

## **Doença de Raynaud como consequência da vibração ocupacional**

Pedro Corrêa De Almeida\*

Key Fonseca De Lima\*\*

Ricardo Andrade Betega\*\*\*

### **RESUMO**

Contato com partes vibrantes exige precauções e recomendações segundo Norma Higiene Ocupacionais para extinguir, minimizar e dosar essa exposição. Descrita por Auguste Raynaud efeitos da Doença de Raynaud, e com estudos na área descobriu que a vibração de corpo inteiro (VCI), pode lesionar a coluna cervical. Quanto à vibração de mãos e braços (VMB), possível gangrena das extremidades das mãos, por falta de oxigenação. Experimento realizado em uma parafusadeira com material de alvenaria e madeira e também do lixamento e esmerilhamento de peças metálicas. Foi analisada a vibração localizada de mãos e braços. Níveis de vibração encontrados para materiais testados (alvenaria e madeira), os resultados ficaram dentro das recomendações. Níveis elevados de vibração para trabalhos com metal usando a lixadeira e esmerilhadeira. De acordo com as normas vigentes, estipulou que o trabalho com parafusadeira (material: alvenaria e madeira), 10% de um grupo analisado poderá desenvolver a Doença de Raynaud em 16 anos e 5 anos respectivamente. Trabalho com lixadeira está sujeita a acelerações elevadas, extrapolando o máximo pela norma. Trabalho com o esmeril encontrado níveis elevados de aceleração, porém, dentro do permitido. Nessa situação cerca de 10% do grupo estudado apresentará em até 2 anos sintomas da doença. Portanto, verifica-se a importância do controle e exposição à vibração de mãos e braços e quando exposto a níveis consideráveis deve se tomar providencias para extinguir, minimizar ou adequar para que atendam as legislações válidas atualmente no país.

Palavras-chave: Vibração. Síndrome de Raynaud. Efeitos de Raynaud. Acelerações localizadas de mãos e braços

\*Graduando em engenharia mecânica pelo Centro Universitário Ingá – UNINGÁ. almeidapedrocorrea@gmail.com.

\*\*Orientador. Professor (PUCPR) doutor em engenharia mecânica. Linha de pesquisa: vibração e acústica. key.lima@pucpr.br,

\*\*\*Coorientador. Professor e coordenador (UNINGÁ) mestre em engenharia mecânica. engenhariamecnica@uninga.edu.br.

## INTRODUÇÃO

Indústrias e empresas no geral têm um grande uso de máquinas rotativas que por defeitos de desbalanceamento do sistema, desgastes mecânicos, excentricidade mecânica ou mesmo funcionamento normal do equipamento geram vibrações com efeito nocivo ao homem.

No Brasil, conforme norma regulamentadora NR-15 anexo 8, onde o trabalhador se exponha a vibrações localizadas ou de corpo inteiro é passível de ser caracterizado como insalubre e segundo NR-17 que estabelece parâmetros de adaptação nas condições de trabalho para que se possa dar ao trabalhador condições de máximo conforto, segurança e desempenho na atividade estabelecida.

É de responsabilidade do empregador que se faça cumprir as exigências das normas, bem como adotar ações para que se possa eliminar ou reduzir a insalubridade e as condições inseguras no trabalho. Deve haver também responsabilidade por parte do colaborador em cumprir as exigências da Consolidação das Leis de Trabalho (CLT) para que se faça valer seus direitos legais relativos à segurança e medicina do trabalho.

Em 1862 o médico francês Auguste Gabriel Maurice Raynaud descreveu a Síndrome dos Dedos Brancos que hoje conhecida como Doença de Raynaud Figura 1. Esta síndrome consiste em uma desordem vascular desencadeada nas extremidades dos dedos sendo provocada por vibrações excessivas, frio, estresse e tabagismo. Comumente, a Doença de Raynaud é diagnosticada de forma errada, pois é confundida com a Síndrome do Túnel do Carpo ou com Lesão por Esforço Repetitivo (LER) ou com o Distúrbio Osteomuscular Relacionado ao Trabalho (DORT).

**Figura 1 - Doença de Raynaud nas mãos.**



Fonte: commons.wikimediaraynaud, 2016.

## **1 PROBLEMATIZAÇÃO**

Com a evolução da indústria, a modernidade e as tecnologias existentes nos dias atuais, o emprego de ferramentas é cada vez mais usado para que se possa ter agilidade e para que se possa aumentar a rentabilidade e a produção no desenvolvimento do trabalho quando executado. Com o uso de martelotes, parafusadeiras, furadeiras o trabalhador quando exposto a vibração por longos períodos o risco ao mesmo é real de desenvolver doenças desencadeadas pelo trabalho.

