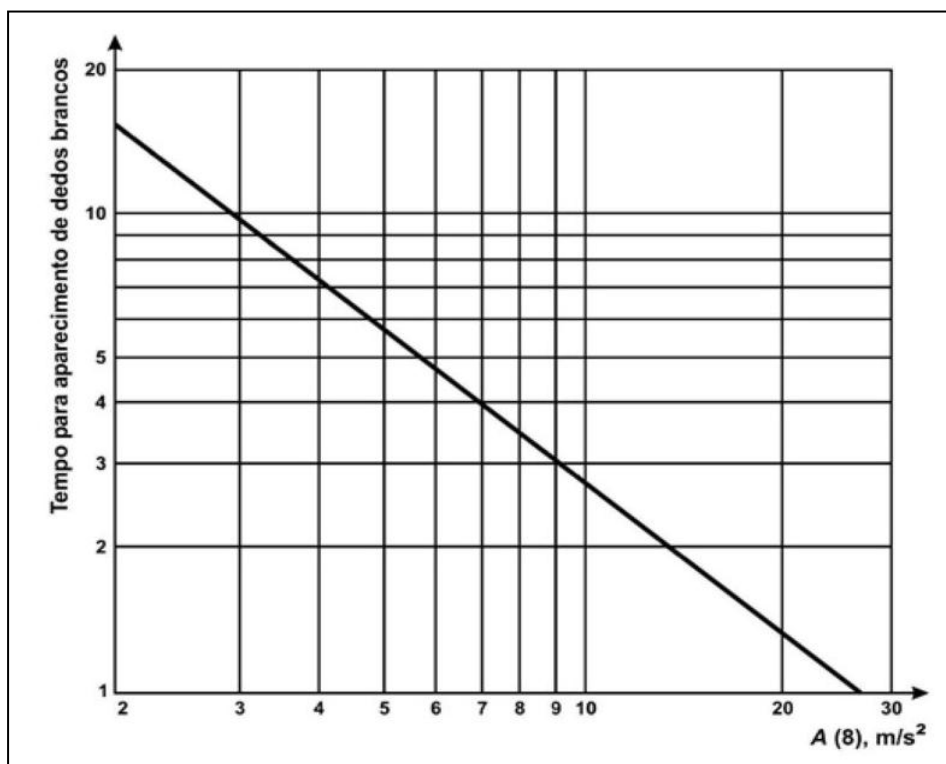
que permite a transformação da medida em sinal elétrico. O sistema ainda pode ser dotado de filtro de bandas para selecionar frequências específicas.

Segundo Rocha e Bastos (2016), a aceleração será determinada em três direções mutuamente ortogonais, definida pelo sistema de coordena com sua origem no centro do tronco. A avaliação da vibração será feita para cada direção (X, Y, Z) expressa em raiz média quadrática (RMS), integrando linearmente as vibrações de duração extremamente curtas ou que variam substancialmente no tempo. O acelerômetro converte movimento vibratório em sinal elétrico.

A ACGIH (2018), em seu anexo de TLVs para agentes físicos, traz uma referencia de limites de tolerância para vibrações de mãos e braços.

A ISO 5349 – 2001 apresenta um modelo de predição, em anos, para o aparecimento de dedos brancos em 10% da população exposta, tendo em vista uma aceleração ponderada global para uma jornada diária de oito horas, de acordo com a figura 7.

Figura 7 – Probabilidade em anos para o aparecimento da síndrome dos dedos brancos em função da aceleração ponderada para oito horas de trabalho



Fonte: ISO 5349 -1 (2001)

2.2.7 Aceleração resultante da exposição parcial (*arep_i*)

Corresponde à aceleração média resultante representativa da exposição ocupacional relativa à componente de exposição “i”, ocorrida em uma parcela de tempo da jornada diária, considerando os três eixos ortogonais, (BRASIL, 2013).

Este parâmetro poderá ser resultado de uma média aritmética das acelerações médias resultantes (*amr_{ik}*), obtidas cada vez que a componente de exposição é repetida, ou poderá ser obtidas pela raiz quadrada da soma dos quadrados das acelerações médias de exposição parcial (*amep_{ij}*) medidas segundo os três eixos ortogonais “x”, “y” e “z”, conforme eq. (1) e eq. (2) que seguem, (BRASIL, 2013):

$$arep_i = \frac{1}{s} \sum_{k=1}^s amr_{ik} \quad [m / s^2] \quad (1)$$

ou

$$arep_i = \sqrt{amep_{ix}^2 + amep_{iy}^2 + amep_{iz}^2} \quad [m / s^2] \quad (2)$$

sendo:

amep_{ij} = aceleração média de exposição parcial, sendo “j” igual a “x”, “y” ou “z”;

amr_{ik} = aceleração média resultante relativa à késima amostra selecionada dentre as repetições da componente de exposição “i”;

s = número de amostras da componente de exposição “i” que foram mensuradas.

2.2.8 Aceleração resultante da exposição (*are*)

Corresponde à aceleração média resultante representativa da exposição ocupacional diária, considerando os três eixos ortogonais e as diversas

componentes de exposição identificadas, definida pela eq. (3) que segue, (BRASIL, 2013):

$$are = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=1}^m n_i arep_i^2 T_i} \quad [m/s^2] \quad (3)$$

Sendo:

arepi = aceleração resultante de exposição parcial;

ni = número de repetições da componente de exposição “i” ao longo da jornada de trabalho;

Ti = tempo de duração da componente de exposição “i”;

m = número de componentes de exposição que compõem a exposição diária;

T = tempo de duração da jornada diária de trabalho.

2.2.9 Aceleração resultante da exposição normalizada (aren)

Corresponde à aceleração resultante de exposição (are) convertida para uma jornada diária padrão de 8 horas, determinada pela eq. (4), (BRASIL, 2013):

$$aren = are \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad [m/s^2] \quad (4)$$

Sendo:

are = aceleração resultante de exposição;

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

T₀ = 8 horas ou 480 minutos.

2.3 INSALUBRIDADE POR EXPOSIÇÃO VIBRAÇÃO DE MÃOS E BRAÇOS

2.3.1 Diretrizes para caracterização da insalubridade por vibração de mãos e braços

O anexo 8 da NR 15 (BRASIL, 2018) estabelece critérios para caracterização da condição de trabalho insalubre decorrente da exposição às vibrações de mãos e braços (VMB) e de vibrações de corpo inteiro (VCI).

De acordo com o anexo 8 da NR 15 (BRASIL, 2018), caracteriza-se a condição insalubre caso seja superado o limite de exposição ocupacional diária a VMB correspondente a um valor de aceleração resultante de exposição normalizada (aren) de 5 m/s², sendo caracterizada como insalubre em grau médio, com pagamento adicional no valor de 20% sobre o salário mínimo da região. A avaliação quantitativa de vibração de mãos e braços (VMB) deve ser representativa da exposição, abrangendo aspectos organizacionais e ambientais que envolvam o trabalhador no exercício de suas funções.

Ainda de acordo com o item 2.5 do anexo 8 da NR 15 (BRASIL, 2018), a caracterização da exposição deve ser objeto de laudo técnico que contemple, no mínimo, os seguintes itens:

- a) Objetivo e datas em que foram desenvolvidos os procedimentos;
- b) Descrição e resultado da avaliação preliminar da exposição, realizada de acordo com o item 3 do Anexo 1 da NR-9 do Ministério do Trabalho e Emprego.
- c) Metodologia e critérios empregados, inclusas a caracterização da exposição e representatividade da amostragem;
- d) Instrumentais utilizados, bem como o registro dos certificados de calibração;
- e) Dados obtidos e respectiva interpretação;
- f) Circunstâncias específicas que envolveram a avaliação;
- g) Descrição das medidas preventivas e corretivas eventualmente existentes e indicação das necessárias, bem como a comprovação de sua eficácia;
- h) Conclusão.

