

GABRIEL CORREIA FLORENCIO

**Avaliação da vibração de martetele rompedor pneumático para a
caracterização de insalubridade**

São Paulo

2017

GABRIEL CORREIA FLORENCIO

**Avaliação da vibração de martetele rompedor pneumático para a
caracterização de insalubridade**

Monografia apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para
obtenção do Título de Especialista em
Engenharia de Segurança do Trabalho.

São Paulo

2017

Dedico este trabalho a Deus pela sabedoria, aos meus pais Euzebio Florencio da Silva e Maria do Carmo Pinto Correia (em memória) que me deram condições para que eu pudesse concluir a Pós-Graduação e que me confortaram nos momentos de dificuldade. Dedico à minha irmã Natália Cristina Correia Florencio que sempre esteve ao meu lado. E aos meus familiares Diva Correia e Ana Carolina Correia Rosa pelo amor e atenção.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos engenheiros Rafael Pereira, João Ricardo e Alan de Castro Carvalho, e pelo apoio e contribuição técnica para este trabalho.

Agradeço aos amigos de curso pela companhia nos encontros presenciais, e aos amigos Marina Reis e Rafael Lacerda pela moradia dada durante as semanas de prova.

Um agradecimento aos colaboradores da SECONCI, em especial, ao engenheiro Michel Sotelo pelo apoio técnico, confiança e disponibilidade para me atender.

E um agradecimento geral a todos que acreditaram em mim e me incentivaram a nunca desistir.

Se você quer ser bem-sucedido, precisa ter dedicação total, buscar seu último limite e dar o melhor de si.

(Ayrton Senna)

RESUMO

A necessidade de uma efetiva gestão de riscos nos ambientes de trabalhos para a prevenção de acidentes e doenças é cada vez mais importante, logo, quando o trabalho envolver ferramentas manuais que emitam vibração, é necessário que sua intensidade seja medida e que ações sejam tomadas para evitar que esse risco afete a saúde e a integridade física dos operadores dessas ferramentas. O presente trabalho objetiva a realização de uma avaliação quantitativa de vibração em mãos e braços com a finalidade de caracterizar se o trabalho realizado com martetele rompedor pneumático expõe os envolvidos a valores de vibração acima dos limites tolerância descritos no anexo 8 da NR 15. Em linhas gerais, a finalidade do trabalho é analisar se os resultados obtidos nas avaliações locais para o agente vibração excedem ou não os valores de referência descritos nas normas vigentes para tornar o ambiente de trabalho nocivo ao aparecimento de doenças (ambiente insalubre). As avaliações da intensidade de vibração emitidas pelas ferramentas pneumáticas são realizadas através da utilização de um medidor de vibração calibrado e um acelerômetro devidamente fixado e que mede a aceleração nos 3 eixos ortogonais (x,y,z), sendo que esse acelerômetro é posto na palma da mão do trabalhador que segura o punho do martetele, seguindo as orientações das normas aplicáveis (ISO 5349-1/2001). Foi feita 1 medição de vibração com duração de 10 minutos em 1 trabalhador do grupo de trabalhadores que utilizam a ferramenta (Grupo de Exposição Similar – GES). Os resultados obtidos demonstraram que o uso do martetele pneumático utilizado na atividade não excede o limite de exposição ocupacional para a jornada de trabalho, a caracterização de atividade insalubre é descaracterizada, e a exposição dos trabalhadores a esse agente não resultará em danos à saúde, desde que mantidas as condições normais de trabalho. Assim, devido ao êxito na aplicação correta da metodologia e nas avaliações quantitativas, o objetivo do trabalho foi atingido.

Palavras-chave: Engenharia de segurança. Vibração em mãos e braços. Martetele rompedor pneumático. Avaliação quantitativa. Caracterização de insalubridade.

ABSTRACT

The need for an effective risk management in the workplace for the prevention of accidents and diseases is increasingly important, so when the work involves manual tools that emit vibration, it is necessary that its intensity be measured and that actions are taken to prevent this risk from affecting the health and physical integrity of the operators of such tools. The purpose of this work aims to perform a quantitative evaluation of hand-arm vibration, in order to characterize if the work done with a pneumatic breaker hammer exposes those involved to vibration values over the tolerance limits described in annex 8 of NR 15. In general, the purpose of the study is to analyze whether or not the results obtained at the workplace evaluations for the vibrating agent exceed the threshold limit values in force to make the work environment harmful to the appearance of diseases. The evaluations of the vibration intensity emitted by the pneumatic tools are carried out using a calibrated vibration meter and an accelerometer properly fixed and that measures the acceleration in the 3 orthogonal axes (x, y, z), being that accelerometer put in the palm of the operator's hand that holds the handle of the break hammer, following the guidelines of the applicable standards (ISO 5349-1 / 2001). One vibration measurement during 10 minutes was made in one worker from the Similar Exposure Group - GES. The results showed that the use of the pneumatic breaker hammer used in the activity does not exceed the occupational exposure limit for 8-hour working day, the characterization of unhealthy activity is decharacterized, and the exposure of the workers to this agent will not result in damages to health, as long as the normal working conditions are maintained. Therefore, due to the success in the correct application of the methodology and the quantitative evaluations, the objective of the work was reached.

Keywords: Safety engineering. Hand and arm-transmitted Vibration. Pneumatic breaker hammer. Quantitative evaluation. Characterization of unhealthy condition.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	- Tempo de aparecimento de dedos brancos.....	26
Figura 2	- Exemplos de instrumentos vibratórios e suas frequências fundamentais.....	27
Figura 3	- Diferentes frequências de ressonância do corpo humano.....	28
Figura 4	- Curva de Ponderação em frequência para vibração transmitida às mãos e braços.....	29
Figura 5	- Sistemas de coordenadas.....	31
Figura 6	- Componentes de um marteleto rompedor pneumático.....	41
Figura 7	- Modelo de luva anti-vibração.....	43
Figura 8	- Exemplo de estrutura de concreto armado.....	44
Figura 9	- Acelerômetro triaxial <i>Svantek</i> SV105AF.....	47
Figura 10	- Montagem do sistema: medidor e acelerômetro.....	47
Figura 11	- Medição da vibração do marteleto.....	48
Figura 12	- Marteleto rompedor pneumático.....	49
Figura 13	- Ponteiro de aço para rompedores pneumáticos.....	50
Figura 14	- Compressor de ar.....	51
Figura 15	- Local da atividade: Píer de atracação de navios.....	53
Figura 16	- Resultados das medições de vibração.....	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	- Exemplos de agentes ambientais.....	19
Quadro 2	- Correlação entre as unidades de aceleração.....	28
Quadro 3	- Limites para exposição da mão em qualquer direção – ACGIH....	35
Quadro 4	- Consumo médio de ar em l/min de ferramentas pneumáticas para uma pressão de ar de 6 bar.....	40
Quadro 5	- Especificação técnica do marteleto utilizado.....	49
Quadro 6	- Especificação técnica das mangueiras de ar.....	50
Quadro 7	- Especificação técnica do compressor de ar.....	51
Quadro 8	- Critério de julgamento e tomada de decisão.....	56

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A(8)	Aceleração resultante de exposição normalizada – aren
ABHO	Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais
ACGIH	<i>American Conference of Governmental Industrial Hygienists</i>
BEI	<i>Biological Exposure Indices</i>
CE	Comunidade Europeia
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
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia Normalização e Qualidade Industrial
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LT	Limite de Tolerância
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NA	Nível de Ação
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
NHO	Norma de Higiene Ocupacional
NR	Norma Regulamentadora
OIT	Organização Internacional do Trabalho
PCM	Pé Cúbico por Minuto
PCMSO	Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional
PFF	Peça Semifacial Filtrante
PPRA	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
RMS	<i>Root mean square</i> ou raiz média quadrática

SVMB	Síndrome de Vibração de Mãos e Braços
TLV	<i>Threshold Limit Value</i>
VAE	Valor de Ação de Exposição Diária
VCI	Vibrações de Corpo Inteiro
VDV	Valor Diário de Vibração
VL	Vibrações Localizadas
VLE	Valor Limite de Exposição Diária
VMB	Vibração de Mãos e Braços
Wh	Ponderação em frequência

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
1.1.	OBJETIVO.....	15
1.2.	JUSTIFICATIVA	15
2.	REVISÃO DA LITERATURA	17
2.1.	A HIGIENE OCUPACIONAL.....	17
2.1.1.	Objetivo da Higiene Ocupacional.....	17
2.1.2.	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA)	18
2.1.3.	Antecipação e reconhecimento de riscos	20
2.1.4.	Avaliação.....	21
2.1.5.	Medidas de controle	22
2.1.6.	Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO).....	23
2.2.	EFEITOS DA EXPOSIÇÃO HUMANA A VIBRAÇÕES.....	25
2.3.	DEFINIÇÕES.....	26
2.3.1.	Frequência	27
2.3.2.	Intensidade da vibração (aceleração).....	28
2.3.2.1.	Aceleração ponderada nas frequências	29
2.4.	O AGENTE DE RISCO VIBRAÇÃO	30
2.4.1.	Direção da Vibração	31
2.4.2.	Aceleração total ou somatória dos eixos ortogonais.....	31
2.4.3.	Aceleração resultante da exposição – are	32
2.4.4.	Aceleração resultante da exposição normalizada – aren	33
2.5.	CARACTERIZAÇÃO DE INSALUBRIDADE	33
2.5.1.	NR 15 – Atividades e operações insalubres.....	33
2.5.2.	Conferência Americana de Higienistas Industriais Governamentais - ACGIH.....	35

2.5.3.	Aposentadoria especial	36
2.6.	LEGISLAÇÃO APLICÁVEL SOBRE VIBRAÇÃO E SEUS LIMITES DE TOLERÂNCIA	36
2.6.1.	Norma de Higiene Ocupacional 10 – norma para avaliação da exposição ocupacional a vibrações em mãos e braços	37
2.6.1.1.	Instrumentos de Medição	37
2.6.2.	Calibração	38
2.6.3.	ISO 5349:2001	38
2.6.4.	Diretiva Europeia 2002/44/EC	39
2.7.	FERRAMENTAS MANUAIS PNEUMÁTICAS	39
2.7.1.	Marteletes rompedores pneumáticos	40
2.8.	EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL PARA VIBRAÇÃO EM MÃOS E BRAÇOS	42
2.9.	CONCRETO ARMADO	43
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	45
3.1.	MATERIAIS	45
3.1.1.	Normas Vigentes	45
3.1.2.	Medidor de vibração	45
3.1.2.1.	Acelerômetro Triaxial.....	46
3.1.3.	Martelete rompedor pneumático	49
3.1.3.1.	Ponteiros	50
3.1.4.	Mangueiras de ar comprimido	50
3.1.5.	Lubrificador de linha	50
3.1.6.	Compressor de ar	51
3.1.7.	Equipamentos de Proteção Individual – EPI	52
3.1.8.	O Local de estudo	52
3.2.	MÉTODOS	53
3.2.1.	Avaliação	53

4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	55
4.1.	RESULTADOS	55
4.1.1.	Análise do resultado	55
4.2.	DISCUSSÕES	58
4.2.1.	Jornada de trabalho	58
4.2.2.	Número de amostras	58
4.2.3.	Limitação da avaliação.....	59
4.2.4.	Presença de riscos adicionais	59
4.2.5.	Influência da umidade na coleta de dados.....	59
4.3.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59
5.	CONCLUSÃO	61
	REFERÊNCIAS.....	62
	ANEXOS	66

1. INTRODUÇÃO

Para Cunha (2006), a exposição às vibrações mecânicas traz inúmeros efeitos adversos à saúde dos trabalhadores, sendo esse risco presente nos mais variados setores produtivos brasileiros e mundiais (construção civil, mineração, etc). Realizar uma atividade onde há presença de vibração pode ocasionar prejuízos aos envolvidos, como alterações neurológicas, vasculares, musculoesqueléticas, problemas na coluna e no sistema nervoso, entre outros. Momi (2012) cita que as ferramentas manuais vibratórias podem expor os trabalhadores à vibração, sendo que inúmeros fatores (clima, manutenção das ferramentas, tempo de exposição, etc) colaboram para aumentar os níveis de vibração e conseqüentemente o aparecimento de efeitos adversos à saúde.

Para Gomes e Savionek (2012), as vibrações mecânicas são estudadas e divididas em dois grupos, sendo um para Vibração de Mãos e Braços (VMB), que decorrem de trabalhos com ferramentas manuais vibratórias, por exemplo, os martelletes pneumáticos. Já o outro grupo é conhecido como Vibrações de Corpo Inteiro (VCI), que são vibrações transmitidas ao corpo do indivíduo como um todo, seja na posição sentada, deitada ou em pé. A exposição à VCI é geralmente através do trabalho com máquinas pesadas como tratores, aeronaves e caminhões por exemplo.

Segundo Momi (2012) as conseqüências a saúde dos trabalhadores devido a exposição à vibrações são significativas, podendo ocasionar lesões irreversíveis ou incapacitação por doença ocupacional. Alguns exemplos são: Síndrome de dedos brancos; Bursite de ombro; Tendinite bicipital, entre outros.

No Brasil, há legislação pertinente, como a norma regulamentadora NR 15, anexo 8 (BRASIL, 2014) que aborda quais os níveis de exposição de vibração que um trabalhador pode ficar exposto sem ter a saúde acometida por doenças ou outros efeitos. Avaliar quantitativamente a vibração no local de trabalho possibilita identificar se a atividade executada será danosa a saúde o trabalhador, porém essa avaliação deve ser feita através de medições *in loco* (no local) e com a utilização de equipamentos apropriados para captar os valores de vibração das máquinas ou equipamentos em análise, conforme descrito na NR 15, anexo 8.

Filho (2006) relata a necessidade de um ambiente de trabalho sadio, seguro e adequado para realização das atividades dos trabalhadores, cada vez mais os empregadores devem investir em segurança e prevenção de acidentes, o que acaba se tornando benéfico e vantajoso para ambas as partes. De um lado o empregador que se beneficia com a diminuição do absenteísmo e a melhora na produtividade, e no outro os trabalhadores que poderão focar exclusivamente em suas tarefas diárias, sabendo que a empresa zela por sua saúde e integridade física.

