

ESTEFANE MICHELE LIMA

ANÁLISE DA EXPOSIÇÃO A VIBRAÇÃO LOCALIZADA DE MÃOS E BRAÇOS EM
OPERADOR DE EQUIPAMENTOS EM UMA ÁREA DE MINERAÇÃO

São Paulo

2021

ESTEFANE MICHELE LIMA

Versão Original

ANÁLISE DA EXPOSIÇÃO A VIBRAÇÃO LOCALIZADA DE MÃOS E BRAÇOS EM
OPERADOR DE EQUIPAMENTOS EM UMA ÁREA DE MINERAÇÃO

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

São Paulo
2021

Dedico este trabalho à minha mãe Helena (in memoriam), minha maior inspiração e incentivadora; quem sempre acreditou em mim e apoiou em tudo. Minha saudade diária.

E ao meu esposo Ramon pelo incentivo e apoio incondicionais.

AGRADECIMENTOS

À Deus por me conceder a vida e a oportunidade de trilhar este caminho de conhecimento.

À Manserv por me permitir aplicar no trabalho os conhecimentos adquiridos na especialização em higiene ocupacional fazendo com que a minha paixão pela área só crescesse.

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar.
Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota”. (Madre Teresa de Calcutá)

RESUMO

LIMA, Estefane Michele. **Análise da exposição a vibração localizada de mãos e braços em operador de equipamentos em uma área de mineração**. 2021. 73f. Monografia (Especialização em Higiene Ocupacional) – Programa de Educação Continuada, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

A exposição a vibrações ocupacionais podem causar sério danos a saúde, e tal tema é ainda pouco explorado no Brasil, tanto no que se refere a pesquisas relacionadas ao seu reconhecimento, sua avaliação e controle. Diante da complexidade do assunto, é necessário um estudo aprofundado. O presente trabalho visa apresentar os resultados das avaliações quantitativas da vibração localizada de mãos e braços em operadores de equipamentos (roçadeira/soprador costal) em uma área de mineração. Inicialmente foi realizada conforme determina a Norma Regulamentadora número 9 em seu anexo 1, a Avaliação Preliminar da exposição para reconhecimento e avaliação do risco. Posteriormente, e de posse das informações necessárias, procedeu-se a realização das avaliações quantitativas do agente, onde foi utilizado medidor de vibração calibrado da marca Criffer, modelo Vibrate, acelerômetro CR 101, que conta com recurso para medição nos 3 eixos ortogonais(x,y,z). Todo o estudo foi baseado nas determinações da ISO 5349:2001) e a metodologia da NHO 01 Avaliação da exposição ocupacional a vibrações em mãos e braços(2013). As medições foram realizadas em 1(um) empregado, operando roçadeira à combustão da marca Stihl com fio de nylon como ferramenta de corte. Os resultados obtidos foram analisados e apresentados em tabelas, sendo assim o objetivo do estudo foi alcançado. As análises mostraram que o resultado obtido utilizando o adaptador entre os dedos foi 66% maior quando comparado a utilização do adaptador junto ao equipamento e próximo à mão do operador. Indiferente do adaptador utilizado, o nível de ação para exposição ao foi atingido, com isso foram propostas medidas afim de minimizar a exposição ao agente, o que acredita-se, de acordo com a dinâmica dos serviços realizados pela empresa ser possível com medidas simples, porém efetivas.

Palavras-chave: Segurança, Vibração, Mineração

ABSTRACT

LIMA, Estefane Michele. **Analysis of exposure to localized vibration of hands and arms in an equipment operator in a mining area**. 2021. 73f. Monograph (Specialization in Occupational Hygiene) – Continuing Education Program, Polytechnic School of the University of São Paulo, São Paulo, 2021.

Exposure to occupational vibrations can cause serious damage to health, and this topic is still little explored in Brazil, both in terms of research related to its recognition, evaluation and control. Given the complexity of the subject, an in-depth study is necessary. The present work aims to present the results of quantitative assessments of localized vibration of hands and arms in equipment operators (mower/costal blower) in a mining area. Initially, the Preliminary Assessment of exposure for risk recognition and assessment was carried out as determined by Regulatory Standard number 9 in its annex 1. Subsequently, and in possession of the necessary information, the quantitative evaluations of the agent were carried out, using a calibrated vibration meter from the Criffer brand, model Vibrate, accelerometer CR 101, which has a resource for measuring in the 3 orthogonal axes (x ,y,z). The entire study was based on the determinations of ISO 5349:2001) and the methodology of NHO 01 Assessment of occupational exposure to vibrations in hands and arms (2013). Measurements were performed on 1 (one) employee, operating a Sthil brand combustion mower with nylon thread as a cutting tool. The results obtained were analyzed and presented in tables, thus the objective of the study was achieved. The analyzes showed that the result obtained using the adapter between the fingers was 66% higher when compared to using the adapter next to the equipment and close to the operator's hand. Regardless of the adapter used, the level of action for exposure to was reached, thus measures were proposed in order to minimize exposure to the agent, which is believed, according to the dynamics of the services performed by the company, to be possible with simple measures, but effective.

Keywords: Security, Vibration, Mining.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Relação dose-resposta para exposições à vibração em mãos e braços	21
Figura 2 - Relação entre A (8) e D_y	21
Figura 3 - A (8)	22
Figura 4 - Somática	22
Figura 5 - Síndrome do Túnel do Carpo	25
Figura 6 - Doença de Raynaud	26
Figura 7 - Nível de aceleração	27
Figura 8 - Principais parâmetros relacionados com a amplitude da vibração	28
Figura 9 - Frequência de ressonância para segmentos do corpo humano	29
Figura 10 - Aceleração total	30
Figura 11 - Vibração localizada	30
Figura 12 - AREPI	31
Figura 13 - ARE	32
Figura 14 - AREN	32
Figura 15 - Sistema de coordenadas para vibração de mãos e braços	33
Figura 16 - Medidor de vibração com acelerômetro adaptado a mão	35
Figura 17 - Métodos de montagens de acelerômetros conforme ISO 5349:2001	36
Figura 18 - Exemplos de adaptadores conforme ISO 5349:2001	37
Figura 30 - Medidor de Vibração	42
Figura 31 - Acelerômetro	43
Figura 19 - Peças importantes	46
Figura 20 - Cabeçote/ nylon de corte	47
Figura 21 - Cabeçote/ nylon de corte	47
Figura 22 - Lâmina de duas pontas	48
Figura 23 - Lâmina de duas pontas em aço de blindagem	48
Figura 24 - Lâmina de oito pontas	49
Figura 25 - Lâmina de três pontas	49
Figura 26 - Serra circular standart	50
Figura 27 - Serra circular especial	50
Figura 28 - Soprador costal	51
Figura 29 - Peças importantes	52
Figura 32- Recipiente para armazenamento do combustível	54

Figura 33 - Local de realização da roçada	55
Figura 34 - Adaptadores.....	58
Figura 35 - Uso do adaptador.....	59
Figura 36 - Medição	59
Figura 37 - Histograma 1.....	62
Figura 38 - Histograma 2.....	64
Figura 39 - Histograma 3.....	65
Figura 40 - Histograma 4.....	66
Figura 41 - Critério de julgamento e tomada de decisão	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Sistema de Classificação para SVMB/HAVS do Encontro de Estocolmo para Sintomas Vasculares Periféricos e Sens neurais induzidos pelo Frio.....	15
Tabela 2 - Níveis de aceleração ponderados para LA e TLV	23
Tabela 3 - Nível de ação e exposição a VMB.....	24
Tabela 4 - Controle de Vibração.....	27
Tabela 5 - Ponderação nas frequências.....	30
Tabela 6 - Especificações Roçadeira Sthil FS 220.....	44
Tabela 7 - Especificações Soprador Costal Sthil SR 420.....	53
Tabela 8 - Resultados	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGCIH	<i>American Conference of Governmental Industrial Hygienists</i>
BEI	<i>Biological Expousure Indices</i>
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FUNDACENTRO	Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho
GES	Grupo de Exposição Similar
GHE	Grupo Homogêneo de Exposição
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LT	Limite de Tolerância
NA	Nível de Ação
NHO	Norma de Higiene Ocupacional
NR	Norma Regulamentadora
VMB	Vibração em Mãos e Braços
VDVR	Valor da Dose de Vibração Resultante
ARE	Aceleração Resultante da Exposição
AREN	Aceleração Resultante de Exposição Normalizada
PFF	Peça Facial Filtrante
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	OBJETIVO	16
1.2	JUSTIFICATIVA.....	16
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	17
2.1	HIGIENE OCUPACIONAL	17
2.2	CRITÉRIOS TÉCNICO-LEGAIS RELACIONADOS A VIBRAÇÃO	18
2.2.1	QUANTO A CARACTERIZAÇÃO DO RISCO	18
2.2.2	QUANTO A PREVENÇÃO E CONTROLE DO RISCO	18
2.2.3	QUANTO À PREVIDÊNCIA SOCIAL	20
2.2.4	PRINCIPAIS LIMITES E CRITÉRIOS INTERNACIONAIS.....	20
2.2.5	SINTOMAS ASSOCIADOS À EXPOSIÇÃO ÀS DE MÃOS E BRAÇOS...24	
2.2.5.1	TRANSTORNOS MUSCULARES.....	25
2.2.5.2	TRANSTORNOS VASCULARES.....	25
2.2.5.3	TRANSTORNOS NEUROLÓGICOS	26
2.2.5.4	TRANSTORNOS MÚSCULO- ESQUELÉTICOS.....	26
2.2.5.5	PARÂMETROS UTILIZADOS.....	27
2.2.5.6	INTENSIDADE R.M.S (RAIZ MÉDIA QUADRÁTICA).....	27
2.2.5.7	FREQUÊNCIA	28
2.2.5.8	ACELERAÇÃO PONDERADA NAS FREQUÊNCIAS.....	29
2.2.5.9	ACELERAÇÃO TOTAL OU SOMA RESULTANTE DOS EIXOS.....	30
2.2.5.10	ACELERAÇÃO RESULTANTE DA EXPOSIÇÃO PARCIAL (AREPI).....	30
2.2.5.11	ACELERAÇÃO EQUIVALENTE PONDERADA OU ACELERAÇÃO RESULTANTE DA EXPOSIÇÃO(ARE).....	31
2.2.5.12	ACELERAÇÃO NORMALIZADA PARA A JORNADA OU ACELERAÇÃO RESULTANTE DA EXPOSIÇÃO NORMALIZADA(AREN).....	32
2.2.5.13	GRUPO EXPOSIÇÃO SIMILAR OU GRUPO HOMOGÊNEO DE EXPOSIÇÃO	33
2.2.5.14	CICLO DE TRABALHO	33
2.2.5.15	A AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO.....	33
2.2.5.16	LOCALIZAÇÃO E FIXAÇÃO DOS ACELERÔMETROS:	34
2.2.5.17	MEDIÇÃO DOS VALORES DE ACELERAÇÃO.....	39
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	41

3.1	SERVIÇOS DE ROÇADA EM MINERAÇÃO	41
3.2	EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA AVALIAÇÃO	41
3.3	EQUIPAMENTOS AVALIADOS	43
3.3.1	ROÇADEIRAS MANUAIS A COMBUSTÃO	44
3.3.2	SOPRADOR COSTAL À COMBUSTÃO.....	51
3.4	FERRAMENTAS DE CORTE	53
3.5	COMBUSTÍVEL PARA ABASTECIMENTO E LUBRIFICAÇÃO	53
3.6	ROTINA DE TRABALHO – AMBIENTE DE REALIZAÇÃO DO ESTUDO ..	54
3.7	MEDIDAS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL.....	55
3.8	AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL A VIBRAÇÃO LOCALIZADA EM MÃOS E BRAÇOS.....	56
3.9	AVALIAÇÃO QUANTITATIVA.....	58
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
4.1	ANÁLISE DOS RESULTADOS	61
4.2	QUANTO A JORNADA DE TRABALHO E O TEMPO DE EXPOSIÇÃO	67
5	CONCLUSÕES.....	69
	REFERÊNCIAS.....	71

1 INTRODUÇÃO

Vibrações são movimentos oscilatórios provocados por forças desequilibradas de componentes rotativos e movimentos alternados de um equipamento, ferramenta ou máquina. Se o corpo vibra, descreve um movimento oscilatório e periódico, envolvendo deslocamento num tempo. Teremos, então, envolvidas no movimento uma velocidade, uma aceleração e uma frequência (número de ciclos completos/segundos). Desse modo, na avaliação da exposição a esse agente, é necessário coletar informações desses parâmetros, especialmente da aceleração e frequência da vibração. TUFFI MESSIAS SALIBA. MANUAL PRÁTICO DE AVALIAÇÃO E CONTROLE DE VIBRAÇÃO (p. 10). Edição do Kindle.

Os efeitos da vibração no organismo humano dependem de diversos fatores, em particular da intensidade das vibrações, dos valores de frequência, direção, ponto de contato, tempo e forma de aplicação diária, bem como do tempo em que o profissional vem se submetendo à exposição.

As atividades realizadas em área de mineração expõem os trabalhadores a diversos riscos à sua saúde; a vibração de mãos e braços, também conhecida como vibração localizada está presente nas operações com uso de ferramentas manuais vibratórias como martelos, lixadeiras, motosserras, roçadeiras e pode provocar distúrbios e alterações de ordem neurológica, muscular e vascular, podem levar a prejuízos aos expostos e também as empresas devido a redução da capacidade laboral do indivíduo.