2.3.2 Legislação previdenciária e aposentadoria especial quanto à vibração

De acordo com o Decreto 3.048 (BRASIL, 1999), em seu anexo II, referente ao Regulamento da Previdência Social, no que tange aos agentes patogênicos causadores de doenças profissionais ou do trabalho, conforme previsto no art. 20 da Lei 8.213 (BRASIL, 1991), quanto ao agente de risco vibrações, este se caracteriza como afecções dos músculos, tendões, ossos, articulações, vasos sanguíneos periféricos ou dos nervos periférico.

Quanto aos trabalhos que contém o referido risco, eles podem ser encontrados em indústrias metalúrgicas, construção naval e automobilística, mineração, agricultura (motosserras), instrumentos pneumáticos, ferramentas vibratórias, elétricas e manuais.

Com relação às doenças que são desencadeadas pelo agente de risco vibrações relacionadas na lista A do referido decreto e a CID – Classificação Internacional de Doenças respectivas:

1. Síndrome de Raynaud (I73.0).
2. Acrocianose e Acroparestesia (I73.8).
3. Outros transtornos articulares não classificados em outra parte: Dor Articular (M25.5).
4. Síndrome Cervicobraquial (M53.1).
5. Fibromatose da Fascia Palmar: "Contratura ou Moléstia de Dupuytren" (M72.0).
6. Lesões do Ombro (M75.-): Capsulite Adesiva do Ombro (Ombro Congelado, Periartrite do Ombro) (M75.0); Síndrome do Manguito Rotatório ou Síndrome do Supraespinhoso (M75.1); Tendinite Bicipital (M75.2); Tendinite Calcificante do Ombro (M75.3); Bursite do Ombro (M75.5); Outras Lesões do Ombro (M75.8); Lesões do Ombro, não especificadas (M75.9).
7. Outras entesopatias (M77.-): Epicondilite Medial (M77.0); Epicondilite lateral ("Cotovelo de Tenista"); Mialgia (M79.1).
8. Outros transtornos especificados dos tecidos moles (M79.8).

9. Osteonecrose (M87.-): Osteonecrose Devida a Drogas (M87.1); Outras Osteonecroses Secundárias (M87.3).
10. Doença de Kienböck do Adulto (Osteo-condrose do Adulto do Semilunar do Carpo) (M93.1) e outras Osteocondro-patias especificadas (M93.8).

O anexo IV do referido decreto, trata sobre a classificação dos agentes nocivos, onde o agente de risco vibração possui o código 2.0.2 (trabalhos com perfuratrizes e martelotes pneumáticos) e o tempo de exposição para fins de aposentadoria especial, é de 25 anos.

De acordo com a Lei 8.213 (BRASIL, 1991), que trata sobre os planos de benefícios da Previdência Social, em seu art. 58, parágrafo 1º, diz que a comprovação da efetiva exposição do segurado aos agentes nocivos será feita mediante formulário, na forma estabelecida pelo Instituto Nacional do Seguro Social - INSS, emitido pela empresa ou seu preposto, com base em laudo técnico de condições ambientais do trabalho expedido por médico do trabalho ou engenheiro de segurança do trabalho nos termos da legislação trabalhista.

No parágrafo 2º da Lei 8.213 (BRASIL, 1991) é citado que no laudo técnico referido deverá constar informação sobre a existência de tecnologia de proteção coletiva ou individual que diminua a intensidade do agente agressivo a limites de tolerância e recomendação sobre a sua adoção pelo estabelecimento respectivo.

2.4 ROÇADEIRAS MANUAIS A COMBUSTÃO

De acordo com a fabricante de roçadeiras Stihl (2018), roçadeiras manuais a combustão, são movidas pelo combustível denominado gasolina, e a esta, é inserido óleo para motores de 2 tempos, sendo que a cada 1 litro de gasolina mistura-se 20 ml de óleo de 2 tempos. A gasolina fica armazenada no reservatório da roçadeira.

De acordo com o manual da roçadeira a combustão FS 220 da marca Stihl (2018), o principio de funcionamento desta máquina, é através de motor a combustão, que

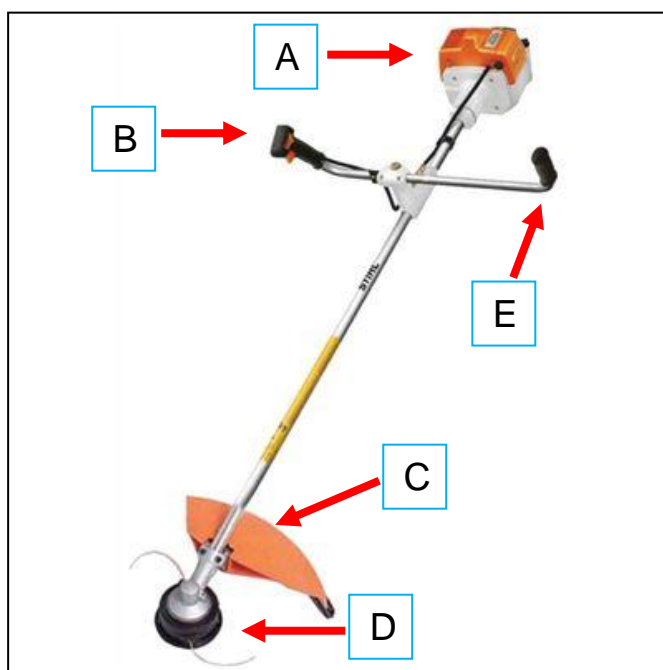
move um eixo e a transmissão, esta gira um cabeçote, onde está fixado o nylon ou a ferramenta de corte, fazendo através da rotação, o corte da vegetação.

Este modelo de roçadeira citado, bem como o nylon e a ferramenta de corte faca de duas pontas, foram utilizados para avaliação quantitativa de vibração, para o atendimento ao tema deste trabalho.

Podem-se utilizar outros acessórios para corte, como disco de serra, laminas de três pontas e lamina trituradora.

O manual da roçadeira a combustão em estudo, cuja marca e modelo esta acima citada, descreve procedimento de segurança na operação, manutenção, e a sua utilização pode ser tanto para jardins onde existem gramíneas como para vegetação com capim colônia, existente no local onde o estudo foi realizado.

Figura 8 – Roçadeira manual a combustão e seus componentes



Fonte: STIHL (2018)

Na figura 8, é apresentada a roçadeira manual a combustão e seus componentes, sendo: A (motor a combustão), B (empunhadura / acelerador), C (proteção de parte móvel), D (cabeçote / nylon de corte) e E (empunhadura / guia).

O processo de abastecimento ocorre a cada 45 minutos de trabalho, sendo que o tanque possui capacidade para 0,58 L, e para o referido processo, o operador realiza o abastecimento com segurança, afastando fontes de ignição e chama aberta, bem como utiliza galão homologado, como também é disponibilizado para o abastecimento, bacia plástica de contenção para absorção de vazamentos de combustível.

No manual da roçadeira, constam todos os procedimentos de segurança quanto ao uso dos EPIs – Equipamentos de Proteção Individual, no transporte da máquina, no abastecimento, ao ligar a máquina, durante a operação de roçagem, distância de segurança entre colaboradores, uso de ferramenta de corte de metal, vibrações e manutenções.

Abaixo serão apresentados os modelos de ferramentas de corte utilizados no modelo da roçadeira FS 220.

Na figura 9, é apresentada a ferramenta de corte (cabeçote / nylon de corte).

Figura 9 – Cabeçote / nylon de corte



Fonte: STIHL (2018)

Na figura 10, é apresentada a ferramenta de corte (lâmina de duas pontas de metal 305-2 especial).

Figura 10 – Lâmina de duas pontas de metal 305-2 especial



Fonte: STIHL (2018)

Na figura 11, é apresentada a ferramenta de corte (lâmina de três pontas de metal 300-3).

Figura 11 – Lâmina de três pontas de metal 300-3



Fonte: STIHL (2018)

Na figura 12, é apresentada a ferramenta de corte (lâmina trituradora 270-2).

Figura 12 – Lâmina trituradora 2702



Fonte: STIHL (2018)

Na figura 13, é apresentada a ferramenta de corte (serra circular 200 standard).