1.1. OBJETIVO

Efetuar uma avaliação quantitativa de vibração em martelletes rompedores pneumáticos durante o uso da ferramenta por trabalhadores que estarão expostos a esse risco.

1.2. JUSTIFICATIVA

Segundo a Norma Regulamentadora de número 9 do Ministério do Trabalho e Emprego, denominada Programa de Prevenção de Riscos Ambientais - PPRA (BRASIL, 2016) que estabelece a obrigatoriedade da sua elaboração e implementação visando a preservação da saúde e a integridade dos trabalhadores, por meio da antecipação, reconhecimento, avaliação e controle dos riscos presentes no ambiente de trabalho. Sua aplicação abrange a totalidade dos empregadores e instituições que possuam trabalhadores como empregados.

Como o agente ambiental (vibração) já foi identificado, é necessário proceder o levantamento de dados práticos no ambiente laboral. Neste contexto, torna-se necessário avaliar a intensidade da vibração para caracterizar se a exposição ocupacional no uso dos martelletes rompedores pneumáticos implica riscos à saúde dos trabalhadores.

A obrigatoriedade de se realizar a avaliação quantitativa para o agente vibração é descrita no anexo 8 da norma regulamentadora 15 – Atividades em condições insalubres. Com essa alteração, o MTE começou a exigir através de perícia, o método quantitativo de avaliação para vibração, uma vez que no passado a caracterização de condição insalubre para o referido agente era feita através de inspeção no local da atividade (BRASIL, 2014).

Outra motivação para a realização deste trabalho se baseia na experiência particular do autor, que atua como técnico de segurança do trabalho em uma empresa de construção civil na qual realiza atividades onde a exposição humana às vibrações transmitidas as mãos e braços é rotineira, sendo fundamental um conhecimento mais aprofundado desse risco para a melhoria das condições de trabalho, controle de riscos e prevenção de doenças ocupacionais.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. A HIGIENE OCUPACIONAL

Para Brevigliero et. al. (2006), a Higiene Ocupacional se relaciona com padrões e procedimentos que tem como objetivo a proteção da saúde ocupacional, protegendo o trabalhador dos riscos ambientais inerentes às atividades, à função e ao ambiente físico onde são realizadas.

Amaral et. al. (1997), descreve a Higiene Ocupacional como uma ciência que possui como campo de atuação a saúde ocupacional, onde recursos de Engenharia e Medicina são aplicados para prevenir doenças ocupacionais (relacionadas ao trabalho) decorrentes dos riscos ambientais (riscos presentes nos locais de realização da atividade), ou seja, Higiene Ocupacional é a área que está relacionada intimamente com a proteção à saúde do trabalhador em relação a aquisição de doenças (patologias) relacionadas ao trabalho ou a riscos ambientais presentes no ambiente ocupacional.

2.1.1. Objetivo da Higiene Ocupacional

Ainda segundo Brevigliero et. al. (2006), a Higiene Ocupacional tem por objetivo a prevenção de doenças do trabalho causadas ou agravadas pelos agentes ambientais. Assim, para que as ações realizadas no âmbito da prevenção sejam eficazes, é necessária uma boa gestão dos riscos ambientais presentes, ou seja, um método de trabalho a ser seguido para eliminar e/ou reduzir acidentes e danos à saúde.

2.1.2. Programa de prevenção de riscos ambientais (PPRA)

A NR-09 estabelece a obrigação por parte do empregador da elaboração e implementação de ações para a Gestão de Higiene Ocupacional, visando, como já mencionado anteriormente, a implementação de medidas de controle que possam eliminar ou minimizar a exposição aos agentes ambientais existentes para preservar a saúde dos trabalhadores (BRASIL, 2016)

A definição de empregador, segundo o Artigo. 2 da CLT (BRASIL, 1943) é: a empresa, individual ou coletiva, que assumindo os riscos da atividade econômica, admite, paga salário e dirige a prestação de serviços. Equiparam-se ao empregador para efeitos legais: profissionais liberais, instituições beneficentes, associações recreativas ou outras instituições sem fins lucrativos que admitem trabalhadores como empregados. Para Moraes (2011), fica evidente que a gestão dos riscos presentes no local de trabalho é de responsabilidade de quem contrata, e garantir condições adequadas de trabalho é fundamental para a segurança e saúde dos trabalhadores.

Segundo Albieri (1997), os riscos ambientais são classificados como agentes físicos, químicos e biológicos existentes nos ambientes de trabalho, que devido a sua natureza, concentração ou intensidade e o tempo de exposição, podem causar efeitos adversos à saúde ou à integridade física dos trabalhadores.

Quadro 1 - Exemplos de agentes ambientais

Riscos físicos	Riscos Químicos	Riscos Biológicos	Riscos Ergonômicos	Riscos Mecânicos ou de acidentes
Ruído	Fumos	Vírus	Esforço físico intenso	Arranjo físico inadequado
Vibrações	Neblinas	Bactéria	Levantamento e transporte manual de peso	Máquinas e equipamentos sem proteção
Radiações Ionizantes	Gases	Protozoário	Exigência de postura inadequada	Ferramentas inadequadas ou defeituosas
Radiações Não-ionizantes	Vapores	Fungos	Controle rígido de produtividade	Iluminação inadequada
Frio		Parasitas	Imposição de ritmos excessivos	Eletricidade
Calor		Bacilos	Trabalho em turnos	Probabilidade de incêndio e explosão
Umidade			Jornada de trabalho prolongada	Animais peçonhentos
			Monotonia e repetitividade	

Fonte: ALVES (2011)

Para Masculo et al. (2011), os agentes físicos são as diversas formas de energia a que possam estar expostos os trabalhadores de uma empresa. Possuem a capacidade de mudar as características físicas do local de atuação, e em seguida, causar agressões a quem estiver próximo ao local. Caracterizam-se por exigir um meio de propagação (geralmente o ar) de sua energia, agem em organismos mesmo sem esse ter contato direto com a fonte de risco e geralmente, ocasionam lesões crônicas, imediatas.

Gonçalves (2003) relata que os riscos químicos são aqueles que se relacionam com substâncias, compostos ou produtos que possam penetrar no organismo pela via respiratória, contato ou absorção pela pele ou por ingestão. Os riscos biológicos são bactérias, fumos, bacilos, protozoários, parasitas, vírus e outros.

Como abordado por Gonçalves (2003), embora a NR 09 não considere como riscos ambientais os agentes ergonômicos e os agentes mecânicos ou de acidentes, impõe-se ressaltar suas definições. Os agentes ergonômicos são resultantes da ineficácia na adequação do ser humano com o seu ambiente de trabalho, ocasionando problemas de ordem mental e fisiológica nos trabalhadores, baixa produtividade e aumento do número de acidentes. São exemplos desse agente ambiental: esforço físico intenso, levantamento e transporte manual de peso, posturas inadequadas, ritmos de trabalho excessivos, monotonia ou repetitividade, trabalho em turnos de revezamentos ou noturnos, etc.

Ainda Gonçalves (2003), menciona que em relação aos agentes mecânicos ou de acidentes, deve ser compreendido como a não adequação das condições de uso, seja na construção, instalações físicas ou nas máquinas, equipamentos ou ferramentas. Como exemplos têm-se: máquinas e equipamentos sem proteção, iluminação inadequada, ferramentas defeituosas, instalações elétricas deficientes, entre outras situações que podem contribuir para a ocorrência de acidentes.

Para Moraes (2011), o PPRA torna-se um documento extremamente importante para se comprovar a exposição dos trabalhadores aos agentes nocivos à saúde, auxiliando o desenvolvimento de laudos de insalubridade e para aposentadoria especial.

A NR 9 em seu item 9.1.1 aborda o objetivo e o campo de aplicação de seu conteúdo e diz que toda sua elaboração e aplicação deve ser realizada através da antecipação, reconhecimento, avaliação e conseqüente controle dos riscos ambientais existentes ou que venham a existir no ambiente de trabalho (BRASIL, 2016).

2.1.3. Antecipação e reconhecimento de riscos

De acordo com Albieri (1997), a antecipação dos riscos tem por finalidade identificar riscos com potencial de gerar efeitos adversos a saúde ou a integridade física dos trabalhadores, introduzindo medidas para sua eliminação ou redução. Por exemplo, a antecipação dos riscos na análise de projetos de novas instalações, métodos ou processos de trabalho, modificações dos já existentes.

A etapa de reconhecimento, segundo Brevigliero (2006), baseia-se na identificação dos agentes ambientais existentes, e que a partir desta identificação, avalia-se o ambiente e determinam-se as medidas de controle necessárias.

Para Amaral et. al. (1997), o reconhecimento é realizado utilizando métodos de identificação dos agentes físicos, químicos e biológicos existentes no ambiente de trabalho. É através da etapa de reconhecimento que se identificam os agentes que devem ser avaliados para identificar os índices de exposição.

Para Moraes (2011), conhecer os agentes existentes na empresa é fundamental para que os empregadores possam estabelecer medidas de controle dos riscos à saúde de seus trabalhadores.

2.1.4. Avaliação

Logo após da etapa de reconhecimento dos riscos, sejam eles físicos químicos ou biológicos, inicia-se a fase das avaliações dos riscos levantados na etapa de reconhecimento.

De acordo com Amaral et. al. (1997), a avaliação é uma ferramenta de prevenção de doenças do ambiente, tendo em vista que em um ambiente saudável não há doenças. Nessa etapa, são realizadas as avaliações quantitativas (que medem valores, números, quantidades) e as qualitativas (que identificação dos agentes presentes nos locais de trabalho). Ainda de acordo com Amaral et. al. (1997), caso, durante a avaliação, ocorram falhas na estratégia ou na metodologia de coleta de dados, o trabalhador poderá estar exposto a riscos que serão prejudiciais para a empresa e a si mesmo. Por isso se faz necessário conhecimento de avaliação, seja na calibração dos equipamentos, tempo de coleta, tipo de análise a ser feita, etc.

Para Moraes (2011), é nesta etapa que se estabelece o número de amostras a ser coletada, data e hora das medições, quantidade de trabalhadores avaliados, equipamentos de medição utilizados, a frequência e o tempo de exposição dos trabalhadores à um determinado risco.

Amaral (1997) descreve que através das avaliações são identificados os índices de exposição aos quais os trabalhadores estão expostos. Existem alguns

níveis de exposição estabelecidos em legislação, nos quais os trabalhadores e/ou a população podem estar expostos sem prejuízo a sua saúde, estes níveis são denominados limites de tolerância (LT). O LT varia de acordo com o agente e o tempo de exposição do trabalhador. Quando os índices de exposição estão fora deste limite, a empresa deve adotar medidas para gerenciar o risco e preservar a saúde de seus trabalhadores (AMARAL, 1997).

2.1.5. Medidas de Controle

Brevigliero (2006) diz que as medidas de controle são determinadas com base nos índices de exposição identificados durante a avaliação dos agentes ambientais. Dependendo dos níveis de exposição, a empresa não precisará adotar nenhuma medida de controle, pois o mesmo é considerado como tolerável, ou até mesmo, ter que mudar seus processos e fazer elevados investimentos porque os mesmos são considerados como intoleráveis.

Para Moraes (2011), as medidas de controle devem ser adotadas priorizando-se em primeiro lugar as que se referem à fonte, seguidas das que se referem ao percurso e por último as medidas relativas ao trabalhador.

Brevigliero (2006) também menciona que as medidas relacionadas ao trabalhador devem ser aplicadas apenas se as demais medidas não forem eficientes para prevenção dessa exposição, porém, caso estas não sejam suficientes, é possível a adoção de medidas de controle no percurso e por fim como última ação, no trabalhador.

Em sua obra, Amaral (1997) aborda que o controle dos agentes ambientais se baseia na proposta e adoção de medidas que visam à eliminação ou redução do risco presente no ambiente, sendo tais medidas as relativas ao meio ambiente e medidas relativas ao homem.

As medidas relativas ao ambiente são aplicadas na fonte ou na trajetória. Por exemplo, as barreiras isolantes, substituição do produto ou equipamento, ventilação local exaustora e limpeza dos locais de trabalhos. Este tipo de controle deve ser a medida prioritária a ser adotada (AMARAL, 1997).

As medidas ao homem relacionam-se a limitações de exposição de trabalhadores expostos a um determinado agente ambiental, equipamentos de proteção individual (EPI), educação e treinamento e exames médicos (AMARAL, 1997).

Moraes (2011) conclui dizendo que a Higiene deve buscar, constantemente, reduzir os índices de exposição dos trabalhadores através da melhoria das condições dos ambientes de trabalho adotando medidas de controle, seja na fonte, na trajetória, administrativas ou em último caso, quando as demais possibilidades já foram esgotadas e o risco não foi controlado, adotar medidas de controle no trabalhador.

Amaral (1997) complementa a ideia de Moraes mencionando que eliminar os riscos definitivamente do ambiente de trabalho em determinadas situações é praticamente impossível quando se pensar em soluções viáveis, porém os mesmos podem ser reduzidos a níveis de exposição considerados toleráveis e que não tragam danos a saúde do trabalhador a curto, médio e longo prazo. Logo, a eliminação ou a minimização da exposição dos trabalhadores aos riscos presentes no local de trabalho é algo desafiador que extrapola o âmbito da medicina, necessitando alternativas técnicas onerosas e em alguns casos complexas.

2.1.6. Programa de controle médico de saúde ocupacional (PCMSO)

De acordo com Saliba (2013), a Medicina do Trabalho é fundamental para a saúde ocupacional e completa os métodos preventivistas, principalmente a Higiene Ocupacional, logo, para que a eficiência do reconhecimento, avaliação e controle dos agentes físicos, químicos e biológicos seja alcançada é preciso a participação da Medicina do Trabalho.