Algumas alterações como embranquecimento de mãos e dedos estão relacionadas as alterações de ordem vascular; e são chamadas na terminologia médica por “dedo branco induzido pela vibração”. Além deste pode-se citar formigamento, adormecimento de membros, sensibilidade, perda de destreza e em casos mais graves pode-se chegar a necrose das pontas dos dedos. (CUNHA, Irlon Ângelo da. Exposição Ocupacional à Vibração em Mãos e Braços em Marmorarias no Município de São Paulo: Proposição de Procedimento Alternativo de Medição — Tese (doutorado) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo. São Paulo: 2006).

A tabela abaixo traz a classificação dos estágios induzidos pelo frio na vibração de mãos e braços.

Tabela 1 - Sistema de Classificação para SVMB/HAVS do Encontro de Estocolmo para Sintomas Vasculares Periféricos e Sens neurais induzidos pelo Frio.

ESTÁGIO	GRAU	DESCRIÇÃO
0	-	Sem ataques
1	Suave	Ataques ocasionais
2	Moderado	Ataques ocasionais afetando as falanges distal e média (raramente também a próxima) de um ou mais dedos
3	Severo	Ataques frequentes afetando todas as falanges da maioria dos dedos
4	Muito Severo	Com o estágio 3, com mudanças tróficas da pele da ponta dos dedos

Fonte: ACGIH, 2021

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.

Conforme Irlon Cunha (2006) cita:

A Severidade dos efeitos biológicos da vibração transmitida às mãos é influenciada pelos seguintes parâmetros: exposição acumulada ao longo dos anos; espectro de frequências da vibração; magnitude e direção do sinal de vibração transmitido às mãos; duração da exposição diária; configuração da exposição ao longo do tempo(exposições contínuas com pausas, períodos de descanso e respectivos tempos relativos); métodos de trabalho; magnitude e direção das forças aplicadas pelo operador ao segurar a ferramenta ou a peça trabalhada; posturas das mãos e braços; posição do corpo durante a operação(ângulos dos pulsos, cotovelos e ombros); tipo e condição da ferramenta ou peça trabalhada; área e localização das partes das mãos expostas a vibração (GRIFFIN,1996;ISSO,1986,2001a)

Visando controlar a exposição a vibração, faz-se necessário a avaliação para propor medidas de controle e garantir que não cause danos a saúde dos empregados.

1.1 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é avaliar quantitativamente a exposição de operadores de equipamentos a vibrações localizadas em mãos e braços, provenientes da operação de roçadeira (utilizando como ferramenta de corte o fio de nylon) e soprador costal na roçada de vegetação durante sua jornada de trabalho em uma área de mineração, mais especificamente ao longo de vias pavimentadas e jardins.

1.2 JUSTIFICATIVA

A análise deste estudo, se justifica devido a necessidade de serem realizadas avaliações da exposição a vibração e propor medidas que minimizem as chances de doenças relacionadas ao agente.

Uma avaliação criteriosa e seguindo todas as exigências legais, leva a uma melhor definição na tomada de decisões. Considerou-se explorar e identificar os aspectos relacionados a caracterização da exposição ao agente vibração em mãos e braços na atividade de roçada mecanizada de vegetação em área de mineração, afim de entender todo o processo envolvido, realizar comparações com as normas vigentes e assim propor as melhores medidas de acordo com os resultados encontrados.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 HIGIENE OCUPACIONAL

A higiene ocupacional visa à prevenção da doença ocupacional, através da antecipação, reconhecimento, avaliação e o controle dos agentes ambientais.

Em senso amplo, a atuação da higiene ocupacional prevê uma intervenção deliberada no ambiente de trabalho como forma de prevenção da doença. Sua ação no ambiente é complementada pela atuação da medicina ocupacional, cujo foco está predominantemente no indivíduo. (USP, 2020).

Registros sobre doenças relacionadas ao trabalho no país datam do início do século XX. Embora sendo considerada um mecanismo fundamental dentro do processo de conservação da saúde dos trabalhadores, a Higiene Ocupacional ainda não alcançou, no meio prevencionista brasileiro, a importância que deveria ter. Neste aspecto há de se prestar uma homenagem especial ao saudoso Dr. Benjamin Alves Ribeiro, responsável, na década de 70, pela implantação da disciplina Higiene do Trabalho na Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (Bruin, 2020).

No Brasil tem-se os primeiros registros sobre o tema no início do século XX, através de estudos e trabalhos de Osvaldo Cruz relacionados as epidemias de doenças infecciosas no trabalho, que provocaram a morte de milhares de trabalhadores na construção de ferrovias e em portos. Anterior ao Governo Getúlio Vargas as funções neste campo eram de responsabilidade da Saúde Pública, porém a partir da criação do Ministério do Trabalho, este promoveu a formação de profissionais capacitados na área de Segurança do Trabalho. (REVISTA PROTEÇÃO).

Papel fundamental na divulgação e ampliação dos conhecimentos sobre Higiene Ocupacional, teve a Fundacentro que elaborou diversos trabalhos (incluindo vibrações em operários que atuavam manipulando marteletes pneumáticos) relacionados aos males que a exposição a agentes de risco, poderiam causar aos trabalhadores.

A Higiene Ocupacional no Brasil é representada pela ABHO, que por sua vez, possui profissionais com ampla qualificação e aptidão nos temas relacionados a

exposição aos agentes de risco físicos, químicos, biológicos e ergonômicos. (REVISTA PROTEÇÃO).

2.2 CRITÉRIOS TÉCNICO-LEGAIS RELACIONADOS A VIBRAÇÃO

2.2.1 Quanto a caracterização do risco

O anexo 8 (*Redação dada pela Portaria MTE n.º 1.297, de 13 de agosto de 2014*) da NR 15 – Atividades e Operações insalubres traz os critérios para caracterização de insalubridade decorrente da exposição às Vibrações de Mãos e Braços.

A insalubridade quando constatada será de grau médio, o que assegura ao empregado adicional de 20% do salário mínimo. (NR 15 – Atividades e Operações insalubres).

A Fundacentro, órgão ligado ao Ministério do Trabalho, criou a NHO - Norma de Higiene Ocupacional que estabelece critérios e procedimentos para avaliação da exposição ocupacional às vibrações em mãos e braços (NHO 10), tendo como principal foco a prevenção e o controle dos riscos. Ainda, disponibilizam critérios de julgamento e de tomada de decisão em relação à adoção de medidas preventivas e corretivas com base em dados quantitativos (BRASIL, 2013).

A metodologia especificada na ISO 5349: *Mechanical vibration – Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration* enumera os fatores que influenciam os efeitos da exposição transmitidas aos membros superiores, quais sejam: a) o espectro da frequência da vibração; b) a magnitude da vibração; c) a duração da exposição no período de trabalho; d) a exposição acumulada até a data.

2.2.2 Quanto a prevenção e controle do risco

Em 1986 através do Decreto Federal nº 93413, foi promulgada a Convenção nº 148 da Organização Internacional do Trabalho que trata da proteção dos trabalhadores contra os riscos no ambiente de trabalho relacionados a contaminação do ar, ruído, e às vibrações. Estabelece que a legislação nacional deve adotar medidas de prevenção e limitação dos riscos profissionais a fim de garantir a proteção dos

trabalhadores expostos.(Regulamento da Previdência Social, Anexo II.Disponível<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D3048anexoii-iii-iv.htm>).

A Norma Regulamentadora de número 9, estabelece que todo empregador elabore e implemente o PPRA – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais, afim de preservar a saúde e integridade dos trabalhadores, através da antecipação, reconhecimento, avaliação e controle dos riscos ambientais presentes no ambiente de trabalho ou que venham a existir. Anualmente, ou sempre que necessário deverá ser efetuada uma análise global do programa para avaliar o desenvolvimento das ações propostas e caso necessário, realizar ajustes com estabelecimento de novas metas e prioridades.

O item 9.3.4 desta NR estabelece a obrigatoriedade da realização de avaliação quantitativa para comprovar o controle da exposição ou a inexistência de riscos, identificados na fase de reconhecimento; dimensionar; dimensionar a exposição e subsidiar o equacionamento das medidas de controle. E em seu item relacionado as medidas de controle, estabelece a obrigatoriedade de adoção de medidas que eliminem ou minimizem os riscos na existência de risco potencial à saúde na fase de antecipação; sempre que os resultados das avaliações quantitativas da exposição excederem os valores dos limites previstos na Norma Regulamentadora 15, e na ausência destes, os valores adotados serão os da ACGIH - *American Conference of Governmental Industrial Higienists*, ou ainda, caso existam, aqueles que sejam estabelecidos através de negociações coletivas de trabalho, desde que sejam mais rigorosos do que os citados anteriormente; ou quando ficar caracterizado o nexo causal entre danos observados na saúde dos trabalhadores e a situação de trabalho a que ficam expostos; esta caraterização se dará através de controle médico.

No caso da exposição às Vibrações em Mãos e Braços, a norma vigente que serve de base para critério legal é a NR 15, anexo 8.

A Norma Regulamentadora nº 22, estabelece que as minerações e as que empresas que atuam em tais desobrigam-se da exigência do PPRA e devem elaborar e implementar o PGR – Programa de Gerenciamento de Riscos o qual inclui o agente físico vibração nas em todas as etapas do programa.

2.2.3 Quanto à previdência social

O Decreto n.º 3.048 de 6 de Maio de 1999, cita em seu anexo II, a vibração como agente patogênico causador de doenças profissionais ou do trabalho, estando relacionada a afecções dos músculos, tendões, ossos, articulações, vasos sanguíneos periféricos ou dos nervos periféricos. Na relação dos setores e atividades que contêm o risco são citados: indústrias metalúrgicas, construção naval e automobilísticas; mineração; agricultura; uso de instrumentos pneumáticos; ferramentas vibratórias, elétricas e manuais, e a condução de caminhões e ônibus. Neste mesmo decreto, no anexo IV, que trata da classificação dos agentes nocivos, cita que o direito ao benefício da aposentadoria especial, no caso dos agentes físicos, ocorre para exposição acima dos limites de tolerância, ou para as atividades descritas no referido anexo. Estão inclusas as atividades com perfuratrizes e martelos pneumáticos, considerando tempo mínimo de trabalho, 25 anos. (CUNHA, Irlon Ângelo da. Exposição Ocupacional à Vibração em Mãos e Braços em Marmorarias no Município de São Paulo: Proposição de Procedimento Alternativo de Medição — Tese (doutorado) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo. São Paulo: 2006).

A Instrução Normativa INSS Nº 45 DE 06/08/2010 especifica que:

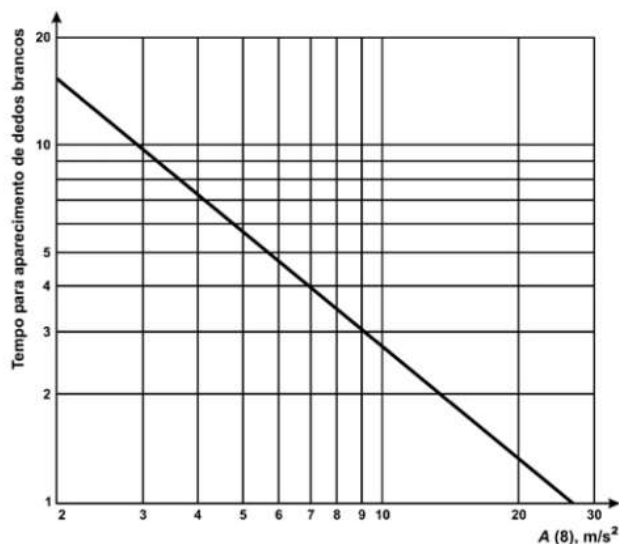
Art. 242. A exposição ocupacional a vibrações localizadas ou no corpo inteiro dará ensejo à aposentadoria especial quando forem ultrapassados os limites de tolerância definidos pela Organização Internacional para Normalização - ISO, em suas Normas ISO nº 2.631 e ISO/DIS nº 5.349, respeitando-se as metodologias e os procedimentos de avaliação que elas autorizam.

2.2.4 Principais limites e critérios internacionais

A ISO 5349(2001) tratada dos requisitos gerais e num segundo momento, traz um guia prático para avaliação da exposição no local de trabalho. O anexo C da primeira parte apresenta uma estimativa com relação a dose-resposta, conforme Figura 1. De acordo com a ISO, a relação pode ser utilizada ao se definir os critérios de exposição voltados à redução dos riscos causados pela exposição dos

trabalhadores a vibração de mãos e braços. Alguns estudos sugerem que os sintomas da Síndrome da Vibração em Mãos e Braços são raros em pessoas expostas a um valor diário $A(8)$ inferior a 2 m/s^2 . Não foram encontrados registros de sintomas para valores de $A(8)$ inferiores a 1 m/s^2 .

Figura 1 - Relação dose-resposta para exposições à vibração em mãos e braços



Fonte: ISO 5349 -1 (2001)

A relação entre $A(8)$ e D_y é dada pela expressão abaixo:

Figura 2 - Relação entre $A(8)$ e D_y

$$D_y = 31,8[A(8)]^{-1,06}$$

Fonte: ISO 5349 -1 (2001)

Sendo que D_y representa o número de anos necessários para o surgimento de lesões vasculares em 10% da população exposta a VMB.