Figura 13 – Serra circular 200 standard



Fonte: STIHL (2018)

Na figura 14 , é apresentada a ferramenta de corte (serra circular 200-22 especial).

Figura 14 – Serra circular 200-22 especial



Fonte: STIHL (2018)

Na figura 15 , é apresentada a ferramenta de corte (serra circular 225 especial).

Figura 15 – Serra circular 225 especial



Fonte: STIHL (2018)

2.5 DA MEDIDA DE CONTROLE NO USUÁRIO PARA ATENUAÇÃO DA VIBRAÇÃO DE MÃOS E BRAÇOS

De acordo com a CLT – Consolidação das Leis do Trabalho (BRASIL, 1943), em seu art. 166, a empresa é obrigada a fornecer aos empregados, gratuitamente, equipamento de proteção individual adequado ao risco e em perfeito estado de conservação e funcionamento, sempre que as medidas de ordem geral não ofereçam completa proteção contra os riscos de acidentes e danos à saúde dos empregados.

A NR 06 – EPI – Equipamento de Proteção Individual (BRASIL, 2018), em seu item 6.1, define como EPI - Equipamento de Proteção Individual, todo dispositivo ou produto, de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho.

Em seu item 6.3, esta norma define que a empresa é obrigada a fornecer aos empregados, gratuitamente, EPI adequado ao risco, em perfeito estado de conservação e funcionamento, nas seguintes circunstâncias:

- a) sempre que as medidas de ordem geral não ofereçam completa proteção contra os riscos de acidentes do trabalho ou de doenças profissionais e do trabalho;
- b) enquanto as medidas de proteção coletiva estiverem sendo implantadas; e,
- c) para atender a situações de emergência.

Em seu item 6.6.1, esta norma atribui as seguintes responsabilidades ao empregador quanto ao EPI:

- a) adquirir o adequado ao risco de cada atividade;
- b) exigir seu uso;
- c) fornecer ao trabalhador somente o aprovado pelo órgão nacional competente em matéria de segurança e saúde no trabalho;
- d) orientar e treinar o trabalhador sobre o uso adequado guarda e conservação;
- e) substituir imediatamente, quando danificado ou extraviado;

- f) responsabilizar-se pela higienização e manutenção periódica; e,
- g) comunicar ao MTE qualquer irregularidade observada.
- h) registrar o seu fornecimento ao trabalhador, podendo ser adotados livros, fichas ou sistema eletrônico.

Em seu item 6.7.1, esta norma atribui as seguintes responsabilidades ao trabalhador quanto ao EPI:

- a) usar, utilizando-o apenas para a finalidade a que se destina;
- b) responsabilizar-se pela guarda e conservação;
- c) comunicar ao empregador qualquer alteração que o torne impróprio para uso; e,
- d) cumprir as determinações do empregador sobre o uso adequado.

A NR 9 – PPRA – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (2017), em seu item 9.3.3, define o procedimento para reconhecimento dos riscos ambientais existentes, desde sua identificação, até as medidas de controle.

Em seu item 9.3.5.4, é mencionado que, quando comprovado pelo empregador ou instituição a inviabilidade técnica da adoção de medidas de proteção coletiva ou quando estas não forem suficientes ou encontrarem-se em fase de estudo, planejamento ou implantação, ou ainda em caráter complementar ou emergencial, deverão ser adotadas outras medidas, obedecendo-se à seguinte hierarquia:

- a) medidas de caráter administrativo ou de organização do trabalho;
- b) utilização de equipamento de proteção individual - EPI.

Previamente, antes da tomada de decisão do fornecimento de EPI – Equipamento de Proteção Individual aos trabalhadores, é necessário o estudo e a implementação de medidas de controle para eliminação ou redução dos riscos e medidas de Engenharia e Administrativas.

Caso todas as medidas citadas não forem suficientes para redução do risco a níveis aceitáveis de exposição do trabalhador, deve-se fornecer o EPI – Equipamento de Proteção Individual.

A empresa fabricante de luvas (VOLK DO BRASIL, 2018) mantém em seu site para consulta, a ficha técnica da luva anti-vibração Gorila Volk, e esta ficha técnica informa que esta luva pode atenuar até 40% das vibrações em altas frequências e até 13% em médias frequências durante as atividades. Na figura 16 é mostrado o modelo da referida luva anti-vibração.

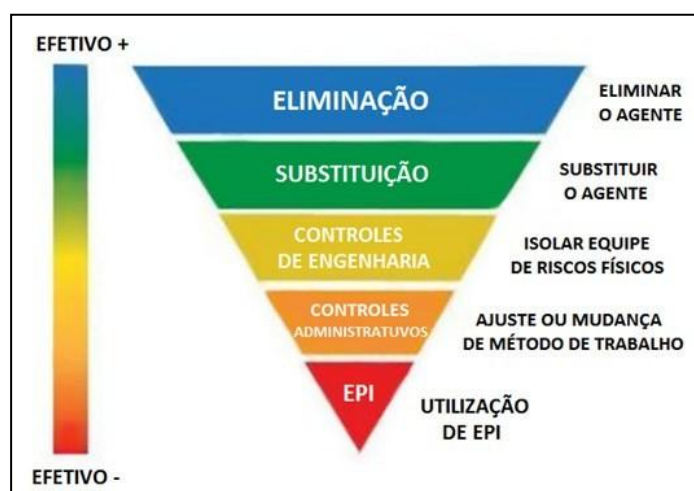
Figura 16 – Modelo de luva anti-vibração



Fonte: VOLK (2018)

Na figura 17, é apresentada a hierarquia de controle de riscos.

Figura 17 – Hierarquia de controle de riscos



Fonte: NIOSH (2018)

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o estabelecimento das medidas de controle, visando à prevenção de doenças relacionadas ao agente vibração, se faz necessário à realização da avaliação quantitativa de vibração de mãos e braços na operação de roçadeira manual a combustão.

3.1 MATERIAIS UTILIZADOS NA AVALIAÇÃO QUANTITATIVA

3.1.1 Características do medidor de vibração

O equipamento utilizado para a realização das avaliações quantitativas de vibração em mãos e braços foi o Medidor e Analisador de Nível de Vibração da marca 01dB modelo VIB-008, sendo o certificado de calibração RBC5-9542-627 e a calibração realizada 16 de fevereiro de 2018, contido no Anexo A.

O medidor de vibração VIB-008 cumpre integralmente com os requisitos do ISO 5349:2001 e da diretiva europeia, fornecendo o valor de exposição à vibração de mãos e braços A (8).

De acordo com o fabricante (01 dB, 2018), o valor de exposição de vibração A(8) é calculado em tempo real e os resultados são exibidos simultaneamente em unidades VDV e RMS. Além dos valores de exposição, o VIB-008 calcula o tempo restante até que os limites sejam atingidos, sugerindo o tempo de trabalho seguro para o usuário.

Dentro das especificações técnicas do medidor de vibração, constam as normas que são atendidas pelo equipamento; metrologia; módulo de memória; desempenho geral; configuração; software de controle e software de pós-processamento.

Na figura 18, é apresentada a imagem do medidor de vibração.

Figura 18 – Medidor de vibração 01dB modelo VIB-008



Fonte: SITE 01 dB (2018)

3.1.2 Características do acelerômetro triaxial

O Acelerômetro piezoelétrico triaxial utilizado neste trabalho é da fabricante 01 dB, modelo 7133AM1, e é dedicado às medições de vibração humana realizadas de acordo com ISO 5349-2.

Rocha e Bastos (2016) o definem como sendo o elemento responsável por transformar o movimento da vibração em um sinal elétrico proporcional à aceleração, pois possibilita a medição das acelerações nos 3 eixos ortogonais (x, y e z).

Este transdutor tem como finalidade verificar a oscilação do movimento gerado por uma determinada força de deslocamento, de forma que quanto maior for a força de deslocamento, maior será a oscilação do movimento.

O acelerômetro triaxial mede a oscilação destes movimentos de forma que o ângulo que o movimento de oscilação forma em relação ao seu estado original é o que irá fornecer o sinal mecânico no transdutor que será convertido em um sinal elétrico

para ser enviado para o medidor de vibração, para posterior demonstração dos resultados das acelerações no registro de dados armazenados.