A CLT, em seus artigos 168 e 169, e a norma regulamentadora NR-07 estabelecem as medidas preventivas que devem ser adotadas pela Medicina do Trabalho. Elas estão relacionadas com a elaboração do PCMSO cuja base de informações é os dados levantados nas etapas de reconhecimento e avaliação realizados pela Higiene Ocupacional (SALIBA, 2013).

Masculo (2011) descreve o PCMSO como um programa técnico com caráter de preventivo e obrigatório a ser realizado pelas empresas como parte integrante do conjunto mais amplo de ações no campo da proteção à saúde dos trabalhadores, com objetivo de prevenir, detectar precocemente, monitorar e realizar o controle dos possíveis danos à saúde do trabalhador. O programa deve ser elaborado de acordo com os riscos existentes na empresa, estabelecendo os controles médicos necessários para avaliar os níveis de exposição dos empregados e a sua periodicidade de realização.

Para Moraes (2011), a realização de um sólido PCMSO demonstra consistência na elaboração do PPRA, pois é sinal indicativo que as condições de exposição aos agentes ambientais foram devidamente levantadas.

Durante a elaboração do PCMSO o médico do trabalho utiliza como base as informações identificadas no mapeamento de riscos e principalmente nos resultados das avaliações previstas no PPRA (MASCULO, 2011).

Moraes (2011) diz que a partir do momento que é identificado que os trabalhadores estão expostos a agentes ambientais que podem trazer danos a sua saúde, a empresa deve buscar estabelecer medidas que visem a prevenção desses danos. No entanto, a partir do momento que o dano já ocorreu além das medidas preventivas para evitar que outras pessoas sejam afetadas é responsabilidade da empresa adotar medidas para o tratamento dos trabalhadores afetados.

Seguindo o que relata Moraes (2011), os trabalhos das áreas de Saúde, Segurança e Medicina do Trabalho devem ser prioritariamente de caráter preventivo e não reativo. A prevenção visa atuar nas causas, enquanto que a ação reativa tem como objetivo, também, atuar no dano. Em muitos casos os danos à saúde são irreversíveis.

Para Moraes (2011), a área da Higiene e da Medicina Ocupacional são áreas interligadas que devem trabalhar em conjunto na prevenção de doenças relacionadas ao trabalho. Os dados identificados pela primeira área, durante suas avaliações, são confirmados com os resultados dos exames médicos estabelecidos pela segunda.

Ainda de acordo com Moraes (2011), o estabelecimento das medidas de controle deve levar em consideração os aspectos da segurança do trabalho, da Higiene Ocupacional e da Medicina do Trabalho. Estas áreas devem trabalhar

integradas em função da prevenção de doenças e lesões relacionadas à atividade laboral.

2.2. EFEITOS DA EXPOSIÇÃO HUMANA A VIBRAÇÕES

Momi (2012) relata que há uma variedade de fatores que influencia nos efeitos à saúde gerados pela exposição humana à vibração, a amplitude da vibração, a frequência e o tempo de exposição diária são exemplos desses fatores. A suscetibilidade individual também é considerada para que o trabalhador desenvolva uma doença relacionada à exposição à vibração.

Para Cunha (2006), nas vibrações que atingem as mãos e os braços, os principais efeitos à saúde observados são problemas neurológicos, de ordem vascular e distúrbios no sistema musculoesquelético, sendo seus efeitos individuais ou até mesmo ocorridos em conjunto. Gomes e Savionek (2012) citam que o principal dano a saúde que a vibração causa é “Síndrome do Dedo Branco” ou Fenômeno de *Raynaud*, pois há a diminuição da irrigação sanguínea dos vasos periféricos das mãos, resultando no braqueamento dos dedos.

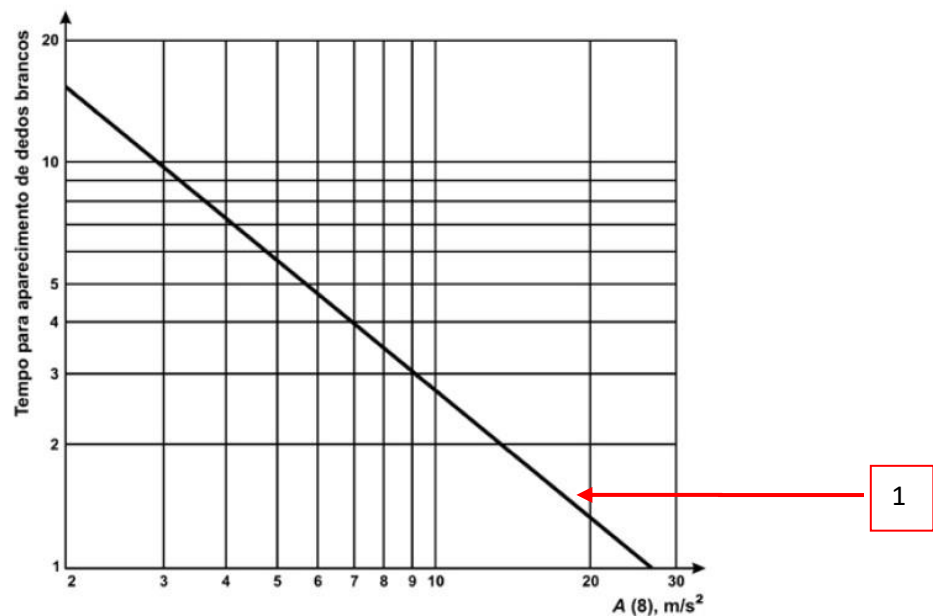
Cunha (2006) lista os aspectos que influenciam na severidade da vibração transmitida às mãos nas condições de trabalho, e são eles:

- Espectro de frequências da vibração;
- Magnitude do sinal de vibração;
- Duração da exposição diária e tempo total de exposição à vibração;
- Configuração da exposição (contínua, com pausas, tempos relativos), e método de trabalho;
- Magnitude e direção das forças aplicadas pelo operador ao segurar a ferramenta ou peça;
- Posicionamento das mãos, braços e corpo durante a operação;
- Tipo e condição do equipamento, ferramenta ou peça trabalhada;
- Área e localização das partes das mãos que estão expostas à vibração.

Saliba (2016) descreve que a exposição à vibração de mão e braço pode acometer os vasos sanguíneos, nervos, ossos, juntas, músculos ou tecidos conjuntivos da mão e do antebraço.

Ainda para Saliba (2016) a “Síndrome do dedo branco” se desenvolve pela exposição severa à vibração em mãos e braços que resultam na desordem progressiva da circulação, principalmente nos dedos da mão. A figura 1 mostra a relação entre o tempo em anos para aparecimento da síndrome de vibração em mãos e braços (SVMB ou dedos brancos) e a exposição diária de aceleração $A(8)$.

Figura 1 – Tempo de aparecimento de dedos brancos



Fonte: ISO 5349 (2001)

O item de número 1 mostrado na figura 1 é o limiar que estima que 10% dos trabalhadores expostos à vibração produzirão a síndrome do dedo branco.

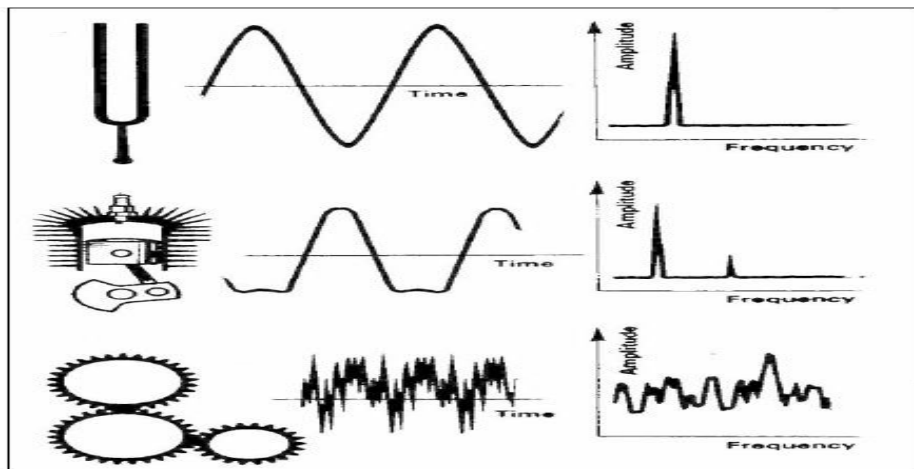
2.3. DEFINIÇÕES

Saliba (2016) Ao se avaliar a exposição humana às vibrações, vários são os fatores de influência na caracterização do agente em questão. Os principais que merecem destaque inicial são:

2.3.1. Frequência

Para Saliba (2016), a frequência é o número de vezes que a oscilação é repetida, na unidade de tempo, normalmente é medida em ciclos por segundo ou *Hertz* (Hz). Já Gomes e Savionek (2012) definem frequência como sendo “o número de vezes de um ciclo completo do movimento, durante o período de um segundo”, sendo sua unidade em *Hertz* (Hz) ou ciclos por segundo. Momi (2012) cita que os movimentos de vibração podem tanto apresentar uma frequência unitária, por exemplo, um diapásão ou vários componentes de movimento em diversas frequências, como acontece nos marteletes pneumáticos. Logo, a vibração pode ser representada conforme figura 2, que exemplifica um gráfico da amplitude da vibração pelo tempo e um outro gráfico de sua amplitude pela frequência.

Figura 2 – Exemplos de instrumentos vibratórios e suas frequências fundamentais



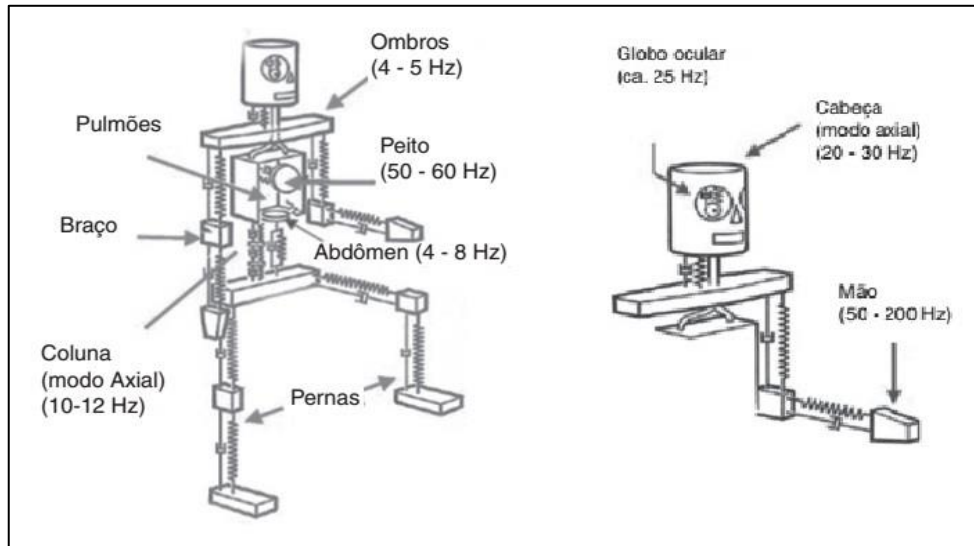
Fonte: MOMI (2012).

Na análise de vibração é necessário se conhecer as características do sinal vibratório para identificação das características do sistema, como descrito por Momi (2012).

Para Saliba (2016) a vibração consiste em movimento inerente aos corpos que possuem massa e elasticidade. Como o corpo humano tem um valor de vibração natural, caso uma frequência externa coincidir com a frequência natural do organismo humano, haverá a ocorrência de ressonância, resultando na amplificação do movimento. Assim a energia de vibração é absorvida pelo organismo, como

resultado da atenuação feita pelos tecidos e órgãos. A figura 3 apresenta as diferentes frequências de ressonância sujeitos à vibração.

Figura 3 - Diferentes frequências de ressonância do corpo humano



Fonte: SALIBA (2016)

2.3.2. Intensidade da vibração (Aceleração)

Saliba (2016) diz que usualmente se mede vibração através da aceleração do movimento em decibel (dB) ou em m/s^2 . O quadro 2 indica algumas relações entre a aceleração em ambas as unidades.

Quadro 2 – Correlação entre as unidades de aceleração

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 (2016)

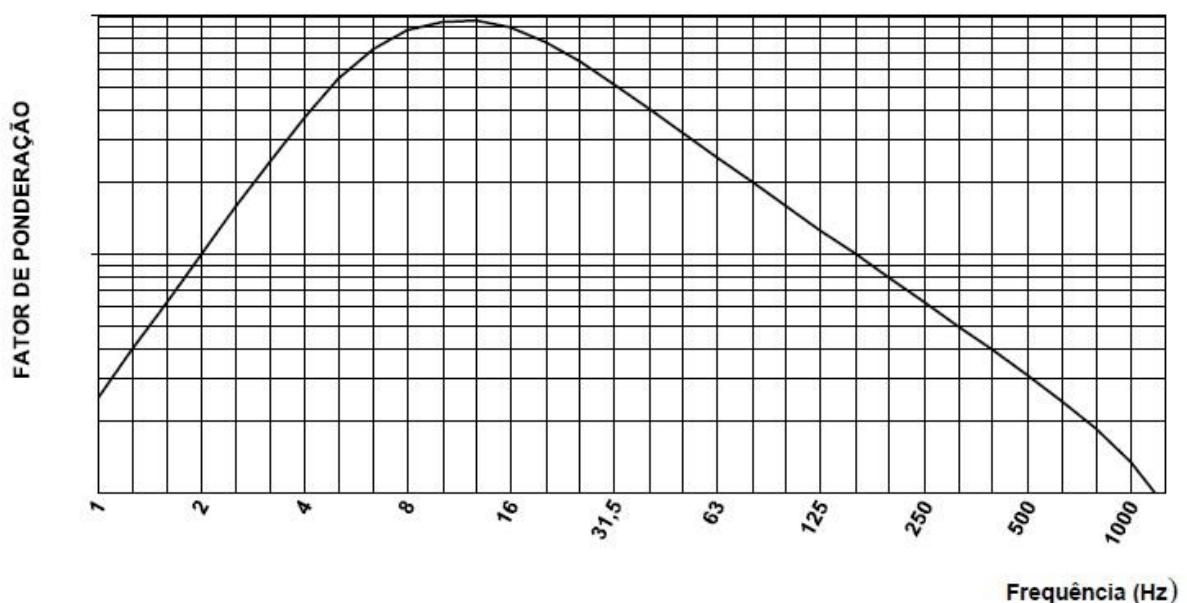
O valor rms (*root mean square*) é também denominado valor eficaz e dentre os parâmetros avaliados de uma amplitude de vibração, é o mais significativo. De acordo com Gomes e Savionek (2012), o valor rms é tratado assim porque “mede a energia média encontrada no movimento vibratório, mostrando a nocividade da vibração”.