O valor de $A(8)$ se refere à exposição diária normalizada para um período de 8 horas representada pela expressão:

Figura 3 - A (8)

$$A(8) = a_{hv} \sqrt{T/T_0}$$

Fonte: ISO 5349 -1 (2001)

Onde:

T – Corresponde à duração total diária da exposição à vibração a_{hv}

T_0 - corresponde à duração de 8 horas

A_{hv} – corresponde à aceleração média resultante, representativa da exposição ocupacional diária, considerando a soma vetorial dos três eixos ortogonais.

Se a atividade implicar exposições a diferentes operações com magnitudes distintas de vibração, a exposição diária normalizada se dará pela somatória dos componentes parciais, através da expressão:

Figura 4 - Somática

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{hvi}^2 \times T_i}$$

Fonte: ISO 5349 -1 (2001)

Onde:

T – Corresponde à duração total diária da iésima operação

T_0 - corresponde à duração de 8 horas

a_{hvi} – corresponde à aceleração média resultante, relativa a iésima operação

Os limites de tolerância propostos pela ACGIH, para vibrações localizadas, referem-se aos níveis e tempos de exposição para os quais se acredita que a maioria dos trabalhadores possa ser repetidamente exposta, dia após dia (VENDRAME, 2012). O valor do limite de exposição ocupacional está tabulado na tabela 2 e refere-se à exposição diária de 5 m/s^2 que representa as condições sobre as quais se acredita que maior parte dos trabalhadores possa ser exposta sem evoluir para além do estágio 1 do Sistema de Classificação do Workshop de

Estocolmo para os Dedos Brancos Induzidos pela Vibração, também chamado de Fenômeno de Reynaud de Origem Ocupacional.

Tabela 2 - Níveis de aceleração ponderados para LA e TLV

Tempo de Exposição à Vibração(hrs)	Aceleração Ponderada ($a_{hv(rms)}$ m.s ⁻²)	
	TLV	LA
0,25 (15 min)	28,28	14.14
1.0	14.14	7.07
2	10.0	5.0
4	7.07	3.54
6	5.77	2.89
8	5.0	2.5

Fonte: ACGIH (2021)

Entretanto, a área entre o LA/AL e TLV corresponde a zona de cautela que requer ações para controlar a exposição, tais como:

- 1) a utilização de ferramentas ou luvas antivibratórias;
- 2) o treinamento de trabalhadores e supervisores com relação aos sintomas iniciais da SVMB/HAVS, a importância da manutenção das mãos e corpo aquecidos, a redução do acoplamento da vibração entre as mãos e a ferramenta de modo a minimizar a exposição à vibração e 3) um programa de vigilância médica aplicado de forma conscienciosa (ACGIH, 2021).

A avaliação da vibração deve seguir todas as diretrizes constantes na ISO 5349(2001), devendo ser feita em cada eixo(x,y,z) e a comparação com os limites da norma deve se dar através da comparação da aceleração ponderada em frequência, eficaz, correspondente ao eixo dominante.

A diretiva 2002/44/EC estabelece níveis de ação e limites de exposição para VMB. Esses valores são equivalente as legislação brasileira em vigor(Anexo 8 da NR 5 e anexo 1 da NR 9), onde a aceleração resultante A(8) equivale a aceleração *aren* conforme Tabela 3.

Tabela 3 - Nível de ação e exposição a VMB

Área	Nível de ação	Limite de Exposição
Mãos e Braços	2,5 m/s ² A(8)	5,0 m/s ² A(8)
1.0	0,5 m/s ² A(8)	1,15 m/s ² A(8)

Fonte: ACGIH, 2021

2.2.5 Sintomas associados à exposição às de mãos e braços

De acordo com Rocha e Bastso(2017), a utilização de ferramentas vibratórias de uso doméstico, podem expor as mãos esporadicamente a vibrações de grandes amplitudes, mas somente as exposições diárias e por longos períodos podem provocar problemas à saúde dos expostos. Vcita-se como fatores relacionados com os efeitos das exposições a este agente:

- 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).

Ainda, segundo Rocha e Bastos (2016), a exposição às vibrações localizadas, em especial às mãos, podem resultar em uma série de transtornos, que vão desde disfunção vascular à distrúrbios musculoesqueléticos, conforme citado a seguir.

2.2.5.1 TRANSTORNOS MUSCULARES

Os trabalhadores que utilizam ferramentas manuais vibratórias e que realizam atividades de esforço físico intenso e repetitivo, se queixam de fadiga muscular, o que pode levar a uma incapacidade funcional e diminuição da força de prensão das mãos. Tendinites e tenossinovites das extremidades dos membros superiores também são fatores relacionados a exposição a vibrações, ainda relacionados com a utilização de ferramentas manuais.

De acordo com Rocha e Bastos(2016), tais fatores podem levar a estresse sob 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, podendo levar a Síndrome do Túnel do Carpo, que surge devido à compressão do nervo mediano, que passa pelo punho e inerva a palma da mão, podendo causar formigamento e sensação de agulhas no polegar, indicador ou dedo médio.

Figura 5 - Síndrome do Túnel do Carpo

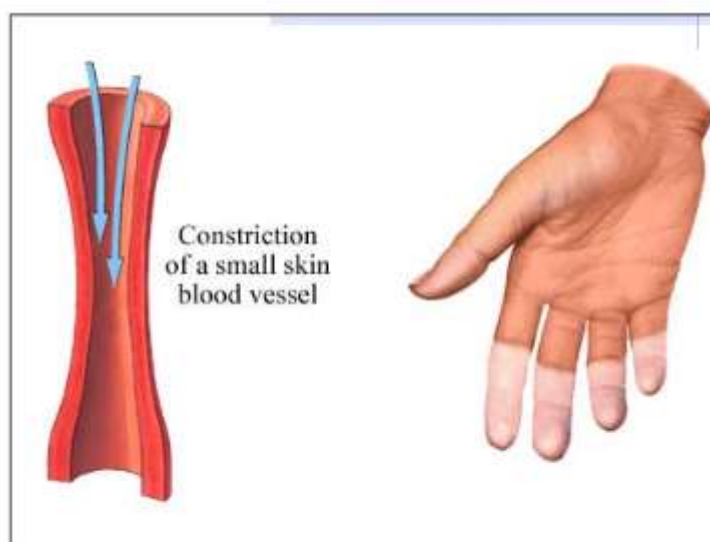


Fonte: Site Cidade verde

2.2.5.2 TRANSTORNOS VASCULARES

Os transtornos vasculares provocados pela exposição às vibrações, são caracterizados por uma supressão temporária da circulação sanguínea para os dedos, podendo causar palidez e um esbranqueamento destes membros, sobretudo na presença de frio, causando maior sensibilidade devido à vasoconstrição. (Rocha e Bastos (2016))

Figura 6 - Doença de Raynaud



Fonte: Site Cidade verde

2.2.5.3 TRANSTORNOS NEUROLÓGICOS

Ainda de acordo com Rocha e Bastos (2016), os trabalhadores expostos a vibrações podem sentir dormência e formigamento nos dedos e mãos. Exposições contínuas tendem a agravar os sintomas, o que interfere diretamente na capacidade para o trabalho e na vida do profissional.

2.2.5.4 TRANSTORNOS MÚSCULO- ESQUELÉTICOS

Segundo Rocha e Bastos(2016), as atividades que exigem esforço intenso com uma força de preensão elevada podem levar a lesões esqueléticas, bem como outros fatores biomecânicos. Dores, inchaços, rigidez e deformidades das articulações podem ser constatados em resultados radiológicos que podem mostrar a degeneração óssea das articulações.

2.2.5.5 PARÂMETROS UTILIZADOS

Intensidade de vibração — Aceleração

Para Saliba (2021) como a vibração é um movimento oscilatório, para sua quantificação são utilizados os parâmetros deslocamento, velocidade e aceleração. Na higiene ocupacional, normalmente a avaliação da vibração é feita por meio da aceleração do movimento em m/s^2 ou em dB. O nível de aceleração da vibração r.m.s. (raiz média quadrática) em decibel é calculado de acordo com a fórmula:

Figura 7 - Nível de aceleração

$$NA = 20 \log \frac{A}{A_0} + 120 \text{ dB} \quad (1)$$

Sendo:

A — Aceleração

A_0 — Nível de aceleração de referência igual a 10^{-6} m/s^2

Exemplo:

Um medidor de vibração registra aceleração de $1,0 \text{ m/s}^2$, o valor em dB é igual a:

$$NA = 20 \log \frac{1}{10^{-6}} = 120 \text{ dB} \quad (2)$$

Fonte: Saliba (2021)

A correspondência entre alguns valores de aceleração em m/s^2 e dB é mostrada na tabela 4.

Tabela 4 - Controle de Vibração

Aceleração em m/s^2	Aceleração em dB
1,0	120
10	140
0,5	113,9
0,1	100
0,78	117,8

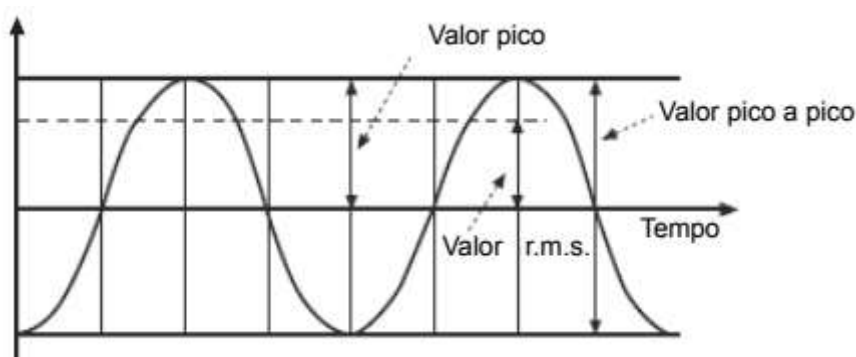
Fonte: (SALIBA, 2021)

2.2.5.6 INTENSIDADE R.M.S (RAIZ MÉDIA QUADRÁTICA)

De acordo com Saliba (2021) os principais parâmetros relacionados com a amplitude da vibração são: o valor de pico representado pela aceleração máxima do pico num intervalo de tempo de 1 segundo; o valor pico a pico que representa a distância do valor máximo e mínimo e o valor r.m.s que representa a média da energia do movimento vibratório. Este último é mais importante na medida da amplitude.

Os três parâmetros num movimento vibratório estão representados na Figura abaixo.

Figura 8 - Principais parâmetros relacionados com a amplitude da vibração



Fonte: (SALIBA, 2021)

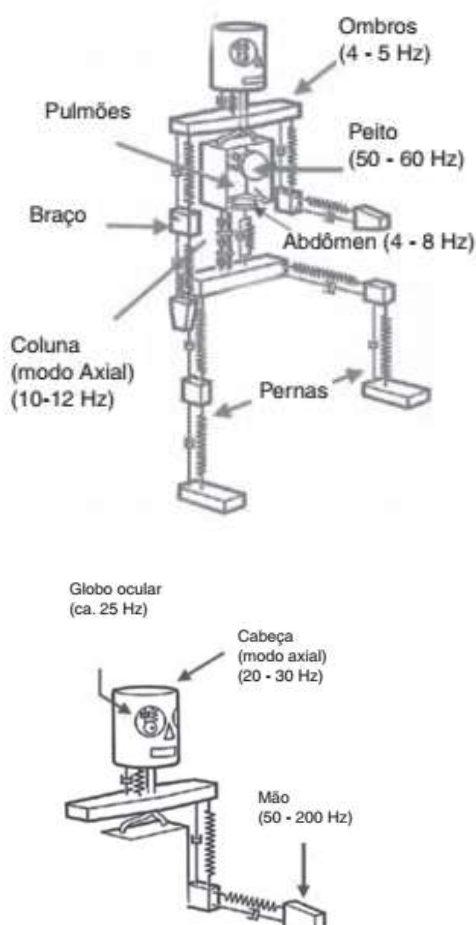
2.2.5.7 FREQUÊNCIA

A relação entre o número de vibrações e o tempo de duração em segundos caracteriza a frequência de um movimento oscilatório, tal parâmetro é expresso pela unidade Hertz ou Hz.

De acordo com Saliba (2021) a vibração é resultado do movimento inerente aos corpos que possuem massa e elasticidade. O corpo humano possui uma vibração natural. Quando uma frequência externa coincide com a frequência natural do sistema, ocorre a ressonância, que causa a amplificação do movimento. O corpo faz a absorção da energia por consequente atenuação promovida pelos tecidos e órgão.