O acelerômetro triaxial é geralmente de tamanho miniaturizado para que a sua massa não exerça interferência sobre o monitoramento, devendo ser montado na superfície vibrante utilizando-se para isso, adaptadores adequados, em atendimento a NHO 10 – Avaliação da Exposição Ocupacional a Vibração de Mãos e Braços, em seu item 6.3.2.3.

Figura 19 – Acelerômetro triaxial vibração 01 dB modelo 7133AM1 e adaptadores



Fonte: SITE 01 dB (2018)

3.1.3 Características da roçadeira costal a combustão

As máquinas vibratórias que foram utilizadas na avaliação quantitativa de vibração de mãos e braços são roçadeiras costais a combustão, modelo FS 220, fabricadas pela empresa Stihl.

O quadro 4 contém as especificações técnicas do modelo da roçadeira costal a combustão.

Quadro 4 – Especificações técnicas da roçadeira Stihl modelo FS 220

Cilindrada	35,2 cm ³
Diâmetro do Cilindro	38 mm
Curso do Pistão	31 mm
Potência conforme ISO 8893	1,7 kW (2,3 PS) a 9500 1/min
Rotação na Marcha Lenta	2800 /min
Peso Sem combustível, sem ferramenta de corte e proteção.	7,7 kg
Comprimento Total	1850 mm
Vibração conforme ISO 22867:2018 – Cabo da Mão Esquerda (Cabeçote e Corte Nylon)	3,5 m/s ²
Vibração conforme ISO 22867:2018 – Cabo da Mão Direita (Cabeçote e Corte Nylon)	3,7 m/s ²
Vibração conforme ISO 22867:2018 – Cabo da Mão Direita (Ferramenta de Corte de Metal)	4,0 m/s ²
Vibração conforme ISO 22867:2018 – Cabo da Mão Esquerda (Ferramenta de Corte de Metal)	3,7 m/s ²

Fonte: MANUAL STIHL (2018)

3.1.4 Características das ferramentas de corte

Para a realização do corte da vegetação, são utilizadas duas ferramentas de cortes, sendo uma o nylon (Cabeçote de Corte) e a outra uma lâmina de duas pontas (Lâmina de metal 305-2 especial).

A seleção destas ferramentas de corte depende das características da vegetação, sendo que o nylon é utilizado nas gramíneas e a lâmina para capim colônia, o qual possui maior resistência para corte com nylon, sendo desta forma, utilizada a lâmina de duas pontas.

Na figura 20, é apresentada a ferramenta de corte (cabeçote / nylon de corte).

Figura 20 – Cabeçote / nylon de corte



Fonte: STIHL (2018)

Na figura 21, é apresentada a ferramenta de corte (lâmina de metal 305-2 especial).

Figura 21 – Lâmina de metal 305-2 especial



Fonte: STIHL (2018)

3.1.5 Combustível para abastecimento e lubrificante

As roçadeiras manuais a combustão, são movidas pelo combustível denominado gasolina (comum), e a esta, é inserido óleo de para motores de 2 tempos visando lubrificação, sendo que a cada 1 litro de gasolina mistura-se 20 ml de óleo de 2 tempos.

O processo de abastecimento ocorre a cada 45 minutos de trabalho, sendo que o tanque possui capacidade para 0,58 L, e para o referido processo, o operador realiza o abastecimento com segurança, afastando fontes de ignição e chama aberta, bem como utiliza galão homologado, como também é disponibilizado para o abastecimento, bacia plástica de contenção para absorção combustível caso ocorra derramamentos.

Na figura 22, é apresentado o óleo lubrificante para roçadeira a combustão, o qual é misturado com a gasolina no processo de abastecimento.

Figura 22 – Óleo lubrificante para roçadeira a combustão



Fonte: STIHL (2018)

3.1.6 Medida de controle pessoal

Na realização da atividade de operação de roçadeira costal a combustão, os empregados fazem uso dos seguintes EPIs:

- Botina de Segurança com Bico de Composite;
- Perneira de Segurança com 5 Talas;
- Luva de Vaqueta cano Curto;
- Avental de Raspa sem Emenda;
- Óculos de Segurança Lente Escura;
- Capacete de Segurança com Proteção Facial de Tela;
- Protetor Auditivo Circum Auricular Atenuação 21dB (A) Acoplado ao Capacete;
- Respirador PFF 2;
- Protetor Solar FPS 60.

3.1.7 Localização do ambiente de realização do estudo

A atividade de roçagem da vegetação é desenvolvida em uma empresa de concessão rodoviária que administra a rodovia BR 153, no trecho dentro do estado de São Paulo, possuindo 347 quilômetros de extensão, entre a cidade de Ourinhos/SP, divisa com estado do Paraná até a cidade de Icém/SP, divisa como estado de Minas Gerais. A atividade a ser desenvolvida esta baseada na roçagem da faixa de domínio da rodovia BR 153, que devido ao crescimento da vegetação, onde estas podem obstruir sinalizações verticais, se faz necessária à utilização de roçadeiras manuais a combustão para a roçagem adequada da vegetação.

A concessionária também possui 8 (oito) tratores com roçadeiras mecânicas acopladas para a realização da roçagem da vegetação da faixa de domínio, porém onde a topografia não permite a circulação dos tratores, a roçagem é realizada de forma manual.

A concessionária possui 35 empregados que realizam a atividade de roçagem manual da vegetação da faixa de domínio, distribuídos ao longo do trecho em 7 (sete) frentes de trabalho, sendo que cada frente de trabalho possui 5 (cinco) empregados.

A faixa de domínio possui largura de 15 (quinze) metros de cada lado e extensão de 347 quilômetros, tendo como vegetação predominante à gramínea, seguida de capim colônio em alguns pontos da extensão da rodovia.

As medições quantitativas de vibração de mãos e braços foram realizadas com a participação de dois empregados da equipe 06, no município de Lins/SP, do km 178 ao km 182 da BR 153.

Figura 23 – Localização do ambiente de realização do estudo



Fonte: GOOGLE MAPS (2018)

3.1.8 Normas referentes à vibração de mãos e braços em vigência

A norma regulamentadora NR 15 (BRASIL, 2018) em seus anexo 8, estabelece os níveis de critérios de avaliações para o caso em questão, ou seja, os limites de exposição ocupacional diária a VMB, a qual adotou os mesmos valores que a NHO 10 da Fundacentro e da Diretiva da União Europeia 2002/44/CE, sendo os critérios avaliados de acordo com o valor da aceleração resultante de exposição normalizada (aren) e o NA.

As avaliações quantitativas de vibração de mãos e braços na operação de roçadeiras manuais a combustão foram realizadas em conformidade com a especificação das normas ISO 5349 (2001), “*Mechanical vibration—Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration—Part 1: General requirements*” e NHO 10 – Avaliação da exposição Ocupacional a Vibração em Mãos e Braços, da Fundacentro.

3.1.9 Avaliação quantitativa

Após a obtenção das informações técnicas e administrativas relacionadas às roçadeiras manuais a combustão, a dinâmica das operações de roçagem e do local onde as atividades são realizadas, verificou-se que os 35 (trinta e cinco) empregados do setor de conservação viária realizam as mesmas atividades, utilizando para isso roçadeiras do mesmo modelo e marca, assim como os mesmos modelos de ferramentas de corte, sendo o nylon e a lâmina de duas pontas.

Foi realizada análise preliminar da exposição, considerando os aspectos relacionados às informações fornecidas pelo fabricante sobre os níveis de vibração gerados pelas roçadeiras; estado de conservação das roçadeiras; dados de medições de exposição ocupacional a vibração de mãos e braços existentes; estimativa de tempo efetivo de exposição diária; condições específicas de trabalho que contribuam para o agravamento das condições de exposição; registro de

queixas ou antecedentes médicos relacionados aos empregados expostos e os efeitos gerados.