2.3.2.1. Aceleração ponderada nas frequências

A NHO 10 (BRASIL, 2013b) traz em seu item 5 que todas as acelerações para avaliação da exposição à vibração deverão ser ponderadas em frequência (Wh), conforme determina a Norma ISO 5349-1:2001 em seu anexo A e especificada na ISO 8041:2005.

Saliba (2016) diz que na avaliação ocupacional, a necessidade de se ponderar as frequências é devido as diferentes respostas sentidas pelo corpo humano à vibração em cada frequência, já que cada indivíduo apresenta uma resposta única a exposição ao risco. A figura 4 mostra a curva de ponderação em frequência (Wh).

Figura 4 – Curva de Ponderação em frequência para vibração transmitida às mãos e braços



. Fonte: NHO 10 - BRASIL (2013b)

2.4. O AGENTE DE RISCO VIBRAÇÃO

Há uma diversidade de definições sobre vibração. Para Saliba (2016, p.10)

A vibração é um movimento oscilatório de um corpo por causa de forças desequilibradas de componentes rotativos e movimentos alternados de uma máquina ou equipamento. Se o corpo vibra, descreve um movimento oscilatório e periódico, envolvendo deslocamento num tempo. Teremos, então, envolvida no movimento, uma velocidade, aceleração e frequência (número de ciclos completos/minuto).

Gomes e *Savione* (2012) descrevem que o estudo das vibrações transmitidas ao homem por máquinas ou equipamentos é classicamente dividido em dois grupos:

Vibrações Localizadas (VL), também denominadas de Vibração de Mãos e Braços (VMB) e as Vibrações de Corpo Inteiro (VCI).

Segundo Gomes e *Savione* (2012) as vibrações em mãos e braços são transmitidas em uma faixa de frequência que varia de 6,3 a 1250 Hz. Sendo que esse tipo de vibração é decorrente de trabalhos com ferramentas manuais oscilatórias como os martelletes pneumáticos.

Ainda para Gomes e *Savione* (2012) as vibrações de corpo inteiro são vibrações que afetam o corpo em sua totalidade, em uma faixa de frequência que varia de 1 a 80 Hz.

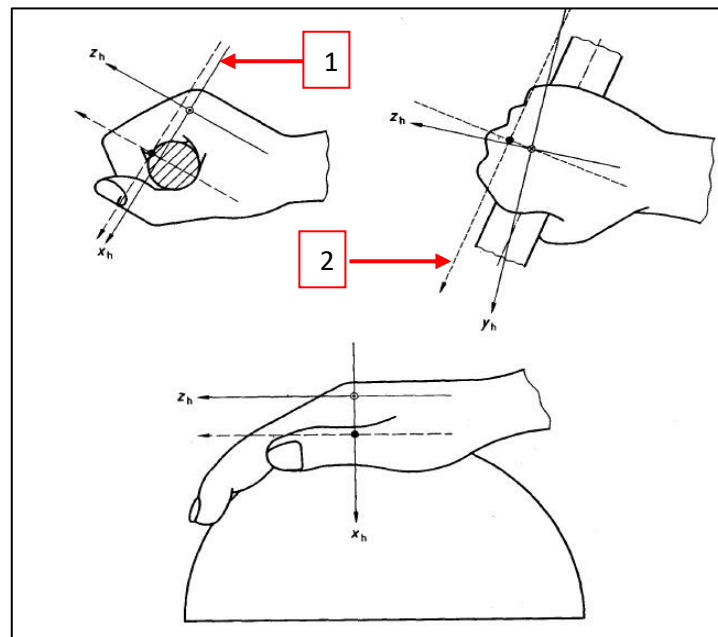
Momi (2012) cita alguns exemplos de VCI. Nas vibrações de corpo inteiro, são exemplos, as manobras de caminhões, moto- niveladoras, de máquinas do tipo retro-escavadeiras, tratores, entre outros.

Saliba (2016), o agente vibração se diferencia dos outros agentes, por exemplo do ruído, pois o trabalhador só será exposto à vibração se estiver em contato com a máquina/equipamento que transmita a vibração, o que não ocorre com o ruído onde sua energia afeta a todos que estejam dentro de seu raio de ação.

2.4.1. Direção da Vibração

De acordo com a NHO 10 e com a ISO 5349-1:2001 as medições de vibração em mãos e braços devem ser feitas para os 3 eixos ortogonais (x,y e z), com a presença de dois tipos de sistemas, conforme figura 5.

Figura 5 – Sistemas de coordenadas



Fonte: ISO 5349 (2001)

Na figura 5 o item 1 é chamado de Sistema de coordenada biodinâmico (linha contínua), e o item de número 2 é o Sistema de coordenada basicêntrico (linha pontilhada).

2.4.2. Aceleração total ou somatória dos eixos ortogonais

Como dito anteriormente, as avaliações deverão ser realizadas para os 3 eixos ortogonais (Triaxial) e conseqüentemente gerar um resultado de aceleração para cada eixo (em rms e ponderada em freqüência W_h). As acelerações obtidas,

são somadas para se obter a aceleração total nos 3 eixos, conforme fórmula a seguir (SALIBA, 2016):

$$A_{\text{total}} = \sqrt{(a_{\text{whx}} + a_{\text{why}} + a_{\text{whz}})} \rightarrow \left[\frac{m}{s^2} \right] \quad (1)$$

Sendo:

A_{total} - a aceleração total ou soma dos três eixos ortogonais;

a_{whx} - a aceleração rms no sistema mãos-braços, ponderada na frequência para o eixo x;

a_{why} - a aceleração rms no sistema mãos-braços, ponderada na frequência para o eixo y;

a_{whz} - a aceleração rms no sistema mãos-braços, ponderada na frequência para o eixo z.

2.4.3. Aceleração resultante da exposição – are

Saliba (2016) menciona que quando a exposição à vibração for diferente em dois ou mais períodos da jornada, haverá a necessidade de obtenção da aceleração equivalente (are), aplicando a seguinte fórmula:

$$\text{are} = \sqrt{\frac{a_1^2 \cdot t_1 + a_2^2 \cdot t_2 + \dots + a_n^2 \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}} \rightarrow \left[\frac{m}{s^2} \right] \quad (2)$$

Sendo:

are — corresponde a *aceleração média resultante* representativa da exposição ocupacional diária, considerando os três eixos ortogonais;

a_n — valor da vibração obtida;

t_n — tempo de exposição a aceleração obtida a_n ;

2.4.4. Aceleração resultante da exposição normalizada – aren

Para fins de comparação com as normas NR 15, Diretiva europeia e limites da ACGIH para vibração em mãos e braços, deve ser obtido o valor de aren. A sigla A(8) também significa aren, e se refere a aceleração resultante de exposição normalizada para uma jornada de trabalho diária de 8 horas, obtida a partir da expressão a seguir (SALIBA, 2016):

$$A(8)\text{ou aren} = \text{are} \sqrt{\left(\frac{T}{T_0}\right)} \rightarrow \left[\frac{m}{s^2}\right] \quad (3)$$

Sendo:

T - corresponde à duração total diária da exposição à vibração;

T₀ - corresponde à duração de 8 horas.

2.5. CARACTERIZAÇÃO DE INSALUBRIDADE

2.5.1. NR 15 – Atividades e operações insalubres

Para caracterizar se a exposição ocupacional à vibração dá direito ao adicional de insalubridade, é necessária consulta a legislação aplicável de saúde e segurança do trabalho através de suas normas regulamentadoras. A NR que trata de atividades insalubres é a NR 15 – Atividades e Operações Insalubres, onde em seu anexo 8, aborda o assunto vibração. Esse anexo 8 define que as atividades e operações que exponham os trabalhadores sem proteção adequada, às vibrações localizadas ou de corpo inteiro, serão caracterizadas como insalubres, e sendo que deverá ser realizada uma perícia no local de trabalho para caracterização dessa condição. Em seu item 2.5 são descritos os itens mínimos para elaboração de laudo pericial para caracterização de exposição à vibração (BRASIL, 2014). São eles:

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 MTE;
- 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.

A perícia deve seguir os limites de exposição que são definidos nas normas, que no caso das vibrações em mãos e braços, é a ISO 5349:2001.

Ainda no anexo 8 das NR 15, em seu item 2.1, é caracterizada a condição insalubre caso o limite de exposição ocupacional diária a VMB seja superado. Esse limite corresponde a um valor de aceleração resultante de exposição normalizada (aren) de 5 m/s^2 . Caso seja constatada a presença de condição insalubre, seu valor será de grau médio, o que enseja pagamento de adicional de 20% incidente sobre o salário mínimo da região (BRASIL, 2014).

O Limite de Tolerância (LT) consiste, segundo a NR 15, item 15.1.5, na concentração ou intensidade máxima ou mínima, relacionada com a natureza e o tempo de exposição a um determinado agente, que não causará danos à saúde do trabalhador durante a sua vida laboral (BRASIL, 2014). Além do LT essa norma ainda estabelece os Níveis de Ação (NA), que são definidos como o valor acima do qual devem ser iniciadas ações de prevenção para minimizar a probabilidade de que as exposições a agentes ambientais causem danos à saúde do trabalhador e evitar que o *limite de exposição* seja ultrapassado (BRASIL, 2014). Apesar de não serem valores acima dos limites de tolerância, estes valores indicam que a organização deve reduzir a exposição para que não traga danos futuros à saúde de seus funcionários, em virtude de elevadas exposições a um determinado agente.

2.5.2. Conferência Americana de Higienistas Industriais Governamentais - ACGIH

A ACGIH (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*) é uma organização constituída por membros, voltada à promoção da saúde ocupacional e ambiental. Sua atuação contribui significativamente para a proteção e melhoria da proteção à saúde dos trabalhadores. A ACGIH é responsável pelo desenvolvimento dos valores limites de exposição, ou em inglês *Threshold Limit Values (TLVs)* e o Índices Biológicos de Exposição, *Biological Exposure Indices (BEIs)*, que servem como orientação para o controle de riscos à saúde (ACGIH, 2014).

Em seu manual revisado anualmente e traduzido pela ABHO (Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais) os limites de tolerância para a exposição à vibração de mão e braço está descrito na tabela 4 e representa condições nas quais se acredita que a maioria dos trabalhadores possa ser repetidamente exposta, cotidianamente, sem que haja evolução para o estágio 1 do Sistema de Classificação do Encontro de Estocolmo para dedos brancos induzidos por vibração (ACGIH, 2014).

Quadro 3 - Limites para exposição da mão em qualquer direção

Duração total da Exposição diária	Valores da componente de aceleração dominante em rms, ponderada em frequência, que não devem ser excedidos	
	m/s ²	g (9,81m/s ²)
4 horas e menos de 8	4	0,4
2 horas e menos que 4	6	0,61
1 hora e menos de 2	8	0.81
menos de 1 hora	12	1,22

Fonte: ACGIH (2014)

2.5.3. Aposentadoria especial

Corrêa (2002) descreve em sua obra que a aposentadoria especial é aquela em que o trabalhador segurado do INSS quando exercer atividade em condições que prejudiquem a sua saúde ou segurança, desde que tenham contribuído com a Previdência por um período de 15, 20 ou 25 anos, poderão se aposentar em um período menor de tempo.

Para Saliba (2016), como a exposição ocupacional à vibração (VMB e VCI) se enquadra numa atividade que possui condição tal para prejudicar a saúde e a integridade física do trabalhador, os envolvidos com esse tipo de agente, podem requerer aposentadoria especial. Para isso será necessária perícia e constatação que os limites de tolerância para vibração foram superados.

Saliba (2016) entende que atividades com martelotes pneumáticos, independente da avaliação quantitativa que aborda o anexo 8 da NR 15 e o Decreto n. 3.048/99, O trabalhador exposto deve obter a aposentadoria especial pois ela é inerente à atividade.

2.6. LEGISLAÇÃO APLICÁVEL SOBRE VIBRAÇÃO E SEUS LIMITES DE TOLERÂNCIA

As normas e a legislação aplicável sobre a exposição ocupacional à vibração seja ela para corpo inteiro (VCI) ou mãos e braços (VMB) deverão ser utilizadas como base para a avaliação da exposição humana à vibração. Momi (2012) enumera as principais normas sobre o agente vibração, a saber:

Nas normas brasileiras:

- Norma Regulamentadora 15 – Atividades e Operações Insalubres e seu anexo 8 (específico a vibrações)

Embora a autora não tenha mencionado, há uma Norma de Higiene Ocupacional da Fundacentro que trata da avaliação da exposição ocupacional a vibração em mãos e braços a NHO 10 e outra norma ainda da Fundacentro que aborda o tema da avaliação da exposição ocupacional à vibração de corpo inteiro, a

NHO 09. Ambas são baseadas nas normas internacionais para sua elaboração.

E as Normas Internacionais:

- ISO 5349:2001, partes 1 e 2 (referente às vibrações transmitidas às mão e braços - VMB);
- ISO 2631:1997 (referentes às vibrações de corpo inteiro - VCI);
- Os limites de tolerância descritos pela ACGIH;
- Diretivas da comunidade europeia;

2.6.1. Norma de Higiene Ocupacional 10 – norma para avaliação da exposição ocupacional a vibrações em mãos e braços

Esta norma da Fundacentro em seu item 1 objetiva o estabelecimento de critérios e procedimentos para avaliação da exposição a vibrações em mãos e braços, implicando riscos à saúde do trabalhador, inclusive a ocorrência da síndrome da vibração de mãos e braços (SVMB). Sendo sua aplicação requerida para todas as situações de trabalho (BRASIL, 2013b).