Cada parte do corpo humano possui uma frequência de ressonância, conforme expresso na figura 5:

Figura 9 - Frequência de ressonância para segmentos do corpo humano



Fonte: BRUEL E KJAER (1989)

2.2.5.8 ACELERAÇÃO PONDERADA NAS FREQUÊNCIAS

Ainda segundo Saliba (2021), a resposta da sensibilidade humana às vibrações é diferente nas frequências. Sendo assim, na avaliação ocupacional do agente, os valores das acelerações são ponderadas ou corrigidos em função da resposta para cada frequência e são indicadas em função dos eixos x, y e z e o tipo de vibração conforme tabela abaixo:

Tabela 5 - Ponderação nas frequências

Ponderação nas frequências	Aplicação
w_h	Ponderação de mão e braço nos eixos X, Y e Z
w_k	Ponderação de corpo inteiro no eixo Z
w_d	Ponderação de corpo inteiro nos eixos X e Y

Fonte: (SALIBA, 2021)

2.2.5.9 ACELERAÇÃO TOTAL OU SOMA RESULTANTE DOS EIXOS

A aceleração total se dá através dos valores de aceleração obtidos nos três eixos

Figura 10 - Aceleração total

$$A_t = \sqrt{k_x^2 a_{wx}^2 + k_y^2 a_{wy}^2 + k_z^2 a_{wz}^2}$$

Fonte: (SALIBA, 2021)

Onde:

a_{wx} , a_{wy} , a_{wz} — acelerações r.m.s ponderadas como os respectivos eixos ortogonais x,y e z.

k_x , k_y , k_z — fatores de multiplicação dos respectivos eixos ortogonais x, y e z.

Na vibração localizada, a aceleração total se dá pela formula:

Figura 11 - Vibração localizada

$$A_t = \sqrt{a_{whx}^2 + a_{why}^2 + a_{whz}^2}$$

Fonte: (SALIBA, 2021)

2.2.5.10 ACELERAÇÃO RESULTANTE DA EXPOSIÇÃO PARCIAL (AREPI)

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 obtida 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):

Figura 12 - AREPI

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

ou

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

Fonte: Brasil, 2013.

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.

2.2.5.11 ACELERAÇÃO EQUIVALENTE PONDERADA OU 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):

Figura 13 - ARE

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

Fonte: Brasil, 2013.

Sendo:

$Arepi$ = aceleração resultante de exposição parcial;

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

T_i = 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.

2.2.5.12 ACELERAÇÃO NORMALIZADA PARA A JORNADA OU 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):

Figura 14 - AREN

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

Fonte: Brasil, 2013.

Sendo:

are = aceleração resultante de exposição;

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

T_0 = 8 horas ou 480 minutos.

2.2.5.13 GRUPO EXPOSIÇÃO SIMILAR OU GRUPO HOMOGÊNEO DE EXPOSIÇÃO

Corresponde a um grupo de trabalhadores que experimentam exposição semelhante, de forma que o resultado fornecido pela avaliação da exposição de parte do grupo seja representativo da exposição de todos os trabalhadores que compõem o grupo. (NHO-09 da FUNDACENTRO, 2013).

2.2.5.14 CICLO DE TRABALHO

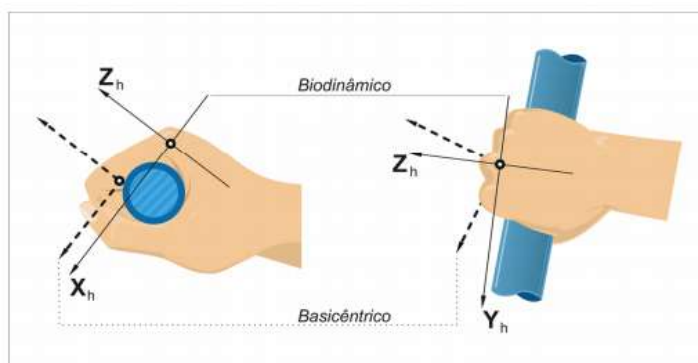
De acordo com Saliba (2021) um ciclo de trabalho se refere a análise das tarefas que compo em a atividade do trabalhador, considerando as repetições nos intervalos de tempo.

2.2.5.15 A AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO

A norma ISO 5349:2001 estabelece os procedimentso de montagem dos acelerômetros junto a ferramenta de forma a obter um valor representativo do sinal que atinge o sistema mão-braço do operador.

As direções da vibração desem ser reportadas de um sistema de coordenadas ortogonais(Saliba, 2021), conforme sugerido na Figura 6.

Figura 15 - Sistema de coordenadas para vibração de mãos e braços



Fonte: ISO 5349 -1 (2001)

Para evitar conflito entre a terminologia proposta aqui e a usada em biodinâmica para definir a exposição humana de corpo inteiro, a norma ISO

recomenda que os movimentos da mão para várias direções do sistema de coordenadas sejam designados pelo subscrito h (hand). Assim, a aceleração da mão na direção “z” deve ser designada por azh e similarmente para as direções x e y. A aceleração de corpo inteiro no eixo longitudinal é designada somente por az (Saliba, 2019).

2.2.5.16 LOCALIZAÇÃO E FIXAÇÃO DOS ACELERÔMETROS:

Para realizar as medições de exposição a vibração localizada de mãos e braços é importante saber que devem ocorrer na região onde a vibração é transmitida ao sistema mão-braço, ou seja, na superfície do membro ou o mais próximo possível dele. Devem ser realizadas segundo as três direções de um sistema de coordenadas ortogonais, simultaneamente, utiliza-se para este processo um acelerômetro do tipo triaxial. (Saliba, 2019).

O acelerômetro é o elemento que capta o movimento vibratório transformando-o em grandeza mensurável, ou seja, fornece um sinal de saída elétrico, mecânico ou óptico proporcional ao deslocamento (aceleração). Os tipos mais comuns de acelerômetro são: piezoelétricos com eletrônica integrada (ICP); piezorresistivo; capacitância variável; servo-acelerômetro (4). O transdutor (acelerômetro) piezoelétrico é usado universalmente para a medição de aceleração absoluta de vibrações. (Saliba, 2019).

O acelerômetro de ser montado de preferência na parte central da zona de preensão (meio dos punhos). É fundamental, nos casos em que os adaptadores forem montados entre os dedos, que se tenha cuidado especial de forma que se mantenha o transdutor o mais próximo possível do punho da ferramenta, afim de evitar a amplificação de componentes rotacionais e evitar ressonâncias que possam vir a afetar a vibração medida.

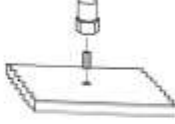
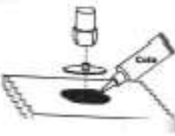

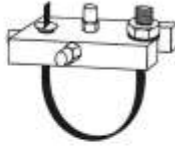

Figura 16 - Medidor de vibração com acelerômetro adaptado a mão



Fonte: (SALIBA, 2021)

Quando forem identificadas diferenças significativas entre os níveis de aceleração que atingem as duas mãos, as medições deverão ser realizadas na mão exposta ao maior nível (NHO 10, 2013)

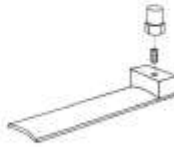

Figura 17 - Métodos de montagens de acelerômetros conforme ISO 5349:2001

Montagem/condição	Vantagens	Desvantagens	Figura
Fixação do acelerômetro na superfície vibrante por meio de prisioneiro rosqueável	<ul style="list-style-type: none"> - Boa resposta em frequência - Não é afetado pela temperatura da superfície 	<ul style="list-style-type: none"> - A superfície de contato deve ser plana - Não pode ser utilizada se houver comprometimento à segurança da ferramenta, seja ela elétrica ou pneumática 	
Fixação do acelerômetro na superfície vibrante por meio de cola	<ul style="list-style-type: none"> - Boa resposta em frequência 	<ul style="list-style-type: none"> - Superfície de contato deve estar plana e limpa 	
Fixação do acelerômetro na superfície vibrante por meio de resina de epóxi	<ul style="list-style-type: none"> - Boa resposta em frequência - Boa adaptação às superfícies irregulares 	<ul style="list-style-type: none"> - Superfície de contato deve estar limpa 	
Acelerômetros fixados a blocos de montagem leves, conectados à superfície vibrante por meio de abraçadeiras de metal tipo U	<ul style="list-style-type: none"> - Adequada para medições triaxiais 	<ul style="list-style-type: none"> - Montagem volumosa e pesada 	
Acelerômetros fixados a blocos de montagem leves, conectados à superfície vibrante por meio de abraçadeiras de nylon ou metal	<ul style="list-style-type: none"> - Permite montagem rápida e é leve - Adequada para medições triaxiais - Não possui bordas abruptas 	<ul style="list-style-type: none"> - Pode apresentar limitações principalmente para medições em punhos de ferramentas motorizadas 	

Fonte: Irlon Cunha, 2006

O uso de adaptadores posicionados na palma ou entre os dedos do operador, pode permitir medições feitas embaixo das mãos.

Figura 18 - Exemplos de adaptadores conforme ISO 5349:2001

Tipo	Vantagens	Desvantagens	Figura
Adaptador para punho	<ul style="list-style-type: none"> - Pode ser utilizado em situações nas quais, o acoplamento fixo não é aplicável, como por exemplo em superfícies com materiais resilientes ou macios 	<ul style="list-style-type: none"> - Seu uso é adequado somente quando a posição da mão é fixa, permanecendo apoio constante no punho da ferramenta - A resposta em frequência depende da superfície do material - A presença do adaptador pode influenciar a operação da ferramenta e conseqüentemente a magnitude da vibração resultante - Fixação adicional é requerida para medição da vibração transversa 	
Adaptador moldado individualmente	<ul style="list-style-type: none"> - Pode ser utilizado nos casos em que uma montagem fixa não é viável, por exemplo devido a presença de material resiliente - Pequena influencia do adaptador durante a operação da ferramenta - Resposta em frequência 	<ul style="list-style-type: none"> - A preparação do adaptador é laboriosa - dificuldade para uso em medições triaxiais 	

Fonte: Irlon Cunha, 2006

A alternativa de fixação de transdutores na mão do trabalhador exposto, quando possível deve ser realizada pois retrata melhor a exposição do operador no momento da operação do equipamento, já que podem ocorrer mudanças de posturas e posição das mãos em relação aos punhos e estrutura da ferramenta.

O procedimento citado não é válido quando a região de fixação na mão não coincide com a zona de exposição que nada mais é que interface entre a fonte de vibração e a região do corpo para a qual a energia da vibração é transferida. Essa condição pode ser observada quando, por exemplo o operador segura a ferramenta com as pontas dos dedos e o transdutor e adaptador estejam fixados na palma da mão. O profissional no momento da sua avaliação deve levar em conta estes fatores. (FUNDACENTRO, 2013).

Quando o transdutor for fixado na ferramenta, o dispositivo de fixação do acelerômetro deve ser selecionado de acordo com o ponto de medição (localizado na zona de exposição). Atenção e cuidado devem prevalecer ao se avaliar tipos de fixação, pois aqueles que promovam acoplamento fraco entre o transdutor e a superfície vibrante, não devem ser utilizados. O uso de alguns tipos de cola pode ser prejudicial ao componente. (FUNDACENTRO, 2013).

Sempre que possível, o acelerômetro deve ser fixado diretamente à superfície vibrante por meio de prisioneiro. Outra alternativa é a fixação do acelerômetro em um cubo metálico, que deve ser pequeno e leve tanto quanto possível. Este conjunto deve ser acoplado à superfície vibrante por meio de abraçadeiras metálicas ou plásticas (FUNDACENTRO, 2013).

Quando o assunto é montagem de acelerômetros, um cuidado é quanto o posicionamento e a fixação dos cabos de conexão ao medidor. Os cabos não podem comprometer o movimento livre do operador, ao mesmo tempo que deve-se avaliar a melhor forma de fixar os cabos evitando danos aos acessórios e oscilações desnecessárias que possam fornecer sinais indesejados e não verdadeiros, comprometendo a veracidade dos resultados da avaliação. (FUNDACENTRO, 2013).

A adoção de alguns cuidados quando a medição for realizada em local úmido, se faz necessária afim de proteger as conexões elétricas por exemplo. Películas transparentes de PVC são comumente utilizadas neste tipo de trabalho. O intuito é promover a vedação, de forma que não haja comprometimento do funcionamento de todo o conjunto.

Segundo Saliba (2019), na avaliação ocupacional, se utiliza na maior parte das vezes, um instrumento portátil que atenda as especificações da ISO 8041:2005. Tal medidor é ligado através de cabos ao acelerômetro e deve possuir recurso de ponderação da aceleração nas frequências em função da resposta do corpo humano, fornecendo a aceleração r.m.s ponderada nas frequências em cada eixo, além da aceleração da soma dos três eixos, x,y e z. Existem no mercado, medidores que permitem uma avaliação detalhada dos valores das acelerações nas respectivas frequências, já que possuem filtros de frequência em terça de oitava.

Os medidores de vibração possuem programas específicos para transferência dos dados para um computador, representados em tabelas e gráficos com histórico de cada medição.

Em determinadas situações, algumas opções de montagem do acelerômetro podem interferir na forma habitual do operador segurar a ferramenta ou peça que está sendo trabalhada. A impossibilidade de fixação do acelerômetro pode ser outra dificuldade decorrente da forma da ferramenta ou peça ou, ainda, da existência de revestimento com material resiliente nos pontos de medição (FUNDACENTRO, 2013).

Em algumas situações, a medição em dois pontos distintos se faz necessária, para alcance da representatividade desejada. Neste caso adota-se o uso da média dos valores obtidos nos dois pontos.

2.2.5.17 MEDIÇÃO DOS VALORES DE ACELERAÇÃO

Todos os equipamentos de medição de vibração devem estar calibrados. É importante seguir alguns passos para que o trabalho seja realizado de acordo com as normas, começando pela verificação dos acelerômetros, cabos e conexões; carga das baterias; ajuste dos parâmetros de medição e regulação dos medidores de acordo com as instruções do fabricante.