Quanto as informações sobre os níveis de vibração gerados pelas roçadeiras, fornecidas pelo fabricante, o quadro 4 apresenta as especificações técnicas e os níveis de vibração geradas das roçadeiras, sendo que estes situam-se acima do NA especificado pela NHO 10.

O estado de conservação das roçadeiras apresenta visualmente, integridade de suas proteções de partes móveis bem como estrutural, sendo que diariamente é preenchido checklist das roçadeiras por seus operadores, e estes checklist são visualizados diariamente pelo supervisor do setor de conservação viária. As roçadeiras são revisadas a cada 2 (dois) meses, e caso apresentarem alguma irregularidade, são encaminhadas para as devidas manutenções de imediato.

A empresa não possui até o momento desta avaliação, dados de medições de exposição ocupacional de vibração de mãos e braços para a atividade de roçagem manual com uso de roçadeiras a combustão.

O tempo efetivo de exposição diária na atividade de roçagem da vegetação da faixa de domínio da rodovia, com uso de roçadeiras manuais a combustão, é de 5 horas diária.

Uma das condições específica de trabalho envolve o ferramental utilizado na operação, e o uso de ferramentas de corte de diferentes características, sendo uma de fio de nylon e a outra um lâmina de duas pontas, onde de acordo com estas particularidades, foram realizadas duas avaliações quantitativas, abrangendo as duas componentes de exposição, sendo uma operação da roçadeira com uso do fio de nylon e a outra com uso da lâmina de duas pontas.

As duas componentes de exposição são de longa duração, isto porque, dentre os 5 (cinco) operadores de roçadeiras da equipe avaliada, 3 (três) utilizam na operação o fio nylon e 2 (dois) utilizam na operação a lâmina de duas pontas.

A empresa disponibilizou 2 (dois) empregados da equipe de conservação viária 06 para a realização das avaliações quantitativas de vibração de mãos e braços.

Após as verificações prévias descritas acima, se inicia a fase de montagem e instalação do medidor de vibração e do acelerômetro para a coleta e medição dos níveis de vibração das roçadeiras manuais a combustão, seguindo a metodologia da ISO 5349 parte 1 e da NHO 10 da Fundacentro.

O medidor de vibração foi fixado no avental de raspa utilizado pelos operadores, e o acelerômetro entre o 3º (terceiro) e o 4º (quarto) dedo da mão direita dos mesmos, sendo que o acelerômetro foi fixado em um dispositivo de fixação, e a referida mão direita, fica em contato com a empunhadura da roçadeira, sendo este o ponto de medição em que os valores obtidos são representativos da exposição da região do corpo atingida, e onde os operadores realizam a força de preensão na roçadeira (neste caso a mão direita fica em contato com o acelerador da máquina).

Após a instalação do acelerômetro junto ao ponto de medição, pode-se dar início a primeira avaliação quantitativa, com a roçadeira utilizando a ferramenta de corte fio de nylon, e realizar a roçagem da vegetação.

Em seguida, foi realizada a avaliação quantitativa com a roçadeira utilizando a ferramenta de corte lâmina de duas pontas.

Os tempos de duração das avaliações quantitativas foram de 09 minutos com a roçadeira com fio de nylon, e de 15 minutos com a roçadeira com lâmina de duas pontas.

As avaliações quantitativas se iniciaram a 08h05 (oito horas e cinco minutos), finalizando as 08h40min (oito horas e quarenta minutos) no dia 26.11.2018.

Na figura 24 o item de letra A refere-se ao acelerômetro instalado junto ao dispositivo de fixação entre o 3º (terceiro) e o 4º (quarto) dedo da mão direita do operador.

Figura 24 – Localização do acelerômetro na mão do empregado



Fonte: ARQUIVO PESSOAL (2018)

A figura 25 apresenta a atividade de roçagem da vegetação, com a roçadeira utilizando ferramenta de corte fio de nylon.

Figura 25 – Operação da roçadeira com ferramenta de corte fio de nylon



Fonte: ARQUIVO PESSOAL (2018)

A figura 26 apresenta a atividade de roçagem da vegetação, com a roçadeira utilizando ferramenta de corte lâmina de duas pontas.

Figura 26 – Operação da roçadeira com ferramenta de corte lâmina de duas pontas



Fonte: ARQUIVO PESSOAL (2018)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 RESULTADOS

Os resultados obtidos nas avaliações quantitativas de vibração, durante a operação das roçadeiras com ferramenta de corte fio de nylon e com a lâmina de duas pontas, na roçagem da vegetação da faixa de domínio da rodovia, foram satisfatórios para concluir que o trabalho realizado se faz em um ambiente salubre, porém com valor de vibração acima do NA, que corresponde a um valor de aceleração resultante de exposição normalizada (aren) de 2,5 m/s², de acordo com o Anexo 8 da NR 15.

Conforme dados gerados pelo *software dBMaestro*, o valor encontrado nas avaliações quantitativas de vibração em mãos e braços, na roçadeira com ferramenta de corte fio de nylon e de lâmina de duas pontas, mostra que para a exposição efetiva de trabalho que corresponde a 5 horas diárias na utilização das mesmas os valores estão abaixo do LT que corresponde a 5 m/s², de acordo com o Anexo 8 da NR 15.

A figura 27 apresenta o resultado de aren para operação da roçadeira com fio de nylon, e a figura 28 apresenta o resultado de aren para operação da roçadeira com lâmina de duas pontas.

Figura 27 – Resultado de vibração da roçadeira com fio de nylon

Tipo	ahw (ponderação HA)					
Máquina	Roçadeira com nylon					
Eixo	X	Y	Z	Nível Global	aren	Exposição
Ponderação	Wh	Wh	Wh	Mão braço (ahw)		
Nível (m/s ²)	3.10	2.88	2.15	3.10	3.75	5h
Nível de alerta (m/s ²)					2.50	2h13m
Nível limite (m/s ²)					5.00	8h53m
O nível de exposição aren é superior ao nível de alerta						

Fonte: ARQUIVO PESSOAL (2018)

Figura 28 – Resultado de vibração da roçadeira com lâmina de duas pontas

Tipo	ahw (ponderação HA)					
Máquina	Roçadeira com faca					
Eixo	X	Y	Z	Nível Global	aren	Exposição
Ponderação	Wh	Wh	Wh	Mão braço (ahw)		
Nível (m/s ²)	1.94	2.33	1.81	2.33	2.79	5h
Nível de alerta (m/s ²)					2.50	4h 1m
Nível limite (m/s ²)					5.00	16h 4m
O nível de exposição aren é superior ao nível de alerta						

Fonte: ARQUIVO PESSOAL (2018)

Sendo:

aren – aceleração resultante da exposição normalizada

m/s² – metros por segundos ao quadrado

Estes valores de aceleração resultante estão abaixo do LT estipulado pelo anexo 8 da NR 15, sendo que o LT para a jornada de 8 horas é de 5 m/s². Assim, não fica caracterizada uma condição insalubre para o agente de risco vibração, pois o LT para esse agente não foi ultrapassado.

4.1.1 Análise e interpretação dos resultados

De acordo com o quadro 5 abaixo, o qual foi extraído do item 6.5.1 da NHO 10 da Fundacentro, para o critério de julgamento e tomada de decisão, na condição da roçadeira operando com nylon a qual apresenta o resultado de aren = 3,75 m/s², se recomenda adoção de medidas preventivas e corretivas visando a redução da exposição diária, devido o resultado esta em uma região de incerteza, e na condição da roçadeira operando com lâmina de duas pontas a qual apresenta o resultado de aren = 2,79 m/s², se recomenda a adoção de medidas preventivas, devido o resultado estar acima do NA.

Quadro 5 – Critérios de julgamento e tomada de decisão

Aren (m/s²)	Consideração Técnica	Atuação Recomendada
0 a 2,5	Aceitável	No mínimo, 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 a redução da exposição diária
Acima de 5,0	Acima do limite de exposição	Adoção imediata de medidas corretivas

Fonte: NHO 10 – FUNDACENTRO (2013)

De acordo com o item 6.6 da NHO 10 da Fundacentro, mesmo para valores considerados aceitáveis, a adoção de medidas visando reduzir os níveis de exposição, se disponíveis ou viáveis, devem ser consideradas como práticas positivas, uma vez que melhora as condições de exposição e minimiza os riscos de danos à saúde.