2.6.1.1. Instrumentos de Medição

Segundo a NHO 10 (BRASIL, 2013b) em seu item 6.3.2.3 aborda que os medidores a serem utilizados para medição de vibração em mãos e braços deve atender aos requisitos da norma ISO 8341 (2005) e suas futuras alterações. E atender os seguintes pontos:

- Circuito de ponderação para mãos e braços (Wh)
- Fator de multiplicação em função do eixo considerado igual a 1,0 para os eixos “x”, “y” e “z”;
- Medição em rms;

A escolha dos acelerômetros deve ser feita após a análise dos seguintes itens:

- Tipo de montagem necessária para posicionar e fixar o acelerômetro;
- Características do sinal a ser medido (frequências, amplitudes, ocorrência de picos elevados).

Essa norma sugere a utilização de aparelhagem de pequeno porte, pois assim há diminuição na interferência da medição e facilidade no posicionamento desse acelerômetro.

2.6.2. Calibração

Os equipamentos utilizados na regulação dos medidores de vibração devem atender às especificações da Norma ISO 8041 (2005), ou de suas futuras revisões e complementações, e ser compatíveis com os acelerômetros utilizados (BRASIL, 2013b).

2.6.3. ISO 5349:2001

A ISO 5349 passou por uma revisão em 2001 e foi separada em 2 partes. Sendo:

ISO 5349 – 1/2001: Vibração Mecânica – Medição e Avaliação da exposição humana à vibração transmitida às mãos. Parte 1: Requisitos Gerais.

ISO 5349 - 2/2001: Vibração Mecânica – Medição e Avaliação da exposição humana à vibração transmitida às mãos. Parte 2: Guia prático para avaliação da exposição no local de trabalho.

2.6.4. Diretiva Europeia 2002/44/EC

A norma que estabelece requisitos mínimos de saúde e segurança sobre exposição humana à vibração do sistema mãos e braços vigente na União Europeia é a Diretiva 2002/44/EC. Essa diretiva, segundo Gomes e *Savionek* (2012), possui dois valores de referência para seus limites de tolerância. São eles:

O Valor de Ação de Exposição Diária – VAE e o Valor Limite de Exposição diária – VLE. O VAE se equivale ao valor do Nível de ação mencionado na NR 15, que deve ser até 2,5 m/s². Já para o VLE esse valor é de 5 m/s² e não deve ser ultrapassado. Tem a mesma ideia do Limite de Tolerância da NR 15. Vale ressaltar que esses valores são para a jornada de trabalho de 8 horas [A(8)].

Ainda para Gomes e *Savionek* (2012) nessa diretiva, independente da situação de trabalho, os valores limites de exposição caso sejam ultrapassados em algum momento da jornada de trabalho, deve-se tomar medidas imediatas para a atenuação da exposição, medidas preventivas para a que uma nova ocorrência não ocorra, bem como a comunicação das razões que fizeram que esses limites fossem ultrapassados.

2.7. FERRAMENTAS MANUAIS PNEUMÁTICAS

As ferramentas manuais pneumáticas possuem como sua fonte de energia o ar presente na atmosfera. Sua utilização nas ferramentas pneumáticas é através da alimentação de ar comprimido, armazenados facilmente em reservatórios. De acordo com *Bosh* (2008), as ferramentas pneumáticas possuem construção e função simplificada se comparada com as ferramentas elétricas, devido à robustez de tamanho e menor ocorrência de falhas. Ainda em comparação com as ferramentas elétricas, têm a vantagem de serem ideais para áreas específicas de aplicação, como exemplo os locais úmidos, atividades imersas na água.

Outro ponto que chama atenção no manual da *Bosh* é sobre a segurança durante sua utilização, uma vez que o ar comprimido não traz grandes problemas

caso haja vazamento de ar, sendo seu sistema e componentes apresentando baixo índice de falhas (BOSH,2008). Outros riscos que não estão presentes nas ferramentas pneumáticas são fogo, explosão e eletricidade.

Como foi dito anteriormente, as ferramentas pneumáticas utilizam ar comprimido para funcionarem, logo, é importante se conhecer o consumo de ar que cada ferramenta possui e assim garantir a escolha correta para a atividade a ser realizada (BOSH, 2008). O quadro 4 lista algumas ferramentas e seus respectivos valores de consumo, em litros por minuto.

Vale ressaltar que é normalmente requerido uma pressão de ar de 6 bar para o funcionamento das ferramentas pneumáticas (BOSH, 2008).

Quadro 4 – Consumo médio de ar em l/min de ferramentas pneumáticas para uma pressão de ar de 6 bar

Tipo de ferramenta	Consumo de ar (l/min)
Martelo demolidor	700 ... 3.000
Martelete de impacto	200 ... 400
Martelete rebitador	200 ... 700
Martelete rebarbador	200 ... 700
Desencrustador	100 ... 250
Pregador / Pinador	50 ... 300
Grampeador	10 ... 60
Furadeira de impacto	400 ... 3.000
Furadeira	200 ... 1.500
Parafusadeira	180 ... 1.000
Retífica reta	300 ... 3.000
Esmerilhadeira vertical	250 ... 700
Esmerilhadeira angular	300 ... 700
Serra tico-tico	300 ... 700
Tesouras faca e punção	400 ... 900

Fonte: BOSH (2008)

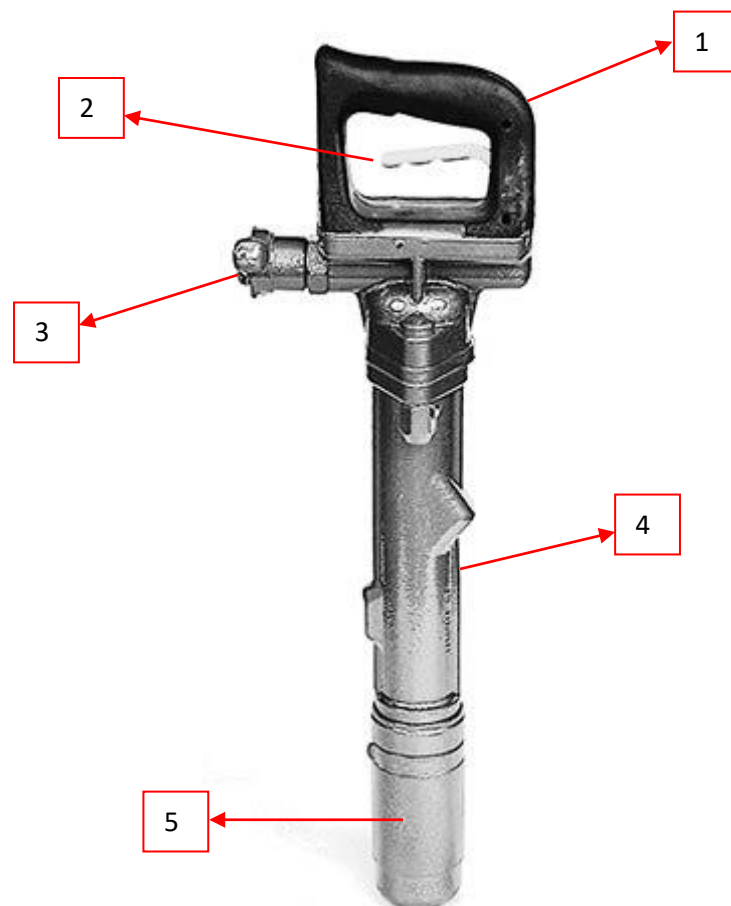
2.7.1. Marteletos rompedores pneumáticos

Os marteletes pneumáticos são ferramentas que, originalmente, realizam o mesmo serviço: o de demolição (AIR SERVICE, 2016).

Para *Air Service* (2016), essas ferramentas são movidas por um motor que coloca o acessório (ponteiros) em movimento de impacto contra a superfície a ser trabalhada. Dependendo de seu tamanho, são usadas para quebrar e demolir. Assim como diz o fabricante do modelo de martetele utilizado para os fins de avaliação de vibração, tema deste trabalho.

Em seu manual de segurança, operação e manutenção para o modelo de rompedor pneumático utilizado neste trabalho, a fabricante diz que o martetele em questão é projetado para pequenas demolições e trabalhos de construção, não sendo permitida qualquer outra utilização. Seu modo de utilização pode ser tanto na horizontal como na vertical (*AIR SERVICE*, 2016).

Figura 6 – Componentes de um martetele rompedor pneumático



Fonte: *AIR SERVICE* (2016)

Na figura 6, os componentes básicos do martetele rompedor pneumático são enumerados de 1 a 5 e são eles (em ordem crescente): Punho; Gatilho; Engate

para mangueira; Cilindro e Tampa inferior;

Há ainda uma grande variedade de acessórios disponíveis para os martelos rompedores pneumáticos, como por exemplo: Lubrificador de linha e mangueiras.

Os lubrificadores de linha têm a função de adicionar uma quantidade adequada de óleo ao ar comprimido que flui pelas mangueiras até o martelo para lubrificação do motor da ferramenta (*AIR SERVICE*, 2016).

Em relação as mangueiras, elas têm a função básica de carregar o ar comprimido para ser utilizado no martelo. São chamadas de conexões flexíveis entre a ferramenta pneumática e o local de geração de ar (compressor de ar). Deve se levar em consideração o comprimento das mangueiras e a medida que for necessário a utilização de mangueiras mais longas, o seu diâmetro nominal deverá também aumentar para garantir a demanda de pressão de fluxo de ar solicitada pela ferramenta (*AIR SERVICE*, 2016).

Na utilização de ferramentas pneumáticas, seja qual for o modelo, o tamanho, o consumo de ar, o tipo de motor, etc. Deve haver sempre o cuidado com a segurança e seguir o que diz as normas e procedimentos do fabricante. A manutenção é fator essencial para trabalhar com segurança (*AIR SERVICE*, 2016).

2.8. EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL PARA VIBRAÇÃO EM MÃOS E BRAÇOS

De acordo com os itens 9.3.5.2 e 9.3.5.4 da NR 9 (BRASIL, 2016), antes da tomada de decisão do fornecimento de EPI 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. Assim, caso todas as medidas citadas não forem suficientes para adequação do risco a níveis aceitáveis de exposição do trabalhador, aplica-se a proteção individual (EPI).

A hierarquia de Controle do Risco é:

- Eliminação/ Redução do Risco Existente;
- Medidas de Engenharia;
- Medidas Administrativas;

- Uso do EPI.

Momi (2012) comenta sobre essa hierarquia de controle e o uso do EPI, dizendo que quando não for possível o uso de novas tecnologias para eliminar ou reduzir o risco, ou que devido as particularidades de uma determinada atividade, o uso do EPI se faz necessário.

No caso do uso de marteletes pneumáticos, dependendo do local, do material perfurado e da alta intensidade da vibração emitida, o uso de luvas anti-vibração é recomendado.

Segundo Vendrame *apud* Momi (2012), a luva anti-vibração tem a finalidade de atenuar a intensidade da exposição à vibração transmitidas as mãos dos operadores.

Figura 7 – Modelo de luva anti-vibração



. Fonte: DANNY (2017)

O fabricante (DANNY, 2017) disponibiliza a ficha técnica do EPI e diz que essas luvas, podem atenuar até 43% das vibrações em altas frequências e até 23% em médias frequências durante as atividades, e que seu formato anatômico e dorso ventilado evitam a fadiga muscular e proporcionam proteção para o uso prolongado.

2.9. CONCRETO ARMADO

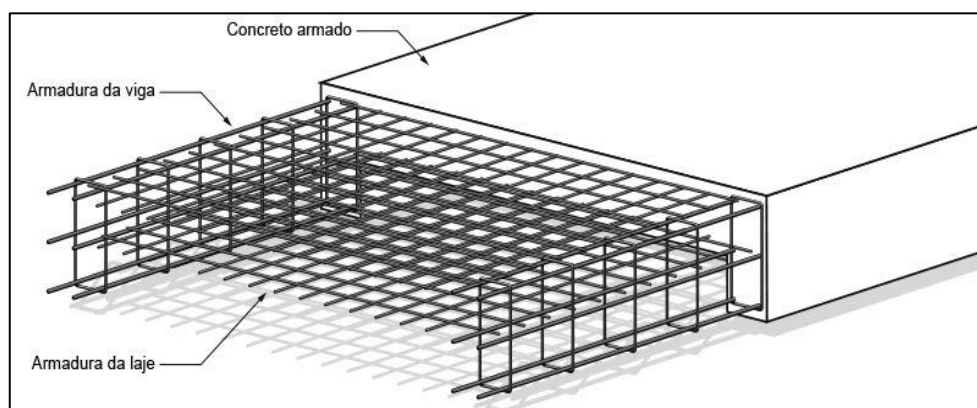
Goretti (2013) relata que muitas estruturas na construção civil são feitas

através de concreto armado, sendo inimaginável pensar em grandes construções e não pensar em concreto armado. Para se ter ideia da diversidade de sua aplicação, alguns exemplos são: edifícios, pontes, arranha-céus, usinas hidrelétricas, etc. Ainda para Gorette (2013), o concreto é dito armado quando há em seu interior armações feitas com barras de aço. Tendo as armações, função de dar ao concreto uma maior resistência a esforços de tração, uma vez que o concreto tem como melhor característica a resistência a compressão.

Algumas vantagens em relação ao concreto armado são listadas por Escola Engenharia (2017):

- Elevada resistência à compressão em comparação aos outros materiais de construção;
- Suporta uma boa quantidade de esforços de tração;
- Muito baixo custo de manutenção;
- Exige mão de obra menos qualificada;
- Boa resistência ao fogo e ao tempo;
- É uma estrutura que é mais durável do que qualquer outro sistema de construção;
- Boa resistência ao desgaste mecânico como choques e vibrações.