O avaliador deve conduzir o seu trabalho de forma que não haja interferência na forma como o operador realiza a atividade.

Antes de iniciar as medições, o avaliador deve fazer um breve relato do objetivo do trabalho e solicitar ao operador que a medição não deve interferir na sua rotina e que deve informar ao avaliador sobre ocorrências que possam ocorrer

durante o período das avaliações; é importante ressaltar quanto a fragilidade dos dispositivos utilizados, solicitando cuidado e evitando movimentos bruscos e agressivos durante a atividade; informar ainda que os dispositivos fixados para medição da vibração, só deverão ser removidos pelo avaliador.

Os dados só serão validados após concluir-se que o equipamento se manteve regular durante a medição considerando a integridade eletromecânica do conjunto, nível de tensão da bateria aceitável e calibração realizada ao fim das medições(deve permanecer dentro da faixa de tolerância de $\pm 5\%$ com relação a regulagem inicial)ou da especificada na documentação do medidor, considerando a mais restritiva.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo, traz os critérios e técnicas utilizados para o reconhecimento e avaliação das atividades de roçada mecanizada com uso de roçadeira a combustão e utilização de soprador costal no que diz respeito a avaliação da exposição ao agente estudado. São apresentados os métodos e procedimentos de avaliação.

3.1 SERVIÇOS DE ROÇADA EM MINERAÇÃO

Os serviços estão inclusos no contrato de manutenção de áreas verdes, que além de prever a realização de manutenção em jardins, conta com o serviço de roçada mecanizada com utilização de roçadeira costal.

Os serviços são realizados de acordo com cronograma pré estabelecido pelo cliente em áreas administrativas da mineração, composta via pavimentadas e prédios administrativos.

3.2 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA AVALIAÇÃO

Para o estudo, foi utilizado o medidor de vibração da marca Criffer, modelo Vibrate acoplado ao acelerômetro triaxial montado em adaptador específico. Esse instrumento calibrado e é certificado em laboratório especializado, conforme Anexo 01. Segundo o fabricante o conjunto acelerômetro/adaptadores, que foi desenvolvido e fabricado no Brasil, é o mais leve do mercado, permitindo avaliações precisas, mesmo em ferramentas muito leves. Contém três tipos de sensores, permitindo avaliar a vibração de corpo inteiro, localizada de mãos e braços e realizar testes de luvas. Permite ainda obter relatórios, demonstrando gráficos e os parâmetros exigidos pelas normas brasileiras de Higiene Ocupacional

Os materiais e métodos devem ser descritos de forma precisa, assim como os procedimentos, instrumentos e equipamentos utilizados, de modo que outros pesquisadores possam repetir os passos do autor e compreender os resultados obtidos.

Informações sobre coleta, processamento de dados e variáveis estudadas devem ser apresentadas, bem como os dados sobre local da pesquisa, população estudada, tipo de amostragem, técnicas, incluindo os de natureza estatística.

Técnicas e processos já publicados devem ser apenas referidos por citação de seu autor, enquanto novas técnicas, modificações de técnicas consagradas e de equipamentos utilizados devem receber descrição detalhada.

As marcas comerciais de equipamentos e materiais em geral, quando importantes para a melhor compreensão do trabalho, devem ser incluídas e podem aparecer no texto ou em nota de rodapé.

A metodologia deve seguir a sequência cronológica do desenvolvimento do trabalho, devendo o autor demonstrar capacidade de síntese e clareza.

Pode-se adotar outro nome para esta parte: Material e Métodos, Procedimentos

Metodológicos, Metodologia, entre outros.

Figura 19 - Medidor de Vibração



Fonte: Manual Criffer Vibrate

Quanto ao acelerômetro, foi utilizado o CR – 101. Através do sistema de coordenadas biodinâmico dos três canais X, Y e Z. Se definem o posicionamento do sensor conforme a empunhadura para diversos equipamentos manuais; possui um sensor MEMS com a tecnologia mais atual de transdutores de vibração o que

proporciona maior resistência a choques além de ser leve e pequeno, além de atender os requisitos da ISO 5349-2.

Figura 20 - Acelerômetro



Fonte: Manual Criffer Vibrate

Deve-se utilizar adaptadores conforme determina a NHO 10 - Avaliação da Exposição Ocupacional a Vibração de Mãos e Braços, em seu item 6.3.2.3 e conforme já citado neste trabalho.

3.3 EQUIPAMENTOS AVALIADOS

Os equipamentos utilizados na avaliação foram roçadeiras costais a combustão, de fabricação da empresa Stihl, modelo FS220 e o soprador costal à combustão da mesma marca, modelo SR 420.

Abaixo, segue as especificações da roçadeira:

Tabela 6 - Especificações Roçadeira Stihl FS 220

Capacidade tanque de Combustível	580 cm ³
Peso (sem combustível, sem ferramenta de corte e sem proteção)	7,7 kg
Comprimento total	1850 mm
Vibração a _{hv,eq} conforme ISO 22867(COM CABEÇOTE DE CORTE)	3,5 m/s ² (cabo da mão esquerda) 3,7 m/s ² (cabo da mão direita)
Cilindrada	35,2 cm ³
Diâmetro do cilindro:	38 mm
Curso do pistão:	31 mm
Potência conforme ISO 8893:	1,7 kW(2,3 OS) a 9500 1/min
Rotação na marcha	2800 1/min
Nº máximo de rotações permitida (ferramenta de corte de metal):	14000 1/min
Rotação máxima do eixo de transmissão (ferramenta de corte	10000 1/min

Fonte: MANUAL STIHL (2018)

3.3.1 Roçadeiras manuais a combustão

Roçadeiras, são máquinas destinadas a vegetações e terrenos mais resistentes e densos. Podem ser elétricas ou a gasolina, e também possuem diferenças em seus tipos de lâminas. Roçadeiras com corte a nylon são mais leves e podem ser usadas em gramados, enquanto aquelas a gasolina são recomendadas para terrenos maiores, como pastos e locais com vegetação mais densa. Os equipamentos a a gasolina possuem diferentes aplicações, características e conjunto de corte, estão disponíveis modelos desde para utilização ocasional até trabalhos de jardinagem profissional, agropecuária e manejo sustentável.

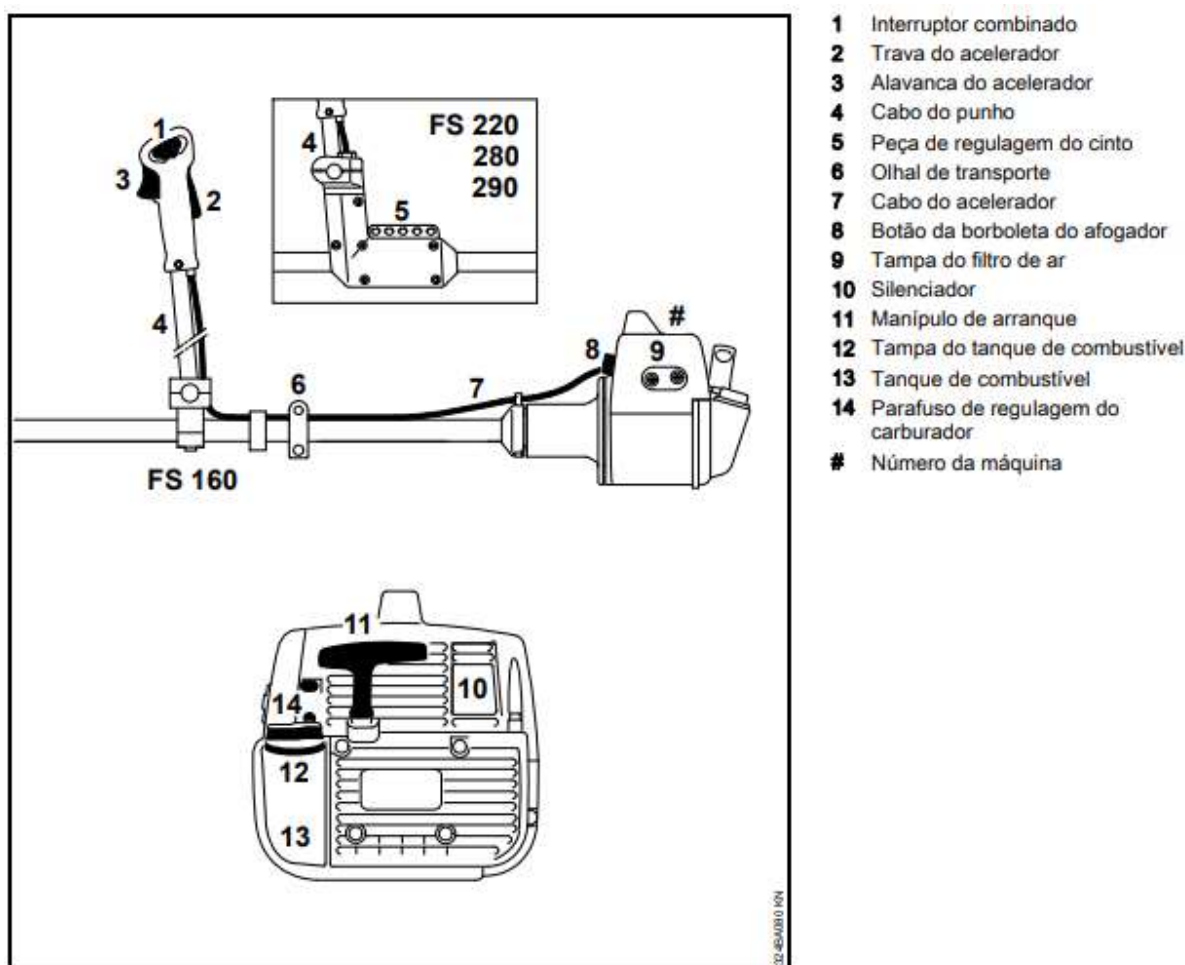
A Stihl fabricante da roçadeira em seu manual, alerta para os cuidados e medidas de segurança no manuseio, já que se trata de uma ferramenta de corte de rotação muito alta.

Por se tratar de uma ferramenta com alta probabilidade de acidentes, uma série de medidas devem ser tomadas antes de realizar a operação desta:

- Verificação do sistema de combustível quanto a vedação, principalmente as peças visíveis como tampa do tanque, conexões das mangueiras e bomba de combustível. Se há vazamentos ou danos;
- A combinação entre ferramenta de corte, proteção, cabo e cinto deve ser permitida e todas as peças devem estar montadas corretamente
- Interruptor combinado / interruptor stop facilmente movidos para STOP ou 0
- Fácil manuseio da trava do acelerador (se disponível) e o acelerador devem ser de fácil manuseio. O acelerador deve voltar automaticamente para a marcha lenta
- Verificar o assento do terminal de vela de ignição. Se o terminal da vela estiver solto, as faíscas podem entrar em contato com o combustível e vapores;
- Ferramenta de corte ou implemento: verificar se estão montados corretamente, bem assentados e sem danos
- Verificar se os dispositivos de proteção (como proteção da ferramenta de corte, prato giratório) estão sem danos e sem desgaste.
- Substituir peças danificadas. Não operar a máquina se estiver com a proteção danificada e o prato giratório com desgaste (quando não se distinguir a escrita e a seta)
- Não efetuar alterações nos dispositivos de manuseio e segurança
- Os punhos devem estar limpos e secos, livres de óleo e sujeiras, para proporcionar um manuseio seguro
- O cinto e o(s) punho(s) devem ser regulados de acordo com a altura do operador.

A roçadeira STIHL FS 220 é uma máquina robusta indicada para tarefas pesadas e intensas por longos períodos de tempo, como corte de grama, capim, pasto, arbusto. Pode ser utilizada tanto em aclives como em declives. Sua alta potência proporciona maior rendimento e agilidade.

Figura 21 - Peças importantes



Fonte: Manual Roçadeira Stihl(2020)

A estrutura deste equipamento é composta por um motor que através de um eixo cardã, aciona uma peça rotativa na outra extremidade. Tal peça, que também pode receber o nome de conjunto de corte, contém lâminas retas, curvas ou circulares, mas também podem ser cabeçotes com fio de nylon.

Abaixo, são apresentados os modelos de ferramentas de corte utilizados no modelo da roçadeira.

Conjunto de corte TrimCut - Para trabalhos de corte, limpeza e acabamento. O fio de corte é reajustado manualmente.

Figura 22 - Cabeçote/ nylon de corte



Fonte: Blog STHIL, 2021

Lâmina de quatro pontas: Lâmina de aço especial indicada para corte de grama.

Figura 23 - Cabeçote/ nylon de corte



Fonte: Site STHIL, 2021

Lâmina de duas pontas: Lâmina de aço especial indicada para trabalhos de corte, limpeza e manutenção com baixa e média dificuldades.

Figura 24 - Lâmina de duas pontas



Fonte: Site STIHL, 2021

Lâmina de duas pontas em aço de blindagem: Em aço de blindagem, oferece maior durabilidade, sendo a mais segura do mercado. Equipa as máquinas de maior potência. Indicada para trabalhos de corte, limpeza e manutenção nas atividades dos mercados florestal, agropecuário e de jardinagem.