Com isso, tem-se a razão de estudo onde identificar as ferramentas ou partes vibrantes e verificar através das medições e juntamente com o tempo de exposição se haverá um risco excessivo a saúde do trabalhador.

Para a pesquisa, será analisada uma parafusadeira comumente usada na indústria civil e também em montagem de diversos processos como parte de motores, uma serra esmeril e uma lixadeira ambas muito utilizadas na indústria metal mecânica tanto para trabalhos pesados (desbastes, perfuração, corte) como de acabamento (lixamento leve, arredondamento de cantos vivos).

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivos Geral**

Correlacionar os níveis máximos e mínimos de vibração da ferramenta de aparafusamento e perfuração no trabalho com madeira e alvenaria (tijolo) e também de uma serra esmeril e uma lixadeira, ambas no trabalho com peças metálicas com um possível surgimento da doença desencadeada por vibração excessiva contribuindo para melhor eficiência e saúde dos colaboradores.

### **2.2 Objetivos Específicos**

Os objetivos específicos do trabalho são:

- a) Fazer medições de vibração em parafusadeira, serra esmeril e lixadeira;
- b) Correlacionar o funcionamento e os níveis medidos das ferramentas com as normas ISO2631:1997 e ISO/DIS 5349:2001 juntamente com a norma NR 15;

- c) Identificar aspectos relevantes no uso da ferramenta vibrante e propor possíveis melhorias para operação se for o caso, para que cumpram as exigências e limites de recomendação da norma;

### **3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Para alcançar o objetivo geral deste trabalho foram utilizados os seguintes procedimentos metodológicos:

- a) análise no posto de trabalho no setor metalúrgico;
- b) medição de tempo efetivo de exposição dos trabalhadores por um período de 8 horas;
- c) medição dos valores de vibração em laboratório e em campo, para 3 tipos distintos de equipamentos;
- d) verificar através dos valores medidos, a relação entre a exposição dos trabalhadores a vibração e o surgimento da Doença de Raynaud.

### **4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

A fim de colaborar com o conhecimento na área sobre vibração de mãos e braços, segue-se uma relação de trabalhos e pesquisadores sobre o tema:

Um estudo de caso de cirurgiões dentistas expostos à vibração ocupacional oriundas de canetas odontológicas foi analisado e obtiveram-se algumas variações de instrumentação utilizadas de acordo com baixas e altas (canetas de alta com 400 mil RPM e baixa rotação com 20 mil RPM) rotações respectivamente. Nesse estudo, constatou-se que para tais especificações não há riscos para os dentistas mesmo quando expostos a longos períodos de exposição. Entretanto pode ser um coadjuvante para doenças mais leves como LERs/DORTs aliados a mau posicionamento de trabalho, alta repetitividade, características individuais (ZMIJEVSKIB et al., 2010).

Trabalhos florestais e agrícolas, minas e construções utilizam-se de diversos equipamentos portáteis e motorizados expondo o trabalhador à vibração. Como já reconhecido que a exposição à vibração traz riscos à saúde, foram avaliados empiricamente 75 trabalhadores comprovando que 66% destes apresentaram sintomas oriundos da vibração passional. Ademais, foi verificado que alguns equipamentos trabalham com vibração acima do permitido por lei (COSTA et al., 2012).

Tanto a vibração de corpo inteiro ou quanto a de forma localizada em mãos e braços, causam uma reação no corpo humano. A vibração de corpo inteiro é quando o corpo está apoiado ou sobre uma superfície vibrante, que comumente é visto em maquinários industriais. Já a vibração localizada (mãos e braços), é quando há empunhadura de uma ferramenta de mineração ou construção, por exemplo. Enfatizando riscos a diversas partes do corpo humano como um mal-estar leve, problemas cardiovasculares, respiratórios e alterações das funções fisiológicas sendo também de forma cognitiva. Construído de forma a atender as normas regulamentadoras e a fim de obter prevenções e com experimentos em campo e de forma empírica propõem-se medidas preventivas e tratamentos para os efeitos da vibração (MILHO, 2009).

#### 4.1 Conceitos

Segundo Lida (1990) qualquer corpo que execute rotação e movimento em torno de um ponto fixo, gera vibração. Essas vibrações podem ser de forma localizada nas mãos e braços como em ferramentas da construção civil, da mecânica (martelletes, serras, desempenadeira, parafusadeira) e da dentística. Pode acometer o corpo inteiro, como um motorista de ônibus, piloto de helicóptero e operador de máquinas sobre plataformas. Segundo Fiedleret et al., (2006) esses fatores causam desconforto, aumentam os riscos de acidentes e podem causar danos consideráveis a saúde.