Figura 8 – exemplo de estrutura de concreto armado



Fonte: CONSTRUNORMAS (2017)

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A realização da avaliação quantitativa de vibração de mãos e braços no uso de martetele rompedor pneumático é de fundamental importância para a prevenção de doenças relacionadas ao agente vibração. Com a medição de sua intensidade será possível a tomada de decisão sobre as medidas de controle preventivas necessárias para que os trabalhadores não sejam acometidos por doenças e possam realizar suas atividades com segurança.

3.1. MATERIAIS

3.1.1. Normas Vigentes

Os níveis de critérios de avaliações para o caso em questão, ou seja, os limitantes de exposição ocupacional diária a VMB são estabelecidos em conformidade com o estipulado pela NR 15 em seu anexo 08, que 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 (a_{ren}) e o nível de ação.

As medições de vibração 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 da Fundacentro – Avaliação da exposição Ocupacional a Vibração em Mãos e Braços.

3.1.2. Medidor de vibração

O equipamento utilizado para a realização das medições de vibração em mãos e braços foi o Medidor e Analisador de Nível de Vibração da marca SVANTEK,

modelo SV106A, sendo o certificado de calibração número 78.035, calibração feita em 30 de maio de 2016. O próprio equipamento realiza a aferição de seus 6 (seis) canais automaticamente ao ligar. Os equipamentos possuem certificados de calibração com prazos de validade em vigor, emitidos por empresa especializada que integra a Rede Brasileira de Calibração e é devidamente credenciada pelo INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia Normalização e Qualidade Industrial), sendo a calibração realizada anualmente.

O SV 106 cumpre integralmente com os requisitos do ISO 5349:2001 e da diretiva europeia, fornecendo o valor de exposição de vibração A(8). Duas entradas permitem a conexão de 2 sensores triaxiais de vibração de corpo inteiro e mãos e braços, em simultâneo. O valor de exposição de vibração A(8) é calculado em tempo real e os resultados de ambos os sensores são exibidos simultaneamente em unidades VDV e RMS. Além dos valores de exposição, o SV106 calcula o tempo restante até os limites sejam atingidos, sugerindo o tempo de trabalho seguro para o usuário.

Esse equipamento de medição possui algumas restrições para condições ambientais, em especial a umidade. Na especificação técnica do medidor, o fabricante diz que o aparelho pode ser utilizado em locais com até 90% de umidade relativa (UR).

3.1.2.1. *Acelerômetro Triaxial*

Saliba (2016) o define como sendo o elemento que capta a vibração e o converte em uma grandeza que seja possível medir, ou seja, fornece um sinal de saída elétrico, mecânico ou óptico proporcional ao deslocamento (aceleração). Assim, esses acelerômetros geram um sinal proporcional à aceleração, que pode ser integrado, obtendo-se a velocidade e o deslocamento do sinal.

O acelerômetro triaxial é utilizado na avaliação ocupacional de vibração pois possibilita a medição das acelerações nos 3 eixos ortogonais (x, y e z). No caso da avaliação de vibração em martelletes rompedores pneumáticos, a NHO 10 em seu item 6.3.2.3 fala da possibilidade de utilização de adaptadores para uma melhor fixação do acelerômetro.

Figura 9 – Acelerômetro triaxial Svantek SV105AF



Fonte: CATÁLOGO PANACOUSTICS (2017)

O Acelerômetro piezoelétrico triaxial utilizado neste trabalho é da fabricante *Svantek*, modelo SV 105AF, com sensibilidade nominal que varia de 0,661 mV/(m/s²) até 79,58 Hz e é dedicado às medições de Vibração Humana realizadas de acordo com ISO 5349-2. Esse modelo de acelerômetro possui sensores que detectam o contato e excluem os períodos de tempo em que a ferramenta não é utilizada.

O adaptador utilizado é feito de uma alça de borracha ajustável para dar firmeza e conforto na hora da medição. Utilizar o adaptador de mão limita significativamente os distúrbios ao operador, pois o mesmo não tem que se preocupar em segurar o acelerômetro e realizar a atividade.

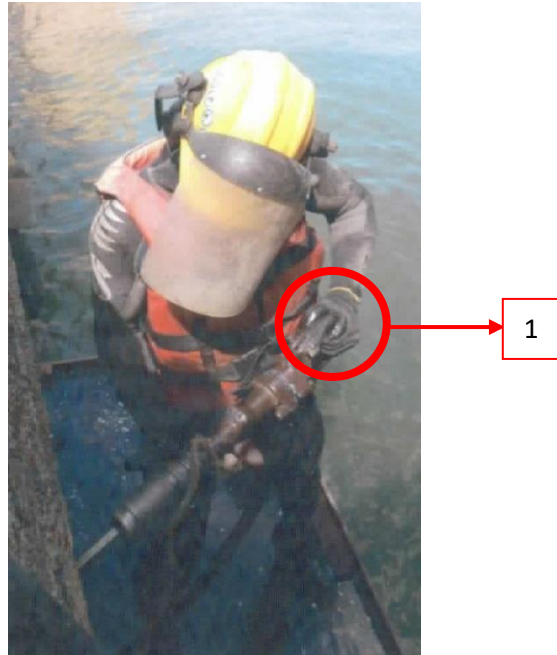
Figura 10 - Montagem do sistema: medidor e acelerômetro



Fonte: ARQUIVO PESSOAL

Na figura 10 são mostrados os equipamentos de medição utilizados na avaliação, sendo o item de número 1, o acelerômetro SV105AF colocado no adaptador para mão, e o item 2 o Medidor de Vibração *Svantek* 106.

Figura 11 – Medição da vibração do martelete



Fonte: ARQUIVO PESSOAL

Na figura 11 é retratado o momento do início das medições de vibração, onde o item de número 1 refere-se ao acelerômetro colocado na palma da mão esquerda do trabalhador.

Para realização das medições do valor de vibração emitidos pelo martelete rompedor pneumático foi realizada uma amostragem com 1 (um) trabalhador durante 10 (dez) minutos de atividade com a ferramenta vibratória e em seguida a extrapolação para a jornada de trabalho de 8 horas - A(8). As avaliações foram realizadas em período diurno. As avaliações foram realizadas de 14h29 (quatorze horas e vinte e nove minutos) as 14h39 (quatorze horas e trinta e nove minutos) no dia 24.08.2016.

As medições foram realizadas com o acelerômetro fixado na mão esquerda do trabalhador, que é a mão que realiza a força de prensão na ferramenta.

3.1.3. Martelete Rompedor Pneumático

A ferramenta manual vibratória que será utilizada na medição de vibração é um martelete rompedor pneumático da fabricante *Air Service*, modelo BJ11A. O quadro 5 contém a especificação técnica e o dimensionamento da ferramenta.

Quadro 5 – Especificação Técnica do martelete utilizado

MODELO	BJ11A
Diâmetro do pistão	38 mm
Curso do pistão	139,7 mm
Comprimento	595 mm
Peso aproximado	10,5 kg
Pressão de trabalho	90/100 psi
Consumo aproximado	44 pcm
Energia por impacto	95 Joules
Impactos por minuto	1600
Bucha do ponteiro	7/8"
Mangueira	1/2"
Lubrificador Incorporado	Não

Fonte: MANUAL AIR SERVICE (2016)

A figura 12 ilustra o modelo do martelete utilizado na atividade na qual foi feita a medição de vibração.

Figura 12 - Martelete Rompedor Pneumático



Fonte: ARQUIVO PESSOAL

3.1.3.1. Ponteiros

Os ponteiros utilizados são 7/8 polegadas, confeccionados em aço e fornecidos pela empresa *Air service*.

Figura 13 – Ponteiro de aço para rompedores pneumáticos



Fonte: *AIR SERVICE* (2017)

3.1.4. Mangueiras de ar comprimido

As mangueiras transportadoras de ar comprimido para alimentar os marteletes rompedores pneumáticos possuem o comprimento de 50 metros.

Quadro 6 – Especificação técnica das mangueiras de ar

Diâmetro Nominal	1/2" pol
Cor	Preta/amarela
Pressão de Trabalho	300 psi
Pressão de Ruptura	825 psi

Fonte: *RUBBER PLASTIC* (2017)

3.1.5. Lubrificador de Linha

O lubrificador de linha utilizado é do modelo BLG-30, possui carcaça robusta para resistir ao atrito com o chão. Sua capacidade é de 1,3 litros e a conexão com a mangueira é através de engate rápido que facilita sua desmontagem.

3.1.6. Compressor de ar

O compressor de ar utilizado para alimentação do martetele com ar comprimido é da fabricante Cp – *Compressor Pneumatic*, modelo 200Q, a diesel. Suas características estão descritas no quadro 7 a seguir:

Quadro 7 – Especificação técnica do Compressor de Ar

Vazão efetiva	
Pés ³ /min	200
m ³ /min	5,6
Pressão de Trabalho (lb/pol ²)	100
Pressão de Trabalho (bar)	8

Fonte: *COMPRESSOR PNEUMATIC* (2017)

Figura 14 -. Compressor de Ar



Fonte: ARQUIVO PESSOAL

3.1.7. Equipamentos de Proteção Individual – EPI

Para a realização da tarefa, os trabalhadores que fazem uso dos marteletores pneumáticos devem obrigatoriamente estar utilizando os seguintes EPI's:

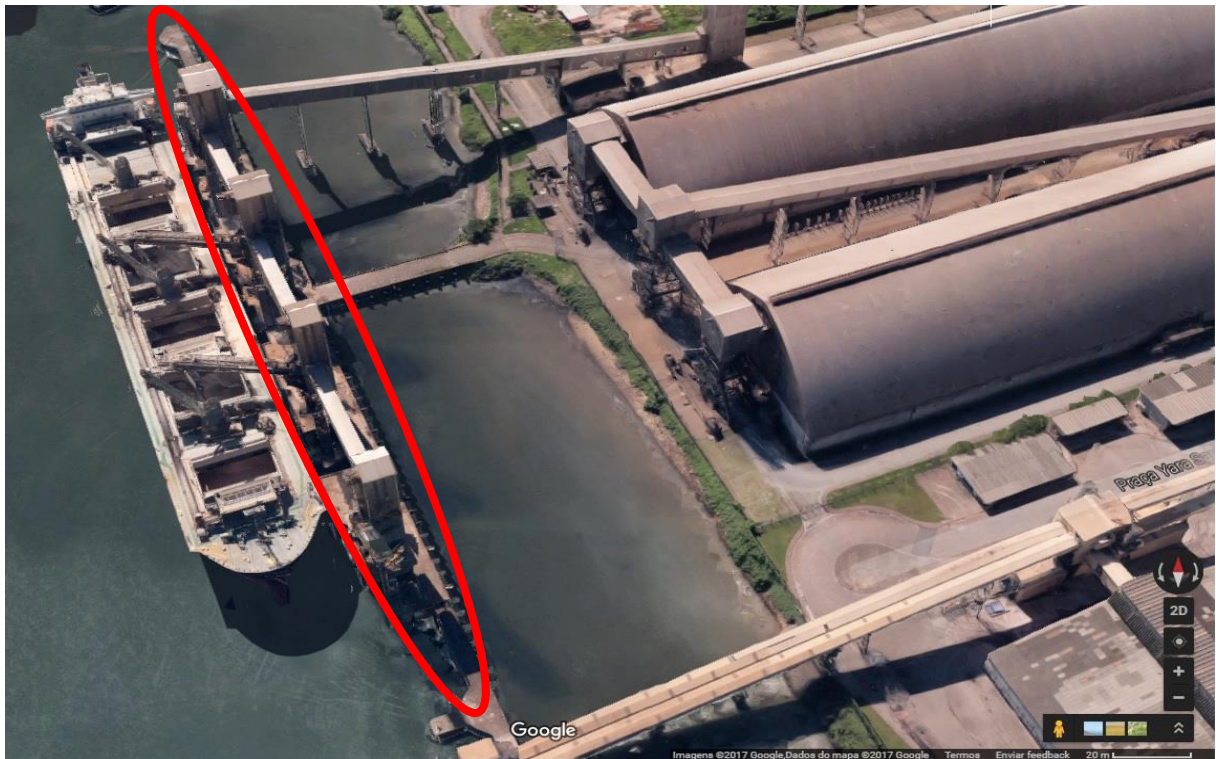
- Capacete de Segurança com carneira e jugular
- Protetor auricular (tipo concha);
- Protetor Facial Incolor;
- Respirador semifacial (tipo PFF2);
- Óculos de segurança;
- Luva anti-vibração;
- Calçado de Segurança;
- Colete Salva-vidas;
- Vestimenta adequada à tarefa (uniforme e roupa de neoprene).

3.1.8. O Local de estudo

O local da atividade é um píer para atracação de navios dentro de um Terminal Portuário na cidade do Guarujá/SP. O píer em sua extensão possui 276 metros de comprimento. O trabalho a ser realizado se baseia na recuperação das estruturas de ferro desse píer, que por estarem sob à ação da maresia, acabam por se oxidar e perder suas características iniciais de sustentação. Por isso se faz necessária a utilização de marteletores pneumáticos para a quebra do concreto armado que é feito o local e retirada e substituição da ferragem oxidada.

O local da atividade sofre influência direta da maré e a frequente presença de navios atracados. O terminal possui 300 funcionários próprios, e a empresa terceirizada responsável pela execução da reforma deste píer possui 50 trabalhadores. Sua capacidade de embarque de 8.000.000 toneladas de grãos anualmente, logo se verifica a importância da manutenção desse píer.

Figura 15 - Local da Atividade – Píer de Atracação de navios



Fonte: GOOGLE MAPS (2017)

3.2. MÉTODOS

3.2.1. Avaliação

Após a aquisição de todos os insumos para a realização das medições, iniciou-se a preparação e montagem dos equipamentos. Inicialmente se realiza a verificação das condições de segurança, no caso do compressor e do martetele é realizado a inspeção prévia através de *checklist*. Os itens verificados no compressor são: o nível de óleo lubrificante do motor, nível de água do radiador, nível de óleo diesel que alimenta o equipamento. Os marteteles pneumáticos por sua vez são avaliados previamente pelos operadores que os utilizarão, sendo que o movimento anormal do ponteiro demonstra a necessidade da troca do martetele. Toda a

manutenção e substituição dos marteleiros defeituosos é feita periodicamente, sendo sua troca realizada a cada 15 (quinze) dias ou quando houver a necessidade.