4.2 DISCUSSÕES

4.2.1 Existência de riscos adicionais na atividade

O trabalho consiste apenas em avaliar de forma quantitativa a exposição ocupacional à vibração de mãos e braços, porém a atividade de roçagem da vegetação contempla outros riscos adicionais, como por exemplo: o ruído proveniente da roçadeira; postura inadequada em função da movimentação da roçadeira; particulado proveniente do solo quando a ferramenta de corte entra em contato com o mesmo; calor proveniente do sol devido à atividade ser a céu aberto, entre outros.

4.2.2 Jornada de trabalho

A carga horária da jornada de trabalho para atividade de roçagem da vegetação da faixa de domínio da rodovia é de 8 horas diárias, porém o tempo efetivo de exposição à vibração de mãos e braços, quando na operação da roçadeira, é de 5 horas diárias, tendo em vista que os intervalos para reabastecimento da roçadeira ocorrem a cada 45 minutos de operação sendo realizados 10 (dez) reabastecimentos com tempo o de 6 minutos por reabastecimento, totalizando 60 minutos.

O tempo de parada para a refeição é de 90 minutos, e o tempo de parada para reidratação, que ocorrem em dois períodos da jornada, totalizam 30 minutos, sendo uma reidratação as 09h00 (nove horas) e a outra as 15h00 (quinze horas), onde o tempo para cada reidratação é de 15 minutos.

4.2.3 Número de amostras

A NHO 10 da Fundacentro menciona que a quantidade de amostras a ser coletada deve ser significativa das condições de trabalho e que fica a critério do avaliador essa decisão.

O GES - Grupo de Exposição Similar de Exposição de vibração de mãos e braços dessa atividade contempla 35 empregados, porém a empresa disponibilizou 2 (dois) empregados de uma de suas equipes para a realização da avaliação quantitativa, sendo uma avaliação com ferramenta de corte fio de nylon, e a outra avaliação, com ferramenta de corte lâmina de duas pontas, o que impossibilitou um número maior de amostras, contudo, no critério do avaliador, 2 amostragens foi suficiente para um resultado significativo.

4.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando e seguindo as diretrizes da NR 09 – PPRA (BRASIL, 2017), que determina que os empregadores identifiquem, avaliem e controlem os riscos ambientais existentes nos locais de trabalho, através deste estudo, foi realizada uma avaliação quantitativa do agente vibração de mãos e braços, visando identificar se a atividade de roçagem de vegetação com uso de roçadeira manual a combustão, apresenta níveis de vibração com aren acima do LT.

Após as avaliações quantitativas da exposição ocupacional a vibração de mãos e braços, com uso de roçadeira a combustão, foi obtida o valor de $aren = 3,75 \text{ m/s}^2$ com a roçadeira utilizando na operação ferramenta de corte fio de nylon, e o valor de $aren = 2,79 \text{ m/s}^2$ com a roçadeira utilizando na operação ferramenta de corte lâmina de duas pontas.

Comparando os resultados obtidos nas avaliações quantitativas com o valor do limite de tolerância ($LT = 5 \text{ m/s}^2$), conclui-se que o ambiente é salubre, porém os resultados se encontram acima do $NA = 2,5 \text{ m/s}^2$, sendo necessário para o resultado da vibração com uso de ferramenta de corte fio de nylon, a adoção de medidas preventivas e corretivas visando à redução da exposição diária, devido o resultado esta em uma região de incerteza, e na condição da roçadeira operando com lâmina de duas pontas, se recomenda a adoção de medidas preventivas, devido o resultado estar acima do NA.

Neste trabalho optou-se na utilização da das Normas ISO 5349 partes 1 e 2, NHO 10 da Fundacentro e Diretiva 2002/44/EC, ACGIH, do Anexo 1 NR 09, e limites do Anexo 8 da NR 15 para serem feitas as medições da vibração, onde o risco ocorre na utilização da roçadeira manual a combustão ao roçar a vegetação da faixa de domínio da rodovia a qual é administrada pela concessionária onde o estudo foi realizado.

5 CONCLUSÃO

Após os resultados obtidos nas avaliações quantitativas de vibração de mãos e braços, durante a operação de roçagem da faixa de domínio da rodovia com uso da roçadeira manual a combustão, é possível concluir que a intensidade da vibração gerada pela roçadeira esta dentro dos limites das normas, porém com valores de vibração acima do NA, que corresponde a um valor de aceleração resultante de exposição normalizada (a_{ren}) de $2,5 \text{ m/s}^2$, de acordo com o Anexo 8 da NR 15.

Tendo em vista que a roçadeira fica fixada em cinto de sustentação, na lateral do tronco dos operadores, a força de preensão é reduzida, isto porque, a roçadeira fica sustentada pelo cinto de fixação, e desta forma, com a mão direita os operadores seguram na manopla a qual contem o acelerador, sendo esta de plástico rígido, para acelerarem a roçadeira, e com a mão esquerda, seguram a manopla para direcionarem a roçadeira junto à vegetação, sendo está emborrachada, para o corte, de forma horizontal.

Comparando os resultados obtidos nas avaliações quantitativas com o valor do limite de tolerância ($LT = 5 \text{ m/s}^2$), os resultados obtidos se encontram acima do NA = $2,5 \text{ m/s}^2$, sendo necessário para o resultado da vibração com uso de ferramenta de corte fio de nylon, a adoção de medidas preventivas e corretivas visando à redução da exposição diária, devido o resultado esta em uma região de incerteza, e na condição da roçadeira operando com lâmina de duas pontas, se recomenda a adoção de medidas preventivas, devido ao resultado apresentar nível de vibração acima do NA.

Analisando os resultados obtidos nas avaliações quantitativas e considerando a relação dose-resposta de acordo com as diretrizes da ISO 5349 (2001), as probabilidades em anos para o aparecimento da síndrome dos dedos brancos em função da aceleração ponderada para oito horas de trabalho em 10% dos empregados expostos, para resultado de $a_{ren} = 3,75 \text{ m/s}^2$ o qual se refere à operação da roçadeira utilizando ferramenta de corte fio de nylon, é de $D_y = 7,8$ anos aproximadamente, e para resultado de $a_{ren} = 2,79$ o qual se refere a operação

da roçadeira utilizando ferramenta de corte lâmina de duas pontas, é de $Dy = 13,8$ anos aproximadamente.

Sendo:

Dy = nº de anos necessários para o surgimento de lesões vasculares (dedos brancos).

Como recomendação para a empresa, foi apresentada medidas de controle para as duas situações de exposição, sendo a primeira situação na operação com roçadeira com ferramenta de corte fio de nylon e na segunda situação, sendo na operação com roçadeira com ferramenta de corte a lâmina de duas pontas.

Medidas preventivas e corretivas na operação com roçadeira manual a combustão, utilizando ferramenta de corte fio de nylon:

- Realizar periodicamente avaliação da exposição dos empregados e das medidas de controle visando a um acompanhamento dos níveis de exposição, tendo em vista a introdução ou modificação das medidas de controle sempre que necessário.
- Transmitir informação e orientação aos empregados, através de diálogos de segurança ou treinamentos específicos, abordando temas sobre os cuidados e procedimentos de trabalho implantados para a redução da exposição, uso de forma de preensão na operação da roçadeira; relatos de queixas dolorosas quando sentirem de forma contínua, formigamentos, dormências intensas ou dor; do uso das medidas de controle implantadas; relatos a supervisor sobre ocorrências níveis anormais de vibração que a roçadeira apresentar na operação de roçagem.
- Manter controle médico, visando detectar de forma clínica, através de exames físicos, possíveis indícios de surgimento de lesão decorrentes da exposição à vibração de mãos e braços.
- Realizar pesquisa sobre as características fisiológicas dos empregados que realizam roçagem utilizando roçadeira a combustão, expostos a vibração de mãos e braços. Estudar como as características individuais (peso, altura, idade);

- Realizar estudo para teste de níveis de vibração utilizando outras ferramentas de corte, como discos e lâminas de 3 pontas, em substituição ao fio de nylon.
- Diminuir a frequência das manutenções das roçadeiras para periodicidade mensal.
- Realizar rodízios entre os empregados que operam roçadeiras com ferramenta de corte fio de nylon e lâmina de duas pontas.