“Diferentemente de outros agentes, onde o trabalhador pode estar exposto a riscos passivamente, no caso das vibrações, há caracteristicamente o contato entre o trabalhador e o equipamento ou máquina que transmita a vibração”, (LIMEIRA, 2013).

Vibração ocupacional é medida através das acelerações, “ Para efeito de higiene ocupacional, a avaliação da vibração é feita por meio de aceleração em  $m/s^2$  ou em decibel (dB)” (SALIBA, 2012), em que o corpo está sujeito, podendo ocorrer nos três eixos espaciais de forma separada ou simultânea.

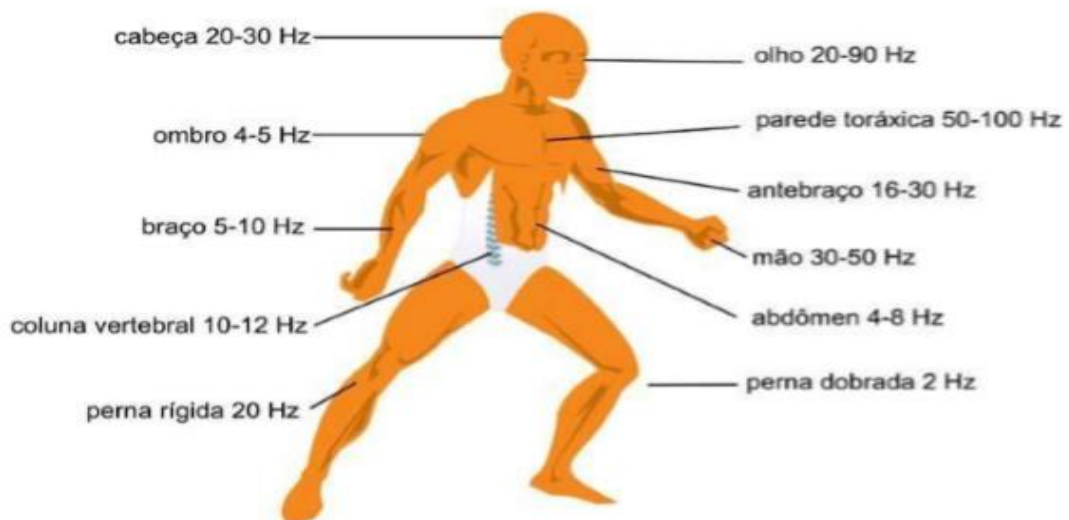
As exigências para que possa ser realizada a medição ocupacional é que o equipamento tenha capacidade de medir baixas frequências, sensibilidade para baixa intensidade e de preferência medir nos três eixos de forma simultânea.

Um dos principais efeitos causados pela mecanização é a vibração gerada pelas máquinas e equipamentos. “A revolução industrial trouxe a máquina e a máquina trouxe a vibração”, (VENDRAME, 2011).

A vibração é uma mistura oscilatória entre energias cinética e potencial quando em contato com o corpo humano. Toda essa energia é absorvida pelo corpo. Quando as vibrações transmitidas coincidem com as frequências naturais do corpo é quando acontece o maior problema, pois a ressonância gerada amplifica o movimento.

De acordo com a normatização ISO 5349:1986 os casos mais corriqueiros e de maior interesse são em relação à vibração transmitida a mãos e braços que variam a frequência entre 6,3 a 1250 Hz e que geralmente ocorrem em maior número. Quando a vibração é de corpo inteiro variam entre frequência de 1 a 80 Hz de acordo com normatização da ISO 2631:1985. Cada parte do corpo humano possui uma frequência natural própria conforme Figura 2.

**Figura 2 – Frequências naturais do corpo.**



Fonte: Silva, 2015.

Os parâmetros físicos relevantes na quantificação da vibração seriam a aceleração da vibração e suas respectivas direções, as frequências medidas e suas devidas ponderações relativas à saúde, conforto, percepção, náuseas do movimento e tempo de exposição efetivo.