Figura 25 - Lâmina de duas pontas em aço de blindagem



Fonte: Site STIHL, 2021

Lâmina de oito pontas: Lâmina de aço especial indicada para corte de grama e relva.

Figura 26 - Lâmina de oito pontas



Fonte: Site STIHL, 2021

Lâmina de três pontas: Lâmina de aço indicada para trabalhos de roçada de alta dificuldade.

Figura 27 - Lâmina de três pontas



Fonte: Site STIHL, 2021

Serra circular standart: Ferramenta especial de aço, com dentes pontiagudos e boa capacidade de corte, para arbustos lenhosos.

Figura 28 - Serra circular standart



Fonte: Site STHIL, 2021

Serra circular especial: Serra circular com dentes especialmente desenhados para o corte preciso e eficaz de arbustos e troncos lenhosos de até 10 cm.

Figura 29 - Serra circular especial



Fonte: Site STHIL, 2021

O manual da roçadeira traz de forma detalhada e explicativa todos os procedimentos a serem seguidos para uma operação segura da máquina. Forma correta de ligar, forma correta de segurar, orientações para o trabalho seguro, abastecimento da máquina, riscos de acidentes, manutenções e consertos, distância segura de operação, bem como os EPI's obrigatórios. Importante ressaltar que o manual traz também informações quanto a vibração que é transmitida pela máquina às mãos e braços do operador.

3.3.2 Soprador costal à combustão

Segundo a Sthil, o soprador STIHL BR 420 foi projetado especialmente para o trabalho de varrição. Podendo ser utilizado para varrer parques, bosques, ruas, campos de futebol, limpeza de máquinas agrícolas, entre outros. Equipamento costal, com potência adequada e peso reduzido.

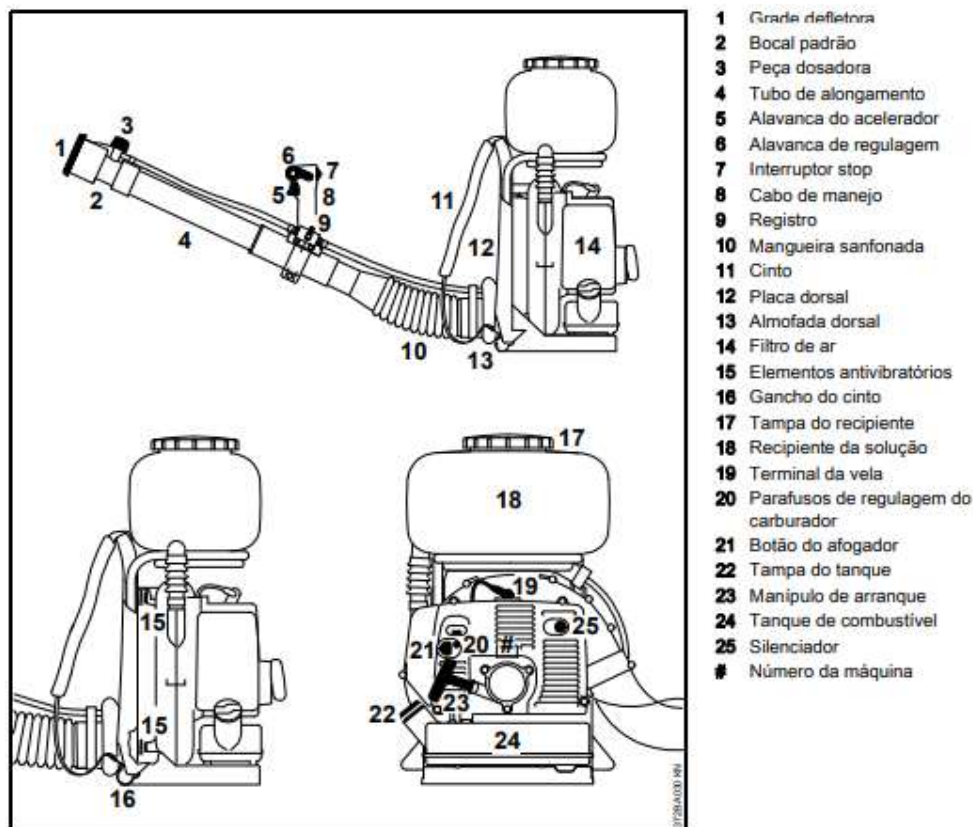
Figura 30 - Soprador costal



Fonte: Manual Soprador Costal SR 420 , Sthil

Abaixo segue o detalhamento do equipamento:

Figura 31 - Peças importantes



Fonte: Manual Soprador Costal SR 420 , Sthil

Assim como a roçadeira à combustão, faz-se necessária adoção de medidas de segurança para a operação do equipamento, que possui similaridades quanto as recomendações referentes a Equipamentos de proteção individual, sinalização, abastecimento, etc.

Abaixo, segue as especificações do soprador costal:

Tabela 7 - Especificações Soprador Costal Sthil SR 420

Capacidade tanque de Combustível	1500 cm ³
Potência de sopro	Velocidade do ar: 101 m/s Volume de ar máximo sem instalação de sopro: 1260 m ³ /h Volume de ar com bico: 750 m ³ /h
Peso (com combustível e solução de pulverização)	11,1 kg
Comprimento total	1850 mm
Vibração ahv,eq conforme ISO 8662	2,3 m/s ² (cabo da mão direita)
Cilindrada	56,5 cm ³
Diâmetro do cilindro:	46 mm
Curso do pistão:	34 mm
Potência conforme ISO 7293:	2,6 kW(3,5 PS)
Rotação na marcha lenta	2800 1/min
Rotação do motor/ventilador em operação	7500 1/min

3.4 FERRAMENTAS DE CORTE

Para a realização da atividade de roçada mecanizada de vegetação, ao longo de vias de acesso as áreas administrativas da mineração foram utilizadas o conjunto de corte Trimcut. Na empresa avaliada não é permitido o uso de lâminas de corte por questões de segurança no trabalho.

3.5 COMBUSTÍVEL PARA ABASTECIMENTO E LUBRIFICAÇÃO

É necessária uma mistura de combustíveis composta por gasolina e óleo de motor para funcionar. Combustíveis impróprios ou misturas fora das especificações podem corroer o motor e desgastá-lo. Deve-se utilizar recipiente adequado para o

óleo de motor e o mesmo processo para a gasolina; é preciso agitar os dois líquidos juntos antes de realizar o abastecimento, este por sua vez deve obedecer a proporção indicada no manual do equipamento.

O abastecimento foi realizado em local bem ventilado com o equipamento desligado. O processo ocorre a cada 59 minutos de trabalho. O tanque possui capacidade de 0,58 litros e o combustível é armazenado em galão próprio, certificado pelo INMETRO, tem capacidade de 5 litros e fica acondicionado em bacia de contenção para o caso de vazamentos do inflamável.

A mistura de gasolina com o óleo dois tempos, é realizada pelo encarregado do serviço antes da ida para a frente de serviço.

Figura 32- Recipiente para armazenamento do combustível



Fonte: Próprio Autor.

3.6 ROTINA DE TRABALHO – AMBIENTE DE REALIZAÇÃO DO ESTUDO

Os empregados iniciam sua jornada de trabalho às 07:30hs, de segunda a sexta-feira. É realizado o Diálogo Diário de Saúde e Segurança antes de qualquer atividade, onde deve-se escolher um tema específico para ser discutido entre toda a

equipe, e tem duração de aproximadamente 15 minutos. Após o término do diálogo, os empregados se preparam para iniciar o trabalho, o que consiste em realizar uma análise prévia do que será necessário para o trabalho do dia, considerando EPI's e materiais necessários. Após, é realizado o carregamento do caminhão e os empregados são direcionados ao local que deverão realizar as atividades. No local é realizada a ART – Análise de Risco da Tarefa onde os próprios operadores devem identificar os riscos aos quais estarão expostos e propor medidas de mitigação do risco.

Logo após, é realizada a sinalização do local com tela específica, afim de impedir a projeção de materiais em pessoas e veículos que estejam transitando no local, são utilizados também, cones para alertar sobre a presença da equipe na via; serviços de “pare e siga” também podem ser utilizados, já que em alguns casos é necessário impedimento temporário por questões de segurança. No dia avaliado, foram utilizados cones de sinalização.

Figura 33 - Local de realização da roçada



Fonte: Próprio Autor.

3.7 MEDIDAS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL

Para a atividade são previstos os EPI's relacionados abaixo:

- Botina de Segurança tipo manobreiro, com biqueira de composite e palmilha autoperfurante com proteção do metatarso;
- Perneira de Couro
- Avental de raspa;
- Capacete de segurança com jugular;
- Óculos de segurança com lente escura ou incolor;
- Luva de vaqueta;
- Protetor Facial de Tela;
- Abafador de ruído tipo concha – atenuação XXdB acoplado ao capacete;
- Respirador semi facial PFF2;
- Além de Protetor Solar
- Capuz árabe

3.8 AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL A VIBRAÇÃO LOCALIZADA EM MÃOS E BRAÇOS

Durante o estudo, os empregados foram informados sobre o objetivo do trabalho, os procedimentos realizados e cuidados necessários, estando cientes da liberdade de esclarecer quaisquer dúvidas.

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.

Atendendo a NHO 10, após a obtenção das informações técnicas e administrativas relacionadas a roçadeira e ao soprador costal, constatou-se que para a atividade estariam envolvidos 8 operadores e todos utilizariam o mesmo modelo de equipamento.

Após a análise preliminar, na qual se obteve informações relacionadas aos níveis de vibração geradas pelos equipamentos. As roçadeiras visualmente estavam em bom estado de conservação, sem partes móveis expostas, carcaça e estrutura fixas, ausência de vazamentos. Ressalta-se que antes do uso, os operadores

preencheram o check list e todos são orientados que em caso de não conformidade, o supervisor imediato deve ser acionado e o equipamento não deve ser utilizado.

Foi constatado que não existe um plano de manutenção preventiva dos equipamentos e que estes são enviados para manutenção externa apenas para correção de defeitos e falta de funcionamento.

Verificou-se também que ambos os equipamentos estavam em boas condições de uso.

Foi constatado que não haviam outros dados anteriores de medições realizadas; foram verificados também condições específicas de trabalho que pudessem contribuir para agravamento das condições de exposição e não constatou-se nenhuma condição adversa.

De acordo com relatos do encarregado do serviços a estimativa de tempo efetivo varia de acordo com a demanda e que geralmente gira em torno, é de 4 horas, pois os empregados chegam no local da atividade por volta das 09:00hs; iniciam a atividade por volta das 09:20hs; no caso específico deste estudo, devido ao trabalho ter sido realizado em vias de acesso onde o trânsito de veículos é intenso, há a necessidade de parar a roçada para impedir projeção de materiais; o serviço é interrompido a cada 50 minutos para o abastecimento; os empregados fazem parada para o almoço às 11:30hs, retornando as 13:30hs; reiniciam o trabalho por volta das 13:50 e encerram às 15:30hs.

Foi questionado a existência de queixas ou predisposições por parte dos empregados e as únicas reclamações foi quanto ao ruído emitido pelo soprador costal.

Com relação aos níveis de vibração gerados pelos equipamentos, concluiu-se que para roçadeiras, o nível informado pelo fabricante em seu manual e conforme o quadro Tabela 8 é de $3,5 \text{ m/s}^2$ (cabo da mão esquerda); $3,7 \text{ m/s}^2$ (cabo da mão direita), portanto encontram-se acima do NA especificado na Norma de higiene ocupacional. Já para o soprador costal este valor é de $2,0 \text{ m/s}^2$.

Foi avaliado 01 empregado.

Iniciou-se então a montagem e instalação do medidor de vibração e do acelerômetro para avaliação da exposição, obedecendo as metodologias constates na ISO 5349 e da NHO 10 da FUNDACENTRO.

3.9 AVALIAÇÃO QUANTITATIVA

Após a verificação dos dados relacionados aos equipamentos, bem como a dinâmica do trabalho, foi verificado que haviam 8 empregados na frente de serviço, e que dois deles ficavam realizando a sinalização e uso de apito para alertar quando a presença de veículos na via. Os demais empregados permaneceram realizando a roçada, ou sejam, realizavam a mesma atividade, bem como o mesmo tipo de roçadeira e utilizando apenas nylon para corte.

Iniciou-se então a montagem e instalação do medidor de vibração e do acelerômetro para avaliação da exposição, obedecendo as metodologias constates na ISO 5349 e da NHO 10 da FUNDACENTRO.

O medidor foi fixado na alça do cinto da roçadeira. Utilizou-se no estudo, dois adaptadores de acelerômetros: Um que é preso ao equipamento com auxílio de fita adesiva para garantir firmeza e o outro entre os dedos indicador e médio.

Figura 34 - Adaptadores



Fonte: Próprio Autor.

Foi avaliado por 20 minutos, a operação com uso do adaptador preso ao equipamento conforme imagem, sendo que o início das medições se deu às 09:20hs do dia 24 de agosto de 2021, na região de Nova Lima, região metropolitana de Belo Horizonte. O operador foi orientado a não retirar a mão do equipamento, afim de garantir maior confiabilidade nos dados da medição.

Às 09:45hs retirou-se o adaptador e partiu-se para a instalação do segundo adaptador. Dessa vez o mesmo foi inserido entre o dedo indicador e o médio do operador. A atividade foi realizada das 09:50hs até 10:20hs.