Medidas preventivas e corretivas na operação com roçadeira manual a combustão, utilizando ferramenta de corte lâmina de duas pontas:

- Realizar periodicamente avaliação da exposição dos empregados e das medidas de controle visando a um acompanhamento dos níveis de exposição, tendo em vista a introdução ou modificação das medidas de controle sempre que necessário.
- Transmitir informação e orientação aos empregados, através de diálogos de segurança ou treinamentos específicos, abordando temas sobre os cuidados e procedimentos de trabalho implantados para a redução da exposição, uso de forma de preensão na operação da roçadeira; relatos de queixas dolorosas quando sentirem de forma contínua, formigamentos, dormências intensas ou dor; do uso das medidas de controle implantadas; relatos a supervisor sobre ocorrências níveis anormais de vibração que a roçadeira apresentar na operação de roçagem.
- Manter controle médico, visando detectar de forma clínica, através de exames físicos, possíveis indícios de surgimento de lesão decorrentes da exposição a vibração de mãos e braços.
- Realizar pesquisa sobre as características fisiológicas dos empregados que realizam roçagem utilizando roçadeira a combustão, expostos a vibração de mãos e braços. Estudar como as características individuais (peso, altura, idade);

Também foi apresentada a empresa, além das medidas corretivas acima citadas, na exposição à vibração de mãos e braços, para a exposição na operação com a roçadeira utilizando ferramenta de corte fio de nylon, o teste e posterior implantação,

da luva anti-vibração, isto devido ao valor obtido de $a_{ren} = 3,75 \text{ m/s}^2$, se encontrar em uma região de incerteza.

REFERÊNCIAS

ACGIH - CONFERÊNCIA AMERICANA DE HIGIENISTAS INDUSTRIAIS GOVERNAMENTAIS. **TLVs e BEIs**: baseados na documentação dos limites de exposição ocupacional (TLVs) para substâncias químicas e agentes físicos & índices biológicos de exposição (BEIs). Tradução da Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais. São Paulo: ABHO, 2018.

STIHL. **Roçadeiras Manuais a Combustão**. Manual de Segurança, Operação, Manutenção: Modelo FS220. Disponível em: <<http://stihl.com.br/manuais-se-instrucoes.asp/>>. Acesso em: 23 nov. 2018.

ROCHA, ROSEMBERG, S. LOPES da.; BASTOS, MARCOS, A. C. A. **Higiene Ocupacional ao Alcance de Todos**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Editora Autografia, 2016. 462 p.

BRASIL, **Consolidação das Leis do Trabalho – CLT**. Brasília, 1943. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del5452.htm>. Acesso em: 10 dez. 2018.

BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora N° 06**: Equipamentos de Proteção Individual - EPI. Brasília, 2018. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR6.pdf>>. Acesso em: 28 nov. 2018.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora N° 07**: Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional. Brasília, 2018. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR7.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2018.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora N° 09**: Programa de prevenção de riscos ambientais. Brasília, 2017. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR09/NR-09-2016.pdf>>. Acesso em: 29 nov. 2018.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora N° 15**: Atividades e operações insalubres. Brasília, 2018. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras/norma-regulamentadora-n-15-atividades-e-operacoes-insalubres>>. Acesso em: 22 dez. 2018.

BRASIL. Norma de higiene ocupacional - NHO 10: **Avaliação da exposição ocupacional a vibrações em mãos e braços**: procedimento técnico. São Paulo: Fundacentro, 2013.

VOLK. **GORILA VOLK: Luva de segurança anti-vibração**. FICHA TÉCNICA. Disponível em: <<http://www.volkdobrasil.com.br/produtosluva-antivibracao/>>. Acesso em: 18 dez. 2018.

Portal Acústica. **Frequência de Oscilações**, 2018. Disponível em: <<http://portalacustica.info/isolamento-acustico-lei-da-massa>> Acesso em: 22 dez. 2018.

ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Geneva. **ISO 5349-1:2001**: Mechanical vibration – Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration – Part 1: General requirements. 2001.

_____. **ISO 5349-2:2001**: *Mechanical vibration – Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration – Part 2: Practical guidance for measurement at the workplace*. 2001.

_____. **ISO 8041**: *Human response to vibration – Measuring instrumentation*. 2005.

01dB. **VIB-008: Analisador de Vibração Humana**. Disponível em: <<http://01db.com/pt-br/nossas-solucoes/produtos-e-servicos/dosimetro-de-vibracao>> Acesso em: 20 nov. 2018.

BRUEL & KJAER. **Frequency response of the human body**. Whole-body vibration and hand-arm vibration, 1989. Disponível em: <<https://www.bksv.com/~media/literature/Primers/br056.ashx?%20la=en>> Acesso em: 19 dez. 2018.

NIOSH – National Institute for Occupational Safety and Health. **Hierarchy of Controls**: Controlling exposures to occupational hazards is the fundamental method of protecting workers, 2015. Disponível em: <<https://cdc.gov/niosh/topics/hierarchy/default.html>> Acesso em: 19 dez. 2018.

GRF – Grupo de Relaboração do Estudo da Física. **Física 2: Amplitude de Onda**, 2000. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Amplitude>>. Acesso em: 22 dez. 2018.

BRASIL. Regulamento da Previdência Social. **Decreto 3.048**: Anexo II - Agentes Patogênicos Causadores de Doenças Profissionais ou do Trabalho. Brasília, 1999. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D3048.htm>. Acesso em: 22 dez. 2018.

BRASIL. Regulamento da Previdência Social. **Decreto 3.048**: Anexo IV – Classificação dos Agentes Nocivos. Brasília, 1999. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D3048.htm>. Acesso em: 22 dez. 2018.

BRASIL. Regulamento da Previdência Social. **Decreto 3.048**: Lista A – Agente ou Fatores de Riscos de Natureza Ocupacional Relacionados com a Etiologia de Doenças Profissionais e de Outras Doenças Relacionadas com o Trabalho. Brasília, 1999. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D3048.htm>. Acesso em: 22 dez. 2018.

BRASIL. Planos de Benefícios da Previdência Social. **Lei 8.213**: Artigo 20 – Acidente de Trabalho, 1991. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D3048.htm>. Acesso em: 22 dez. 2018.

BRASIL. Planos de Benefícios da Previdência Social. **Lei 8.213**: Artigo 58 – Dos Agentes Nocivos para a Concessão da Aposentadoria Especial Acidente de Trabalho, 1991. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D3048.htm>. Acesso em: 22 dez. 2018.

OIT - Organização Internacional do Trabalho - OIT (International Labour Office - ILO). **Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo - Capítulo 6, Parte I**. INSHT – Instituto de Seguridad e Higiene em el Trabajo, Espanha, 1998.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Escola Politécnica Programa de Educação Continuada. **Agentes Físicos I, eHO-102**, 2018, 183p.

ANEXOS

ANEXO A – Certificado de Calibração



CALILAB - LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO E ENSAIOS
RBC - REDE BRASILEIRA
DE CALIBRAÇÃO.



CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº: RBC5-9542-627

1- CLIENTE/ EQUIPAMENTO

Nome:
Endereço:

Equipamento: Accelerômetro
 Marca: Q1d3
 Modelo: W84001
 Características: Transdutor Inercial

Número de série: 30-915
 Identificação: ---

Data da calibração: 16/02/2018
 Processo: 16072

2- PADRÕES E INSTRUMENTAÇÃO

Descrição	Código	Certificado	Emissor
Accelerômetro	P172	DIMC 1897/2013	INMETRO
Sistema de Aquisição	P152		Amplificador P187
Gerador de Ruído	P206		Shaker P189
Condicionador (Adaptador)	P184		Termômetro P166
Condicionador (Adaptador)	---		Higrômetro P166

3- INFORMAÇÕES DA CALIBRAÇÃO

Procedimento: IT-040: Método de calibração de acelerômetros de acordo com a norma ISO 16063-21 - Methods for the calibration of vibration and shock transducers - Part 21: Vibration calibration by comparison to a reference transducer.