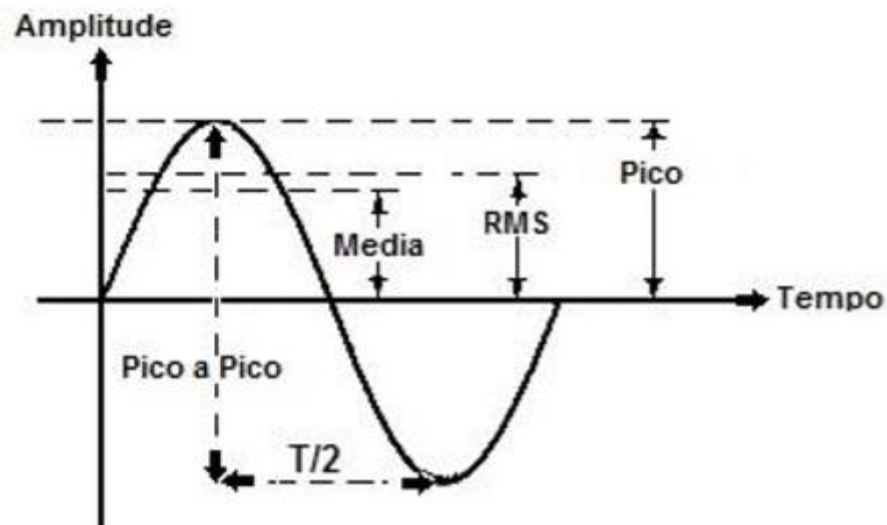
#### **4.1.1 Avaliando a vibração**

Para a avaliação é necessária e importante à medição nos três eixos e a determinação da aceleração RMS que representa a média da energia do movimento vibratório, frequência ponderada e valor total da aceleração em cada um dos respectivos eixos e de preferência

simultaneamente (MANSFIELD, 2005). Se não for possível, deve se analisar sobre as mesmas condições sequencialmente cada um dos eixos.

Para avaliar um sinal vibratório são necessários que se conheçam os valores de pico, valores médios, (RMS), valor pico-a-pico como ilustra Figura 3.

**Figura 3 – Parâmetros Característicos Movimento Senoidal.**



Fonte: O autor, 2016.

As frequências de interesse lidas são filtradas em banda de frequências em terça de oitava que é o intervalo entre dois tons (frequência central), gerando uma relação entre elas igual a  $2^{1/3}$ . “Exemplos: a magnitude das acelerações será determinada nas seguintes frequências centrais – 1,0 Hz, 1,25 Hz, 1,6Hz, 2,0 Hz, 2,5 Hz, 3,15 Hz, 4,0 Hz, 5,0 Hz, 6,3 Hz, 8,0 Hz, 10 Hz, 12,5 Hz ”, (SALIBA, 2014).

Para obtenção do fator de crista Equação 1 é necessário que se conheça a raiz média quadrática (RMS) a qual caracteriza a gravidade das vibrações e de um possível potencial destrutivo e o pico máximo que é a máxima amplitude de aceleração medida em certo período podendo ser um indicador de impacto de curta duração para casos onde se tenha vibração ocupacional de corpo inteiro.

$$FC = \left| \frac{Pico\ Max}{RMS} \right| \quad (1)$$

Onde;

FC – Fator de crista.

Pico Max – Máxima amplitude de vibração.

RMS – Raiz média quadrática.

#### 4.1.2 Ponderações relativas à saúde

O efeito da vibração ao corpo humano é diferente para as diversas frequências, por isso as acelerações são ponderadas ou corrigidas para que minimizem essa diferença. A importância da frequência ponderada se dá de forma a filtrar as frequências que supostamente causam danos à saúde, e com a ponderação é possível obter um valor representativo da aceleração para um dado período de tempo. O Quadro 1 mostra um guia para aplicação da ponderação para análise quanto aos riscos à saúde para vibração de corpo inteiro.

**Quadro 1 – Guia de ponderações quanto à saúde.**

<b>Fator de ponderação – análise quanto à saúde</b>						
	Corpo inteiro – em pé			Corpo inteiro - sentado		
	Eixo X	Eixo Y	Eixo Z	Eixo X	Eixo Y	Eixo Z
<b>Curvas de ponderação</b>	Wd	Wd	Wk	Wd	Wd	Wk
<b>Fator multiplicador (k)</b>	1,4	1,4	1	1,4	1,4	1

Fonte: ISO 2631/1997.

Para a curva de ponderação Wd para eixo x e y, o fator multiplicador é 1,4 tanto para vibração de corpo inteiro em pé ou sentado, para ponderação Wk com fator multiplicador 1 também para os dois tipos de vibração ocupacional de corpo inteiro.

“O fator multiplicador 1,4 é a razão entre o valor longitudinal e os transversais da curva de igual resposta, nas faixas de maior sensibilidade de resposta humana (SALIBA, 2014)”.