Figura 35 - Uso do adaptador



Fonte: Próprio Autor.

Às 10:40, iniciou-se a medição para exposição causada pelo soprador costal. Foi seguido o mesmo procedimento da roçadeira com o mesmo intervalo de tempo (entre 15 e vinte minutos).

Figura 36 - Medição



Fonte: Próprio Autor.

Procedeu-se então para retirada do equipamento do operador.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos na avaliação quantitativa de vibração de mãos e braços, durante a atividade de roçada utilizando-se fio de nylon como ferramenta de corte foram eficazes e com isso concluiu-se que as condições são salubres, mesmo que tenha sido atingido o nível de ação de $2,5 \text{ m/s}^2$ conforme o anexo 8 da NR 15.

A tabela 9 apresenta os resultados(aren) para avaliação de VMB na roçadeira e soprador e os histogramas podem ser verificados nos anexos deste documento.

Tabela 8 - Resultados

Nº	DATA	TEMPO MEDIÇÃO (min)	x	y	z	Aren(m/s^2)	FC
Roçadeira	24/08/2021	00:23:30	01,89	02,63	01,45	2,52	4,59
Roçadeira	24/08/2021	00:30:30	03,59	03,44	01,90	3,80	5,61
Soprador	24/08/2021	00:23:46	01,29	01,34	01,21	1,25	9,78
Soprador	24/08/2021	00:22:45	00,92	01,43	01,27	1,19	4,54

4.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS

O histograma abaixo traz os resultados da medição utilizando-se adaptador fixado ao equipamento(roçadeira), junto à mão do operador:

Figura 37 - Histograma 1

Análise de exposição à vibração @ VIBRATE SN: 051000595

Empresa avaliada: XXXXXXXXXX Setor: Áreas Verdes - Histograma 01 Funcionário avaliado: XXXXXXXXXX - Operador Equipamentos Tipo: VMB	Data: 24/08/2021 Jornada de trabalho [h:mm]: 08:00
--	---

Componentes de exposição

Evento	arep	VDVj(X)	VDVj(Y)	VDVj(Z)	FC(X)	FC(Y)	FC(Z)	Tempo de exposição
1	03,56	17,51	22,23	12,62	04,30	04,37	04,59	04:00

Resultado da avaliação

are [m/s²]: 2,52	VDVexpj [m/s¹,75]	VDVR [m/s¹,75]: 43,90
aren [m/s²]: 2,52	X: 31,30	
FC: 4,59	Y: 39,74	
	Z: 22,56	

Calibração

Cert. cal.: CRV0614/2021 19/02/2021

Observações

Medição realizada durante operação da roçadeira Stihl FS 220 com acelerômetro preso na mesma.

Análise de exposição à vibração @ VIBRATE SN: 051000595

Configurações

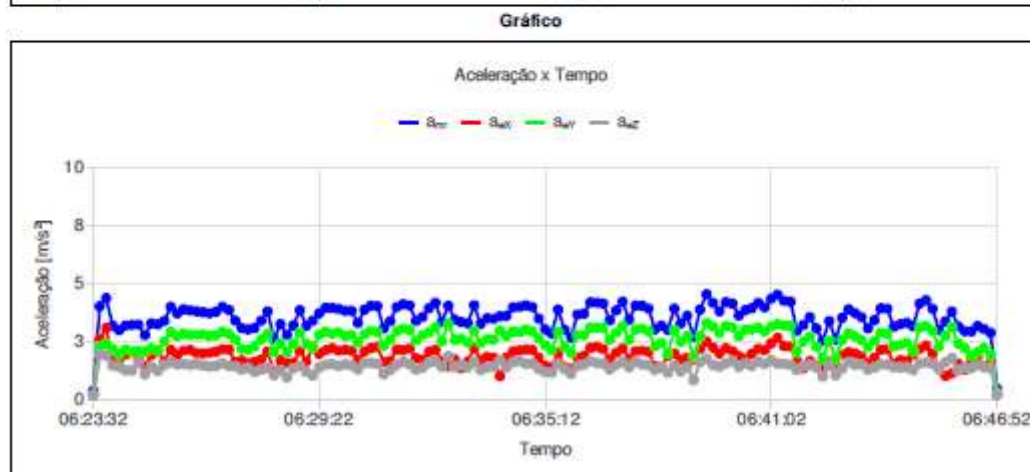
Evento: 1 Ponderação de tempo: Rápida (F) Tempo de amostragem [s]: 10 Início: 06:23:32 Fim: 06:46:52 Duração: 00:23:30 Tempo de exposição: 04:00:00 Tempo em pausa: 00:00:00	Tabela: Ensaio21 Ponderação em frequência X: Wh Y: Wh Z: Wh	Fator de multiplicação X: 01,00 Y: 01,00 Z: 01,00
---	---	--

Sensor

Nome: VMB NS: 101	Sensibilidade [mV/g] X: 10,00 Y: 10,00 Z: 10,00
----------------------	--

Resultados

Aceleração			
Máximo [m/s²]	Mínimo [m/s²]	Média [m/s²]	Pico [m/s²]
X: 03,10	X: 00,24	X: 01,89	X: 10,84
Y: 03,33	Y: 00,24	Y: 02,63	Y: 12,44
Z: 01,97	Z: 00,25	Z: 01,45	Z: 09,05



O histograma abaixo traz os resultados da medição utilizando-se adaptador entre os dedos:

Figura 38 - Histograma 2

Análise de exposição à vibração @ VIBRATE SN: 051000595

Empresa avaliada: [REDACTED]				Data: 24/08/2021			
Setor: Áreas Verdes - Histograma 02				Jornada de trabalho [hh:mm]: 08:00			
Funcionário avaliado: [REDACTED] - Operador Equipamentos							
Tipo: VMB							

Componentes de exposição

Evento	arep	VDVj(X)	VDVj(Y)	VDVj(Z)	FC(X)	FC(Y)	FC(Z)	Tempo de exposição
1	05,38	39,11	32,28	20,55	05,03	05,16	05,61	04.00

Resultado da avaliação

are [m/s²]: 3,80	VDVexp [m/s³,75]	VDVR [m/s³,75]: 72,97
aren [m/s²]: 3,80	X: 65,50	
FC: 5,61	Y: 54,06	
	Z: 34,42	

Calibração

Cert. cal.: CRV0614/2021 19/02/2021

Observações

Medição realizada durante operação da roçadeira Stihl FS 220 com acelerômetro entre os dedos do operador.

Análise de exposição à vibração @ VIBRATE SN: 051000595

Configurações

Evento: 1		Tarefa: Ensaio22	
Ponderação de tempo: Rápida (F)	Ponderação em frequência	Fator de multiplicação	
Tempo de amostragem [s]: 10	X: Wh	X: 01,00	
Início: 06:50:33	Y: Wh	Y: 01,00	
Fim: 07:20:53	Z: Wh	Z: 01,00	
Duração: 00:30:30			
Tempo de exposição: 04:00:00			
Tempo em pausa: 00:00:00			

Sensor

Nome: VMB	Sensibilidade [mV/g]
NS: 101	X: 10,00
	Y: 10,00
	Z: 10,00

Resultados

Aceleração			
Máximo [m/s²]	Mínimo [m/s²]	Média [m/s²]	Pico [m/s²]
X: 06,22	X: 00,28	X: 03,59	X: 22,61
Y: 04,83	Y: 00,21	Y: 03,44	Y: 15,51
Z: 03,39	Z: 00,14	Z: 01,90	Z: 11,21