Características: A resposta em frequência é determinada pela resposta dinâmica por comparação com um acelerômetro padrão. O transdutor em teste foi montado sobre uma mesa de fixação, e esta última acoplada a um shaker posicionado de maneira a produzir uma excitação na direção vertical. A mesa de fixação serviu de suporte tanto ao acelerômetro padrão quanto ao acelerômetro em teste. A sensibilidade determinada refere-se ao plano de referência.

Para esta calibração foi usado um sinal de excitação de tipo: ruído de banda larga e o transdutor foi colado com o encimento.

Condições ambientais: Temperatura: 23,0 °C, umidade relativa: 54 %. Temperatura média do transdutor 23,0 °C.

Observações gerais:

- Os resultados apresentados referem-se à média dos valores encimados.
- Cada Incertezas Expandida de Medição (U) relatada é declarada como a incerteza padrão da medição multiplicada pelo fator de abrangência $k = 2,00$, que para uma distribuição normal corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão de medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4032.
- O presente certificado de calibração é válido apenas para o Acelerômetro acima descrito, não sendo extensivo a qualquer outro, ainda que similar.
- Este certificado de calibração somente pode ser reproduzido completo. Reproduções para fins de divulgação em material publicitário, bem como reproduções parciais, requerem autorização escrita do laboratório emissor. Nenhuma reprodução poderá ser usada de maneira enganosa.
- A unidade "g" das expressões de sensibilidade pC/g, ou mV/g, refere-se à aceleração da gravidade ($g_0 = 9,80665 \text{ m/s}^2$ a 45° de altura) a qual não faz parte do SI. Todavia, como muitos fabricantes especificam as sensibilidades dos transdutores em pC/g, ou mV/g, as expressões foram incluídas para dar suporte ao cliente.
- Cgcrs/Inmetro is Signatory of the ILAC Mutual Recognition Arrangement. Cgcrs/Inmetro is Signatory of a Bilateral Mutual Agreement with EA. Cgcrs/Inmetro is signatory of the ILAC Mutual Recognition Arrangement.



CALILAB - Laboratório de Calibração
e Ensaios do Total Safety

CALILAB - LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO E ENSAIOS
LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO ACREDITADO
PELA Cgcre/METRO DE ACORDO COM A
ABNT NBR ISO/IEC 17025 SOB O NÚMERO 387.

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº: RBCS-9542-627

Resposta em Frequência - (Nível de excitação: 10 m/s²)

Frequência Nominal (Hz)	Eixo X Sensibilidade em [mV/(m/s ²)]	Eixo X Sensibilidade normalizada em [%]	Eixo Y Sensibilidade em [mV/(m/s ²)]	Eixo Y Sensibilidade normalizada em [%]	Eixo Z Sensibilidade em [mV/(m/s ²)]	Eixo Z Sensibilidade normalizada em [%]	Incerteza (%)
10	11,47	0,35	11,50	0,35	11,24	0,18	1,9
12,5	11,46	0,26	11,49	0,26	11,23	0,09	1,7
16	11,43	0,00	11,46	0,00	11,20	-0,18	1,5
20	11,42	-0,09	11,45	-0,09	11,19	-0,27	1,5
25	11,41	-0,17	11,44	-0,17	11,19	-0,27	1,5
31,5	11,41	-0,17	11,43	-0,26	11,18	-0,36	1,2
40	11,40	0,26	11,49	0,26	11,19	-0,27	1,2
50	11,52	0,79	11,53	0,66	11,21	-0,09	0,8
63	11,51	0,70	11,52	0,62	11,23	0,09	0,8
80	11,51	0,70	11,53	0,66	11,19	-0,27	0,8
100	11,51	0,70	11,53	0,66	11,17	-0,45	0,8
125	11,46	0,26	11,48	0,37	11,20	-0,18	0,8
160	11,43	0,00	11,46	0,08	11,22	0,30	0,8
200	11,40	0,62	11,55	0,44	11,24	0,18	0,8
250	11,51	1,57	11,66	1,36	11,27	0,45	0,8
315	11,77	2,97	11,74	2,44	11,30	0,71	0,8
400	11,95	4,95	11,96	4,38	11,44	1,96	0,8
500	---	---	---	---	---	---	---
630	---	---	---	---	---	---	---
800	---	---	---	---	---	---	---
1000	---	---	---	---	---	---	---
1250	---	---	---	---	---	---	---
1600	---	---	---	---	---	---	---
2000	---	---	---	---	---	---	---
2500	---	---	---	---	---	---	---
3150	---	---	---	---	---	---	---
4000	---	---	---	---	---	---	---
5000	---	---	---	---	---	---	---
6300	---	---	---	---	---	---	---
8000	---	---	---	---	---	---	---
10000	---	---	---	---	---	---	---

Resposta em 1% normalizada em 158 Hz

	Frequência Nominal (Hz)	Sensibilidade Eixo X	Sensibilidade Eixo Y	Sensibilidade Eixo Z
mV/(m/s ²)	80	11,51	11,53	11,19
	160	11,43	11,46	11,22
mV/g _r	80	112,9	113,1	109,7
	160	112,1	112,4	110,9

A sensibilidade em 200 Hz foi determinada com excitação senoidal



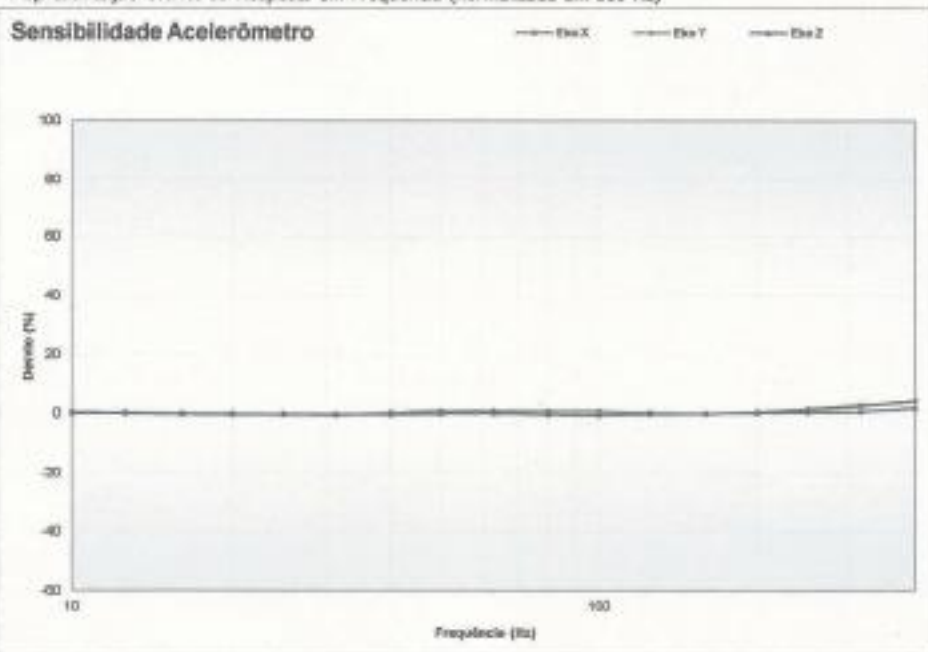
DELAB - Laboratório de Calibração
e Ensaios da Total Safety

CALILAB - LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO E ENSAIOS
LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO ACREREDITADO
PELA COGNOMETRO DE ACORDO COM A
ABNT NBR ISO/IEC 17025 SOB O NÚMERO 307.

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº: RBCS-9542-627

Representação Gráfica da Resposta em Frequência (normalizada em 160 Hz)

Sensibilidade Acelerômetro



Executante: David Bello
Sinalado Autorizado