Em relação as mangueiras e os lubrificadores de linha, é preciso que as mangueiras estejam sem vazamentos e devidamente encaixadas, assim como os lubrificadores de linha devem estar preenchidos com óleo lubrificante.

Após as verificações prévias descritas acima, se inicia a fase de montagem e instalação do medidor de vibração para a coleta e medição dos níveis de vibração da ferramenta, seguindo a metodologia da ISO 5349 parte 1 e da NHO 10 da Fundacentro. O medidor é fixado no colete salva-vidas do trabalhador, e o acelerômetro na palma da mão que terá contato direto com a empunhadura do marteleiro (neste caso a mão esquerda), conforme figura 11.

Logo depois de finalizada a montagem do medidor de vibração, pode-se dar início ao trabalho, ligando o marteleiro e assim realizar a coleta de dados através do acelerômetro, assim como menciona a ISO 5349 parte 2. O tempo de atuação da ferramenta para a avaliação foi estipulado para 10 minutos e o local da atividade para a avaliação foi feito na lateral do píer.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. RESULTADOS

Os resultados obtidos na avaliação de vibração durante a utilização do martelete rompedor pneumático para a demolição de estrutura de concreto armado, durante um período de 10 minutos, foram satisfatórios para concluir que o trabalho realizado se faz em um ambiente salubre.

Conforme dados gerados pelo *software SvanPC++* contido no Anexo C, o valor encontrado na avaliação quantitativa de vibração em mãos e braços, mostra que para uma exposição de 8 horas diárias na utilização do martelete rompedor pneumático o valor foi de:

- aren $A(8) = 1,538 \text{ m/s}^2$.

Sendo:

aren – aceleração resultante da exposição normalizada

A(8) - aceleração resultante para uma jornada de trabalho de 8 horas diárias

m – metros

s - segundos

Este valor de aceleração resultante está abaixo do limite de tolerância estipulado pelo anexo 8 da NR 15, sendo que o limite de tolerância para a jornada é de 5 m/s^2 . Assim, não fica caracterizado uma condição insalubre para o agente vibração, pois o limite de tolerância para esse agente não foi ultrapassado.

4.1.1. Análise do resultado

De acordo com a tabela da FUNDACENTRO descrita no item 6.5.1 da NHO 10 e fornecida a seguir, para o critério de julgamento e tomada de decisão, para este

resultado que obteve o aren $A(8) = 1,538 \text{ m/s}^2$, se recomenda uma atuação preventiva para garantir a manutenção das condições existentes.

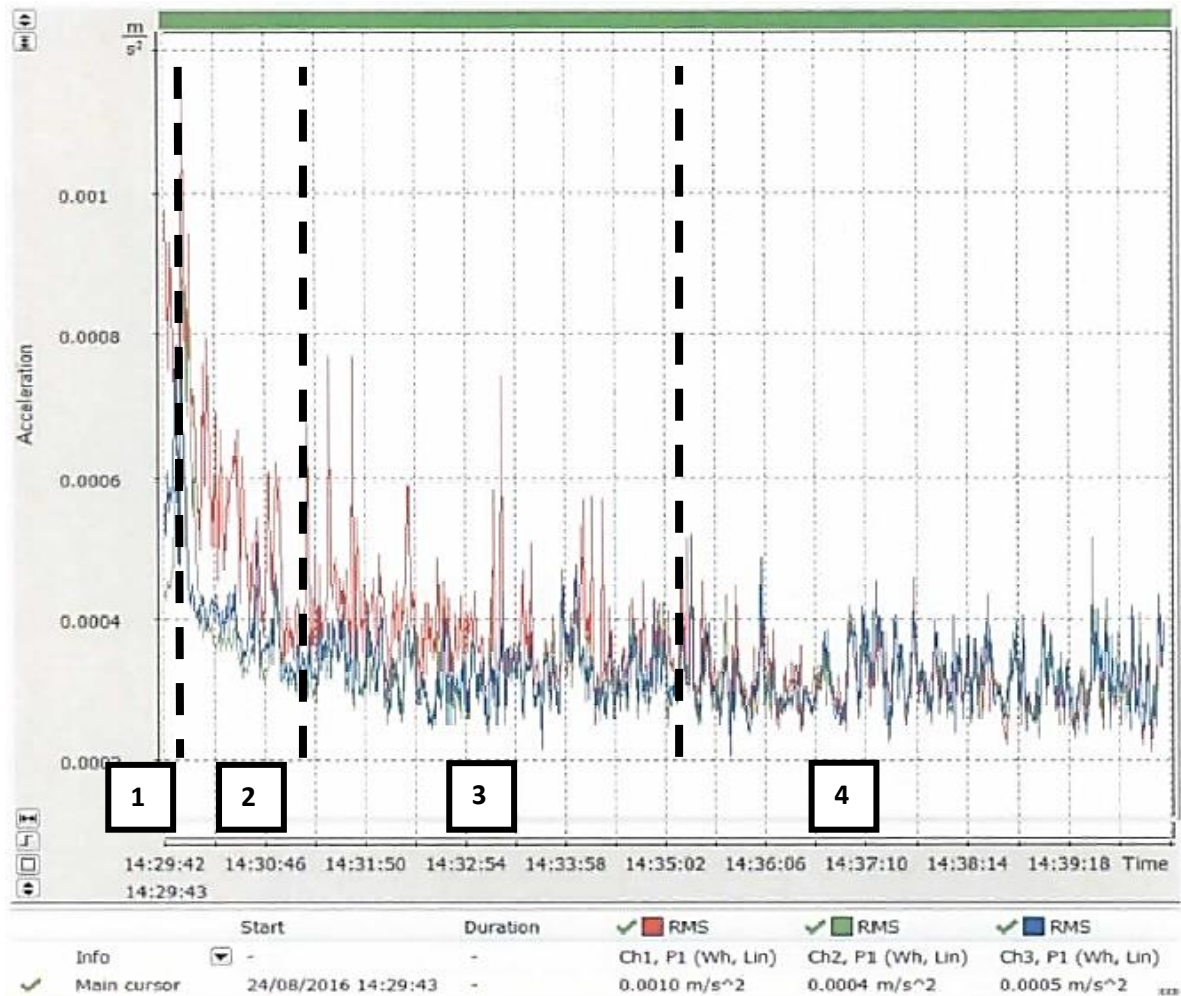
Quadro 8 - Critério de julgamento e tomada de decisão.

Aren (m/s^2)	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)

É importante ressaltar que mesmo para valores considerados aceitáveis, a adoção de medidas de venham 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 (BRASIL, 2013a).

Figura 16 – Resultados das medições de vibração



Fonte: ARQUIVO PESSOAL

As frequências mostradas no gráfico 1 foram divididas em 4 estágios para uma melhor análise de seus resultados:

1 – Estágio livre: nessa fase, há a presença de picos de aceleração pois a ferramenta não teve o contato com a estrutura;

2 – Estágio inicial de contato com a parte externa: Nessa fase se observa a diminuição dos picos de aceleração devido ao contato do ponteiro do martelo contra a superfície do concreto. Aqui já se obtém pequenas penetrações na estrutura.

3 – Estágio de penetração: Ao se conseguir êxito a penetração da estrutura, a ferramenta começa a demolição propriamente dita. Seu ponteiro já consegue alcançar as partes mais internas da estrutura.

4 – Estágio de normalização: É o estágio final do gráfico, onde não se consegue uma penetração significativa no concreto, havendo uma normalização de vibração dos 3 eixos ortogonais.

4.2. DISCUSSÕES

4.2.1. Jornada de trabalho

A atividade de demolição do concreto armado do píer de atracação é feita em um período de trabalho de 8 horas diárias

Como a atividade é constante, ou seja, sem significativas alterações, o tempo da medição foi feito para 10 minutos de trabalho e seu resultado foi calculado automaticamente pelo aparelho para um período de trabalho de 8 horas diárias.

4.2.2. Número de amostras

A NHO 10 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 grupo homogêneo de exposição de vibração dessa atividade contempla 5 trabalhadores, porém na data da realização das medições foi disponibilizado um 1 trabalhador/hora para executar a atividade, o que impossibilitou um número maior de amostras. Contudo, no critério do avaliador, 1 amostragem foi suficiente para um resultado significativo.

4.2.3. Limitação da avaliação

A variedade de resultados é limitada pois a avaliação foi feita apenas em uma das mãos (mão esquerda), sendo que a outra mão (direita) mesmo recebendo vibração da ferramenta servia apenas como apoio para segurar o martetele.

4.2.4. Presença de riscos adicionais

O trabalho consiste apenas em avaliar a exposição ocupacional à vibração de mãos e braços, porém a atividade contempla outros riscos adicionais, como por exemplo: o ruído; esforço físico; postura inadequada; poeira/pó proveniente da quebra do concreto; entre outros.

4.2.5. Influência da umidade na coleta de dados

O aparelho de vibração SVANTEK 106 utilizado para realizar a avaliação quantitativa de vibração apresentou interferências nas medições devido a umidade do ar no local, assim foi necessário a escolha de outro local que tivesse menor presença de umidade para realizar a avaliação sem que houvesse interferências ou erro de leitura.

4.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tomando como base o que determina o PPRA (NR9), que descreve a obrigatoriedade de se identificar, avaliar e controlar os riscos ambientais nos locais de trabalho foi realizada nesta pesquisa uma avaliação quantitativa do agente

vibração (mãos e braços) para discutir se a atividade de demolição de concreto armado com o uso de martetele rompedor pneumático caracteriza uma condição de trabalho insalubre aos envolvidos diretamente com a vibração dessa ferramenta. Assim, ao se comparar o valor de aceleração obtidos na medição ($a_{ren}=1,538 \text{ m/s}^2$) com o valor do limite de tolerância ($LT =5\text{m/s}^2$), conclui-se que o ambiente é salubre. Sendo necessária apenas a manutenção das condições existentes devido ao a_{ren} ser menor que o nível de ação ($2,5 \text{ m/s}^2$).

Neste trabalho optou-se na utilização da das Normas ISO 5349 partes 1 e 2, NHO 10 e Diretiva 2002/44/EC, NR 09, NR 15 e limites da ACGIH para serem feitas as medições da vibração, onde o risco ocorre na utilização da ferramenta ao quebrar o concreto armado de um píer de atracação de navios de um Terminal Portuário.

5. CONCLUSÃO

Através dos resultados obtidos nas avaliações quantitativas da vibração transmitidas às mãos e braços durante o manuseio de martetele rompedor pneumático foi possível identificar que a intensidade de vibração gerada pela ferramenta está dentro dos valores permitidos pelas normas e que o objetivo deste trabalho foi alcançado. Como possíveis trabalhos futuros, pode-se apontar:

- Influência das características fisiológicas dos trabalhadores na exposição à vibração: Estudar como as características individuais (peso, altura, idade) de cada trabalhador exposto à vibração de mãos e braços influencia no desenvolvimento da SVMB;
- Influência de condições climáticas adversas (baixas temperaturas): Verificar se o aparecimento da Síndrome de Vibração em Mãos e Braços sofre uma maior influência durante atividades realizadas em baixas temperaturas e estudo dos efeitos das baixas temperaturas na exposição humana à vibração e sua comparação em atividades realizadas durante o verão;
- Manuseio e posição de trabalho do martetele: Estudar quais as influências da posição de trabalho dos marteteles pneumáticos para a saúde dos trabalhadores. Seja utilizando a ferramenta na vertical, horizontal ou acima da cabeça.
- Monitoramento do risco (Questionário Padrão): Realizar pesquisa com os trabalhadores expostos à vibração (VMB) no dia a dia, para identificação denexo causal de possíveis problemas musculares, psicológicos, neurológicos ou um conjunto desses atribuídos ao agente vibração e também quanto ao conhecimento das normas de saúde e segurança do trabalho.

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, 2014.

AIR SERVICE. **Rompedores Pneumáticos Manuais**. Manual de Segurança, Operação, Manutenção: Modelo BJ11A. Disponível em: <<http://airservice.com.br/airservice/rompedores/pneumaticos-manuais/>>. Acesso em: 01 nov. 2016.

ALBIERI, S.; BENSOUSSAN, E. **Manual de Higiene, Segurança e Medicina do Trabalho**. São Paulo: Atheneu, 1997.

ALVES, E. **Riscos Ambientais**. Disponível em: <<http://tstelianealves.blogspot.com.br/2011/06/blog-post.html>>. Acesso em: 07 fev.2017.

AMARAL, L. S.; et at. **HIGIENE DO TRABALHO E PPRA**. São Paulo: LTr, 1997.

BOSH, R. **Manual de Ferramentas Pneumáticas**. 1ª ed. Campinas, 2008.

BRASIL, **Consolidação das Leis do Trabalho – CLT**. Brasília, 1943. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del5452.htm>. Acesso em: 14 jan.2017.

BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora N° 06**: Equipamentos de Proteção Individual - EPI. Brasília, 2015. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR6.pdf>>. Acesso em: 25 mai. 2017.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora N° 07**: Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional. Brasília, 2013a. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR7.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2017.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora N° 09**: Programa de prevenção de riscos ambientais. Brasília, 2016. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR09/NR-09-2016.pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2017.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora N° 15:** Atividades e operações insalubres. Brasília, 2014. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras/norma-regulamentadora-n-15-atividades-e-operacoes-insalubres>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

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

BRASIL, Ministério da Previdência Social do Brasil. **Doenças ocupacionais**. Disponível em: <<http://www.previdencia.gov.br>>. Acesso em: 29 mai.2017.

BRASIL, Ministério da Saúde do Brasil. **Definições das doenças relacionadas ao trabalho**. Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/lista_doencas_relacionadas_trabalho.pdf>. Acesso em: 29 mai.2017

BREVIOLIERO, E.; POSSEBON, J.; SPINELLI, R. **HIGIENE OCUPACIONAL:** agentes biológicos, químicos e físicos. São Paulo: Editora Senac, 2006.