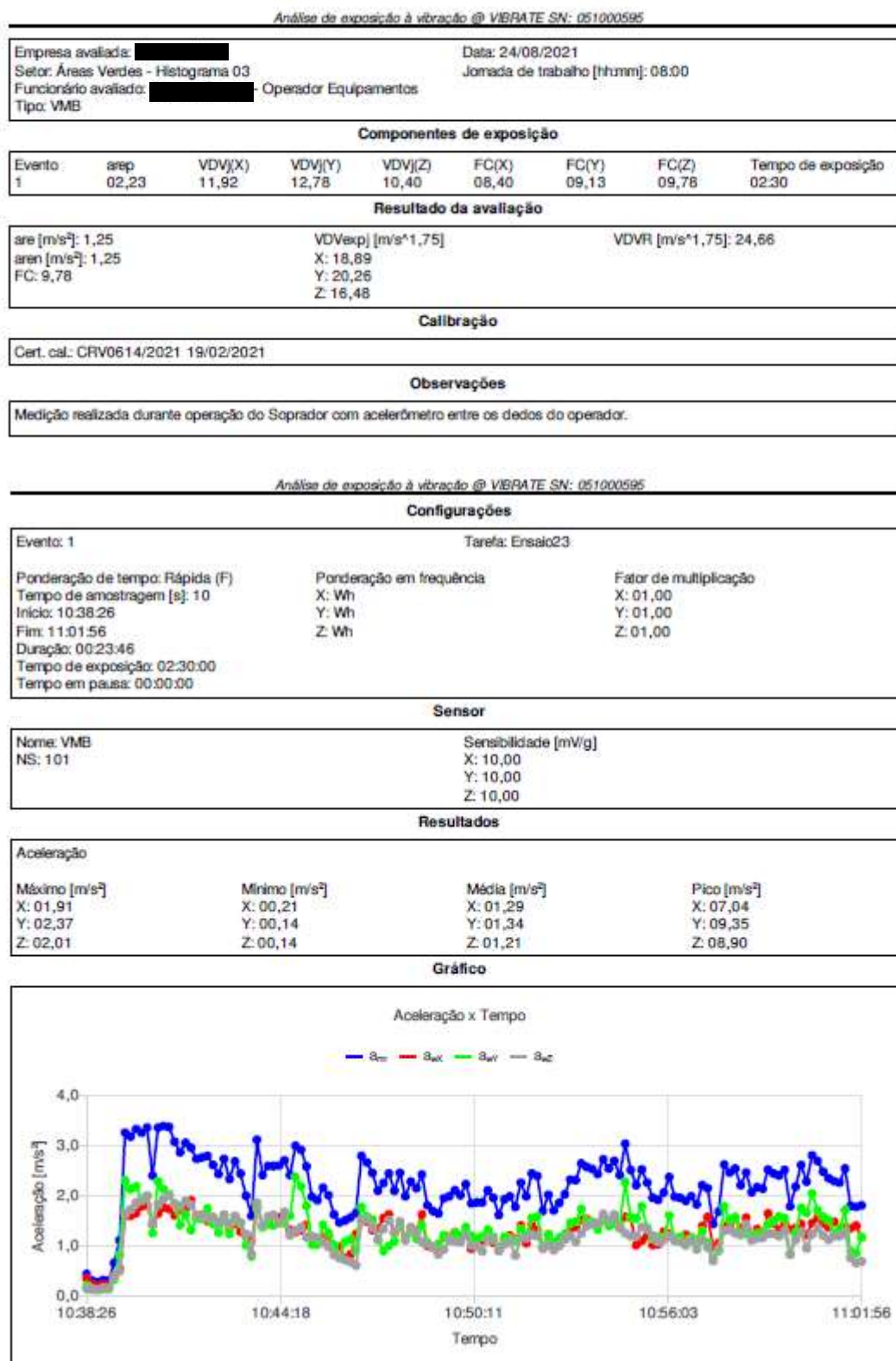
Gráfico

Aceleração x Tempo

Fonte: Arquivo Pessoal

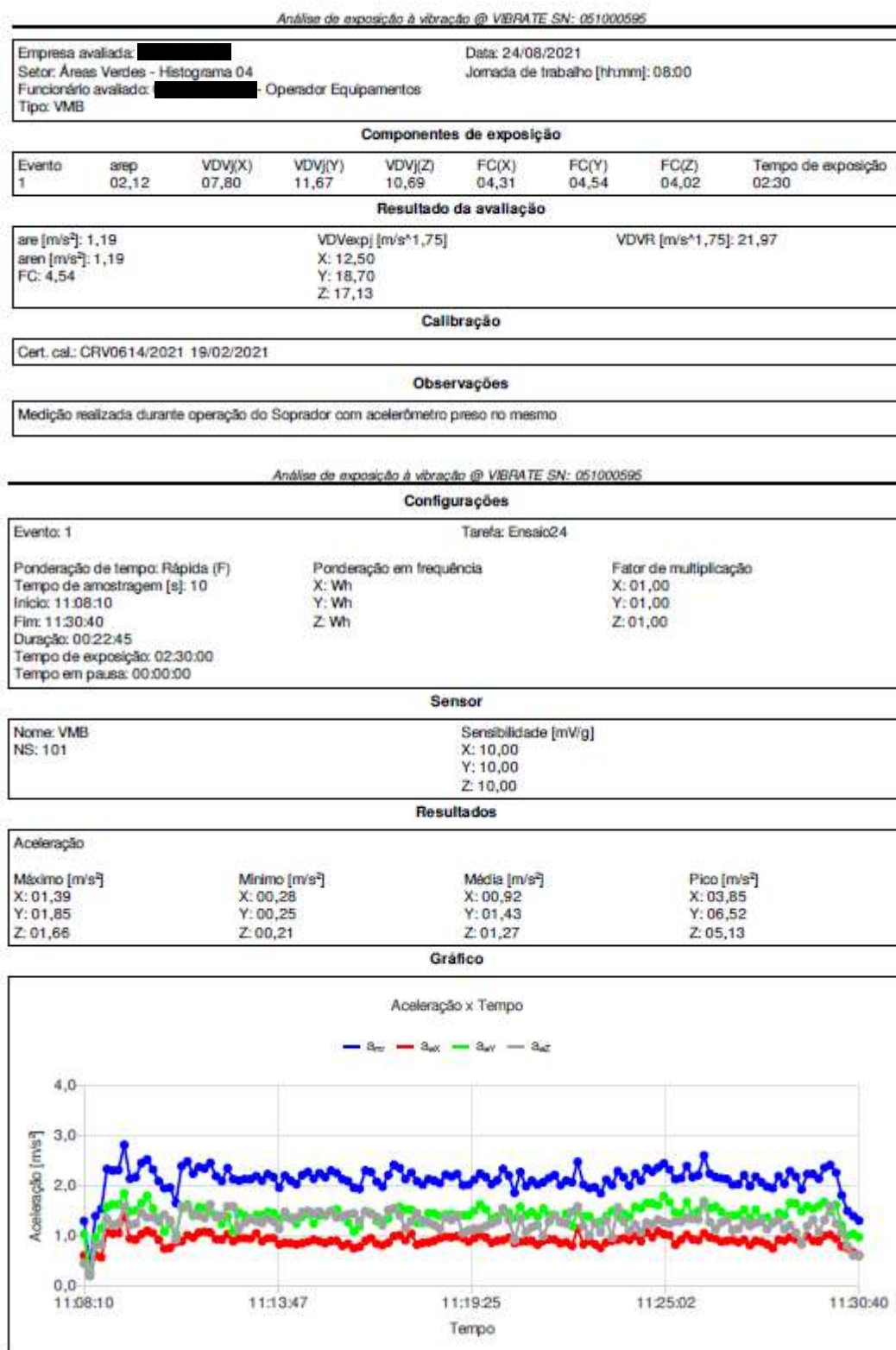
Na sequência, segue o histograma da medição realizada no soprador costal utilizando o adaptador preso ao equipamento:

Figura 39 - Histograma 3



E por último, o histograma da medição utilizando-se o adaptador entre os dedos:

Figura 40 - Histograma 4



Cabe ressaltar aqui, que optou-se por realizar as medições também no soprador costal, embora o manual do equipamento informe que a vibração transmitida é baixa, conforme tabela 8. A NHO 10 em seu item 6.5.1 traz os critérios de julgamento e tomada de decisão. Através do quadro 1 são apresentadas considerações técnicas e recomendações em função da aren encontrada na medição realizada.

Figura 41 - Critério de julgamento e tomada de decisão

<i>aren (m/s^2)</i>	<i>Consideração técnica</i>	<i>Atuação recomendada</i>
0 a 2,5	Aceitável	No mínimo, manutenção da condição existente
> 2,5 a < 3,5	Acima do nível de ação	No mínimo, 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(2013)

Pode-se concluir que de acordo com os resultados obtidos, o nível de ação foi atingido e, no entanto, devem ser adotadas medidas preventivas como monitoramento periódico da exposição, informações e orientação aos empregados, além de controle médico.

4.2 QUANTO A JORNADA DE TRABALHO E O TEMPO DE EXPOSIÇÃO

A carga horária da equipe avaliada é de 8 horas, no entanto o tempo efetivo de operação dos equipamento gira em torno de 4 horas, já que devido a transporte para a áreas, preenchimento de documentações de segurança, a atividade se inicia por volta das 09:00hs; são realizadas pausas para abastecimento das roçadeiras a cada 50 minutos, o que totaliza 40 minutos, faz-se pausas também sempre que há interferência de veículos no local e no fim da jornada, o trabalho é paralisado por

volta das 11:30hs para que os empregados se desloquem para o refeitório da empresa, retornando às 12:45hs e o trabalho finaliza por volta das 15hs.

Foi verificado que os operadores se hidratam com água nos momentos em que há o abastecimento das roçadeiras.

Pode-se certificar que as amostras realizadas são a realidade para os demais operadores de equipamentos, pois foi constatado que todos realizam as mesmas atividades nas mesmas condições.

5 CONCLUSÕES

A abordagem proposta neste trabalho traz contribuições a ISO, com relação a indicação de alterações na norma que permitam a inserção e detalhamento de outras montagens dos transdutores, principalmente junto às mãos dos operadores.

O tipo de montagem utilizada e a localização do acelerômetro influenciam nos resultados alcançados. O uso do adaptador entre os dedos trouxe incômodo ao operador, além de não transmitir a realizada já que não fica ajustado e fixo, com isso há interferências constantes nas medições. Nota-se que os resultados obtidos na avaliação com este adaptador foram 66% maiores do que na avaliação utilizando-se o adaptador preso no equipamento por meio de fita isolante, localizado junto à mão do operador.

Analizando os resultados encontrados nas avaliações quantitativas, foi possível verificar que existe uma diferença relevante quando se utiliza o adaptador preso aos dedos do operador, obtendo o resultado de $3,80 \text{ m/s}^2$, enquanto quando se utiliza o adaptador preso ao equipamento junto à mão do operador, esse valor cai para $2,52 \text{ m/s}^2$. De acordo com o guia de boas práticas para vibrações em mãos e braços da União Europeia (ISVR, 2006), produzido por importantes instituições voltadas à saúde ocupacional, existe algum risco de dano às mãos e braços mesmo quando as exposições estão abaixo do nível de ação, implicando responsabilidades aos empregadores quanto a implementação de medidas que garantam a mitigação dos riscos, sendo assim, optou-se por considerar o valor mais restritivo e por isso faz-se necessária a adoção de medidas preventivas para controle do risco, são elas:

- Avaliação periódica da exposição e das medidas de controle adotadas;
- Orientação periódica aos expostos com abordagem de temas relacionados a procedimentos de trabalho para redução da exposição;
- Controle médico semestral/anual dos expostos;
- Adoção de um plano efetivo e consistente de manutenção preventiva dos equipamentos, considerando a situação de cada um;
- Realização de pausas, além das já realizadas e relatadas no estudo (implantar procedimento orientando número e tempo de pausas;

- Elaborar um relatório de pausas e exigir o preenchimento diário por parte dos operadores com o intuito de evidenciar que os empregados são treinados e registram suas pausas diárias;
- Estudar a viabilidade do uso de luva anti vibração, embora a empresa tenha alegado que já foram realizados testes, porém houve queixas quanto a ajustes do EPI à mão.

Conclui-se então que o objetivo do estudo proposto foi atingido, onde pôde-se acompanhar toda a dinâmica realizada para conclusão da atividade que baseia-se na roçada, utilizando roçadeira costal a combustão e soprador costal. Verificou-se que o tempo efetivo de operação dos equipamentos é relativamente pequeno, considerando transporte até o local da atividade, preenchimento de documentações, pausas para abastecimento dos equipamentos, pausas devido a trânsito de veículos no local (tratando-se da roçada ao longo da via de acesso), parada para almoço, antecipação do término das atividades devido a logística de transporte para volta dos empregados ao canteiro da empresa para higienização corporal. Porém ainda assim, reforça-se a necessidade de atenção com relação à exposição dos empregados a vibração em mãos e braços mesmo e adoção de medidas preventivas e de vigilância à saúde, que incluam orientações aos trabalhadores sobre os efeitos da exposição e os procedimentos para minimizá-la.

REFERÊNCIAS

BRUIN, Luis Augusto de. Higiene Ocupacional. **Revista Proteção**, N.A., v. 2019, n. 332, p. 1-3, set. 2020.

CUNHA, Irlon Ângelo da. Exposição Ocupacional à Vibração em Mãos e Braços em Marmorarias no Município de São Paulo: Proposição de Procedimento Alternativo de Medição — Tese (doutorado) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo. São Paulo: 2006.

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.

SILVEIRA, Jorge William Pedroso. Efeitos da vibração no corpo humano. In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Não use números Romanos ou letras, use somente números Árabicos., 2012, Ponta Grossa. **Efeitos da vibração no corpo humano**. Ponta Grossa: Conbrepro, 2012. p. 1-12.

Regulamento da Previdência Social, Anexo II. Acessado em 21.08.2021. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D3048anexoii-iii-iv.htm>

STHIL. **Como escolher uma roçadeira?** Disponível em: <https://www.stihl.com.br/como-escolher-uma-rocadeira.aspx>. Acesso em: 21 08 2021.

TUFFI MESSIAS SALIBA. MANUAL PRÁTICO DE AVALIAÇÃO E CONTROLE DE VIBRAÇÃO (p. 61). Edição do Kindle, 2021.

TUFFI MESSIAS SALIBA. MANUAL PRÁTICO DE AVALIAÇÃO E CONTROLE DE VIBRAÇÃO (p. 12). Edição do Kindle, 2021.

TUFFI MESSIAS SALIBA. MANUAL PRÁTICO DE AVALIAÇÃO E CONTROLE DE VIBRAÇÃO (p. 13). Edição do Kindle, 2021.

TUFFI MESSIAS SALIBA. MANUAL PRÁTICO DE AVALIAÇÃO E CONTROLE DE VIBRAÇÃO (p. 16). Edição do Kindle, 2021.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Escola Politécnica Programa de Educação Continuada. **Agentes Físicos I**. Epusp- EAD/ PECE, 2020a. 61 e 62p.

VENDRAME. **V I B R A Ç Õ E S Vibração sobre o homem**. Disponível em: <https://docplayer.com.br/5054808-V-i-b-r-a-c-o-e-s-vibracao-sobre-o-homem.html>. Acesso em: 21 ago. 2021.

ANEXOS



Certificado de Calibração

Número do certificado: CRV0614/2021

Data de calibração: 19/02/2021

Data da emissão do certificado: 19/02/2021

DADOS DO CLIENTE:

Nome: [REDACTED]

Endereço: [REDACTED]

DADOS DO INSTRUMENTO CALIBRADO:

Instrumento:	Medidor de vibrações	Acelerômetro VCI	Acelerômetro VMB
Marcas:	CRIPPER	CRIPPER	CRIPPER
Modelo:	VIBRATE	CR-100	CR-101
Número série:	31000393	32000226	33000160

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO: PCA-003 - Rev. C

MÉTODO DE CALIBRAÇÃO: Medição por comparação com os padrões abaixo relacionados. Realizam-se três medições para cada ponto e calcula-se o desvio padrão.

PADRÃO(ÕES) UTILIZADO(S):

- Criffer - CR-1 - Certificado de calibração nº RBC5-10755-423 da Total Safety - Válido até 06/2021
- Keithley - 2015 - Certificado de calibração nº E0482/2020 do Labelo - Válido até 11/2021
- Testo - Testo 622 - Certificado de calibração nº T0648/2020 do Labelo - Válido até 11/2021

CONDIÇÕES AMBIENTAIS:

Temperatura: 23,0 °C ± 3,0 °C

Umidade Relativa: 70 % ± 25 %

Pressão Atmosférica: 101,32 kPa ± 10 %

NOTAS:

- Os resultados da calibração estão contidos em tabelas anexas, que relacionam os valores indicados pelo instrumento em teste, com valores obtidos através da comparação com os padrões e incertezas estimadas da medição (IM).
- A incerteza expandida de medição é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência "k", corresponde a um nível de confiança de 95,45%. A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com o "Guia para Expressão da Incerteza de Medição", Terceira Edição Brasileira.
- Calibração realizada nas instalações da CrifferLab, sito na avenida Theodomiro Porto da Fonseca, 3101, Unidade 6, sala 203, bairro Cristo Rei, São Leopoldo - RS, com padrões calibrados em laboratórios acreditados à coordenação geral de acreditação do INMETRO.
- Esse certificado refere-se exclusivamente ao item calibrado, não sendo extensivo a quaisquer lotes.
- O presente certificado somente pode ser reproduzido na sua forma e conteúdo integrais e sem alterações.

Certificado de Calibração

Número do certificado: CRV0614/2021

Data da calibração: 19/02/2021
Data da emissão do certificado: 19/02/2021

Resultado da calibração:

Calibração em função da velocidade do movimento vibratório – 159,2 Hz (mm/s_{RMS})

Instrumento: Acelerômetro Triaxial VCI
Marca: CRIFFER

Modelo: CR-100
Nº de Série: 52000226

Ensaio	Valores obtidos nas medições em mV/g		
	Eixo X Sensibilidade: 113,5	Eixo Y Sensibilidade: 113,5	Eixo Z Sensibilidade: 114,5
Resultado (mV/g)	113,5	113,5	114,5
± incerteza de medição	1,0	1,0	1,0

O valor de referência para a calibração foi de 1g.

Instrumento: Acelerômetro Triaxial VMB
Marca: CRIFFER

Modelo: CR-101
Nº de Série: 53000160

Excitador (010,00 m/s ²)	Valores obtidos nas medições em mV/g		
	Eixo X Sensibilidade: 10,0	Eixo Y Sensibilidade: 10,0	Eixo Z Sensibilidade: 10,0
Resultado (mV/g)	10,0	10,0	10,0
± incerteza de medição	1,0	1,0	1,0

O valor de referência para a calibração foi de 1g.


Responsável Técnico
Matheus de Pauli