CONSTRUNORMAS. **Painéis maciços de concreto armado**. Disponível em: <<http://construnormas.pini.com.br/engenharia-instalacoes/pisos-revestimentos/paineis-macicos-de-concreto-armado-341259-1.aspx>>. Acesso em: 15 abr. 2017.

CORREA, M. A. C.; SALIBA, T. M. **Insalubridade e Periculosidade:** aspectos técnicos e práticos. 6ª ed. São Paulo: LTr, 2002.

COMPRESSOR PNEUMATIC. **Compressor de ar 200Q**. Disponível em: <<http://www.compressorpneumatic.com.br/compressores-de-ar-diesel-portatil/compressor-de-ar-200q.php>>. Acesso em: 03 mar. 2017.

CUNHA, I. A. 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.

_____. **Níveis de vibração e ruído gerados por motosserras e sua utilização na avaliação da exposição ocupacional do operador à vibração**. Dissertação (mestrado), Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas/SP, 2000, 176p.

DANNY. **VIBRAFLEX: Luva de segurança contra vibração**. FICHA TÉCNICA.. Disponível em: <<http://www.danny.com.br/luva-contra-vibracao-vibraflex-danny-epi-luvas-anti-vibracao-e-impacto/>>. Acesso em: 25 abr. 2017

ESCOLA ENGENHARIA. **Vantagens do concreto armado**. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/concreto-armado/>>. Acesso em: 27 abr.2017.

FILHO, I.P. **Estudo do Absenteísmo: Contribuição para a gestão de pessoas na indústria automobilística. Estudo de caso de uma empresa multinacional.** — Tese (mestrado) Universidade Federal Fluminense. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <http://www.bdttd.ndc.uff.br/tde_arquivos/14/TDE-2007-05-30T141048Z-806/Publico/Dissertacao%20Izidro%20Penatti%20Filho.pdf> Acesso em: 27 jun.2017.

GIAMPAOLI, E.; WELLS ASTETE, M.; ZIDAN, L. N. **Riscos Físicos.** FUNDACENTRO, 1989.

GOMES, H. M.; SAVIONEK, D. **Medição e avaliação da exposição humana à vibração transmitida ao sistema mão-braço durante a atividade ciclística.** Revista Liberato, volume 13, 2012, Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul. Disponível em: <[http://www.liberato.com.br/sites/default/files/arquivos/Revista_SIER/v.%2013,%20n.%2020%20\(2012\)/8.m%E3o%20bra%E7o%2028.11.pdf](http://www.liberato.com.br/sites/default/files/arquivos/Revista_SIER/v.%2013,%20n.%2020%20(2012)/8.m%E3o%20bra%E7o%2028.11.pdf)>. Acesso em : 07 mar. 2017.

GONÇALVES, E. A. **MANUAL DE SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO.** 2ª Ed. São Paulo: LTr, 2003.

GORETTI, C. PET ENGENHARIA CIVIL UFJF. **Um breve histórico do concreto armado.** Disponível em: <<https://blogdopetcivil.com/2013/07/31/a-historia-do-concreto-armado>>. Acesso em: 15 abr.2017.

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.

MÁSCULO, F. S.; MATTOS, U. A. de O. **HIGIENE E SEGURANÇA DO TRABALHO.** Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2011.

MOMI, M. T. **Estudo de doenças ocupacionais causadas pela exposição às vibrações no ambiente de trabalho.** São Paulo: 2012.

MORAES, G. A. **NORMAS REGULAMENTADORAS COMENTADAS.** Volumes 2 e 3, 8ª ed. Revisada, Ampliada, Atualizada e Ilustrada. Rio de Janeiro: GVC Editora, 2011.

PANACOUSTICS. **SV 105AF: Hand-Arm Vibration Accelerometer.** Disponível em: <http://www.panacoustics.com/uploads/7/3/3/2/73322645/sv_105af_data_sheet.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2016.

REVISTA PROTEÇÃO. **Vibrações podem desencadear sérios problemas aos trabalhadores expostos**. Disponível em: < <http://www.protecao.com.br/noticiasdetalhe/Anjb/pagina=9>>. Acesso em: 18 jan.2017.

RUBER PLASTIC. **Mangueira trançada PT 300 Hidro Ar**. Disponível em: <<http://www.rubberplastic.com.br/mangueiras-industriais-pvc/mangueira-trancada-pt-300-hidro-ar.html>>. Acesso em: 03 mar.2017.


SALIBA, T. M. **CURSO BÁSICO DE SEGURANÇA E HIGIENE OCUPACIONAL**. 5ª ed. São Paulo: LTr, 2013.

SALIBA, T. M. **MANUAL PRÁTICO DE AVALIAÇÃO E CONTROLE DE VIBRAÇÃO: PPRA**. 4ª ed. São Paulo: LTr, 2016.


SVANTEK. **SV106: Analisador de Vibração Humana**. Disponível em: <http://svantek.com/langbr/product/8/sv_106a_analisador_de_vibracao_humana.html#about> Acesso em: 10 dez. 2016.

ANEXOS

ANEXO A – Certificados de Calibração



CHROMPACK
Instrumentos Científicos Ltda.
Desde 1996



Certificado de Calibração

Certificate of Calibration


Certificado Nº **78.035** Página **1-2**

Dados do Cliente

Nome:
Endereço:
Cidade:
Estado:
CEP:

Dados do Instrumento Calibrado

Tipo: Medidor Vibração
 Marca: Svantek
 Modelo: SV106
 Nº de Série: 34663
 Patrimônio: 7609
 Nº Processo: 29509
 Data da Calibração: 30. mai. 2016



Procedimento Utilizado:
O procedimento operacional de calibração PRO-VMB-VCI-2012

Padrões Utilizados

Nome:	Certificado	Data de Calibração
Calibrador de Acelerômetro	LIT09-LIT00-CC-10374	09/05/2016
Barômetro	RBC-LV24926-15-R1	27/07/2015
Termo-Higrômetro	RBC-LV26261-15-RO	28/07/2015

Condições Ambientais

Temperatura °C	Humidade Relativa %	Pressão Atmosférica mbar
21	55	939

Resultados Obtidos :
Os resultados foram obtidos através de aplicação de sinais vibratórios de aceleração e frequência conhecidas proveniente aos acelerômetros e comparados as tolerâncias da norma internacional ISO 8041. Para configurações dos mesmos utilizamos como referencia as normas internacionais ISO 2631 e ISO 5349.

O certificado de calibração poderá ser reproduzido desde que seja legível, na forma integral e sem nenhuma alteração. Os resultados apresentados neste certificado aplicam-se apenas ao item calibrado e não se estendem aos instrumentos da mesma marca, modelo ou série da fabricação. A precisão esperada de medição desvirtuado (k=2) foi avaliada para um nível de confiança de 95,45%. Este nível de confiança é baseado no fator de cobertura de 2 (k=2) e não é aplicável para outros níveis de confiança.

The certificate of calibration can be reproduced in any legible, in integral form and without changes. The results presented in this certificate are applied only to item calibrated and not extend to instruments of same brand, model or manufacturer lot. The required expanded uncertainty of measurement (k=2) was estimated for a confidence level of 95,45%. This uncertainty measurement is based on the coverage factor (k) obtained through the effective degrees of freedom of the calibration.

DOCUMENTO ORIGINAL

SÉRIE 027791

Av. Engº Saraiva de Oliveira, 465 - 05741-200 - Jd. Taboão - São Paulo - SP - Brasil
Fone: 55 11 3384-9320 - www.chrompack.net

CHROMPACK
Instrumentos Científicos Ltda.

Desde 1996



Certificado de Calibração

Certificate of Calibration

Certificado Nº 78.035

Página 2-2

Acelerômetro VCI – Vibração de Corpo Inteiro s/nº 32968					
Eixo calibrado X		Ponderação Wd *RMS			Sens: 50,1mVig
Frequência Aplicada HZ	Aceração Aplicada m/s ²	Valor Esperado m/s ²	Valor Medido m/s ²	Tolerâncias ISO8041	
79,58	1,0	0,021	0,02	0,205	0,019
159,2	1,0	0,004	0,004	0,004	0,003

Eixo calibrado Y		Ponderação Wd *RMS			Sens: 50,1mVig
Frequência Aplicada HZ	Aceração Aplicada m/s ²	Valor Esperado m/s ²	Valor Medido m/s ²	Tolerâncias ISO8041	
79,58	1,0	0,021	0,022	0,205	0,019
159,2	1,0	0,004	0,004	0,004	0,003

Eixo calibrado Z		Ponderação WK *RMS			Sens: 50,1mVig
Frequência Aplicada HZ	Aceração Aplicada m/s ²	Valor Esperado m/s ²	Valor Medido m/s ²	Tolerâncias ISO8041	
79,58	1,0	0,133	0,117	0,149	0,118
159,2	1,0	0,029	0,03	0,032	0,026

Acelerômetro VMB – Vibração de Mãos e Braços s/nº 32699					
Eixo calibrado X		Ponderação Wh *RMS			Sens: 10,1mVig
Frequência Aplicada HZ	Aceração Aplicada m/s ²	Valor Esperado m/s ²	Valor Medido m/s ²	Tolerâncias ISO8041	
79,58	1,0	0,202	0,202	0,226	0,180
159,2	1,0	0,100	0,111	0,112	0,089

Eixo calibrado Y		Ponderação Wh *RMS			Sens: 10,1mVig
Frequência Aplicada HZ	Aceração Aplicada m/s ²	Valor Esperado m/s ²	Valor Medido m/s ²	Tolerâncias ISO8041	
79,58	1,0	0,202	0,200	0,226	0,180
159,2	1,0	0,100	0,101	0,112	0,089

Eixo calibrado Z		Ponderação Wh *RMS			Sens: 10,1mVig
Frequência Aplicada HZ	Aceração Aplicada m/s ²	Valor Esperado m/s ²	Valor Medido m/s ²	Tolerâncias ISO8041	
79,58	1,0	0,202	0,201	0,226	0,180
159,2	1,0	0,100	0,100	0,112	0,089

Observações:

As evidências da rastreab.

4

Certificado assinado eletronicamente

A incerteza expandida U95,45 das medições não excede a $\pm 1\%$ relativo a medição para fator de abrangência $k=2,00$.

Técnico Responsável pela Calibração

Responsável Técnico pela Calibração

Av. Eng. Saraiva de Oliveira, 465 - 05741-200 - Jd. Taboão - São Paulo - SP - Brasil

Fone: 55 11 3384-9320 - www.chrompack.com.br

LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO ACREDITADO PELA CGCRE DE ACORDO COM ABNT NBR 15044 EC 17025 SOB O NÚMERO 296

ANEXO B – Lubrificantes recomendados para Rompedores Pneumáticos

BJ11A

Lubrificantes recomendados

FABRICANTE	ÓLEOS LUBRIFICANTES - ROTATIVAS E PERCUSSIVAS	
	TEMPERATURA DO AMBIENTE	
	0° - 20° C	20° - 50° C
CASTROL	CASTROL ÓLEO RD 100	CASTROL ÓLEO RD 300
ESSO		AROX EP 150
IPIRANGA	IPIDRILL 100	IPIDRILL 220
MOBIL OIL	MOBIL ALMO 525	MOBIL ALMO 527
PETROBRÁS	LUBRAX IND. FP-100	LUBRAX IND. FP-220
PROMAX	MAXLUB ROCK DRILL	MAXLUB ROCK DRILL
SHELL	TONNA R 100	
TEXACO	ROCKTEX D 100	ROCKTEX D 220
ATLANTIC	DRILL	DRILL

ANEXO C – Resultados da avaliação de vibração de mãos e braços

24AUG : Main results

SvanPC++

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Main results for vibration							
2								
3	Day	Hour	Channel	Profile	Filter	Detector	Elapsed time	OvIT
4	dd/MM/yyyy	HH:mm:ss					hh:mm:ss	%
5	24/08/2016	14:40:13	Ch1	P1	Wh	1 s	00:00:06	0.0
6	24/08/2016	14:40:13	Ch2	P1	Wh	1 s	00:00:06	0.0
7	24/08/2016	14:40:13	Ch2	P2	Band limit Wh	1 s	00:00:06	0.0
8	24/08/2016	14:40:13	Ch3	P1	Wh	1 s	00:00:06	0.0
9	24/08/2016	14:40:13	Ch3	P2	Band limit Wh	1 s	00:00:06	0.0
10								
11	VECTOR 4-6	2.021 m/s ²						
12								
13	Vibration dose meter (Hand-Arm, UK, 1-3)							
14								
15	MAX RMS	Channel (axis)	AEQ	Current exposure	Daily exposure	EAV total time	EAV time left	ELV total time
16	ums ²		ums ²	ums ²	ums ²	hh:mm	hh:mm	hh:mm
17	359.335	3 (Z)	612.350	8.841	612.350	> 24:00	> 24:00	> 24:00
18								
19	Vibration dose meter (Hand-Arm, UK, 4-6)							
20								
21	MAX RMS	Channel (axis)	AEQ	Current exposure	Daily exposure	EAV total time	EAV time left	ELV total time
22	m/s ²		m/s ²	mm/s ²	m/s ²	hh:mm	hh:mm	hh:mm
23	1.538	5 (Y)	2.021	29.174	2.021	12:14	12:14	> 24:00

24AUG : Main results

	9	10	11	12	13	14	15	16
1								
2								
3	Underrange	Units	PEAK	P-P	RMS	VDV	CRF	MAX
4						mm/s ^{1.75}		
5	0	ums ²	1381.974	2642.409	350.752	-	3.940	-
6	0	ums ²	1243.083	2437.811	350.752	-	3.544	-
7	0	mm/s ²	7.825	14.894	1.941	-	4.032	1.988
8	0	ums ²	1289.734	2564.484	359.335	-	3.589	-
9	0	mm/s ²	8.770	16.051	1.910	-	4.592	1.957
10								
11								
12								
13								
14								
15	ELV time left							
16	hh:mm							
17	> 24:00							
18								
19								
20								
21	ELV time left							
22	hh:mm							
23	> 24:00							