Ponderações são o inverso da frequência produzida pelo corpo humano, sabendo que a vibração não é linear em todas as frequências, por isso é necessário corrigir as respostas de sensibilidade em diferentes frequências.



### 4.1.3 Acelerações ponderadas

O valor total nas coordenadas ortogonais se da pela Equação 2 de acordo com ISO 2631:1997 item 7.2.4 para obtenção da aceleração ponderada resultante para vibração de corpo inteiro e a Equação 4 para aceleração eficaz ponderada em frequências (filtros Wd, Wk, Wh).

$$a_p = \sqrt{k_x^2 a_{wx}^2 + k_y^2 a_{wy}^2 + k_z^2 a_{wz}^2} \quad (2)$$

Onde:

$a_p$  – acelerações resultantes ponderadas.

$a_{wx}$ ,  $a_{wy}$ ,  $a_{wz}$  são acelerações ponderadas dos respectivos eixos ortogonais x, y e z.

$k_x$ ,  $k_y$ ,  $k_z$  são fatores multiplicadores ( $k_x$  e  $k_y = 1,4$ ;  $k_z = 1,0$ ).

Assim as combinações de aceleração dos três eixos para VCI se da pela Equação 3:

$$a = \sqrt{1,4a_x^2 + 1,4a_y^2 + a_z^2} \quad (3)$$

Onde:

$a$  – aceleração resultante.

$a_x^2$ ,  $a_y^2$ ,  $a_z^2$  – aceleração compensada, segundo a direção medida  $m/s^2$ ;

Para a aceleração ponderada com filtros nas frequências, para vibração de corpo inteiro Equação 4:

$$a_w = \left[ \frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(t) dt \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

Onde:

$a_w$  – aceleração instantânea.

$T$  – duração da medição.

De acordo com ISO 2631:1997 de forma a complementar os parâmetros de avaliação deve se determinar o valor de dose de vibração (VDV) quando se leva em conta a relação

entre a magnitude e a duração de todos os períodos dado pela Equação 5, uma vez que o fator de crista medido seja superior a 9. De acordo com a Norma de Higiene Ocupacional 09 quando há ocorrência de picos destacados no sinal da vibração caracterizando fator de crista dado pela Equação 1.

$$VDV = \left\{ \int_0^T [a_w(t)]^4 dt \right\}^{\frac{1}{4}} \quad (5)$$

Onde:

VDV – valor de dose de vibração ( $m/s^{1,75}$ ).

$a_w$  – aceleração compensada, segundo a direção medida ( $m/s^2$ ).

$T$  – período total de exposição;

$t$  – tempo em segundos.

E também de acordo com Equação 6 estima-se uma dose de vibração.

$$eVDV[(1,4R)^4 T_s]^{\frac{1}{4}} \quad (6)$$

Onde:

$eVDV$  – valor de dose de vibração ( $m/s^{1,75}$ ).

$R$  – valor em RMS.

A aceleração ponderada resultante Equação 7 de acordo com ISO 5349 para vibração de mãos e braços se da pela combinação dos três eixos com valor total definida pela raiz quadrática média dos componentes.

$$a_{hv} = \sqrt{a^2 hwx + a^2 hwy + a^2 hwz} \quad (7)$$

Onde:

$a_{hv}$  – Aceleração resultante para mãos e braços.

$a^2 hwx$  – aceleração no eixo x.

$a^2 hwy$  – aceleração no eixo y.

$a^2 hwz$  – aceleração no eixo z.

De forma a facilitar comparativamente as exposições diárias de diferentes períodos de tempo, expressa pela Equação 8 nos termos de aceleração equivalente para 8 horas de exposição a vibração. Sendo usado o  $A(8)$  para determinar a síndrome dos dedos brancos (fenômeno de Raynaud) pela ISO 5349.

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

Onde:

$T$  – duração total diária de exposição à vibração  $a_{hv}$ .

$T_0$  – duração de 8 horas.

$a_{hv}$  – Aceleração média resultante para mãos e braços.

Quando o trabalhador é exposto a vibrações de diferentes magnitudes o total dessa exposição diária a vibração,  $A(8)$ , é calculado pela Equação 9.

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{hvi}^2 T_i} \quad (9)$$

Onde:

$a_{hvi}$  – aceleração média resultante, relativa a  $i$ -ésima operação.

$T_i$  – duração total da  $i$ -ésima operação.

$T_0$  – duração de 8 horas.

A Figura 16 encontra-se o gráfico do tempo de aparecimento da Doença de Raynaud em relação à vibração resultante.

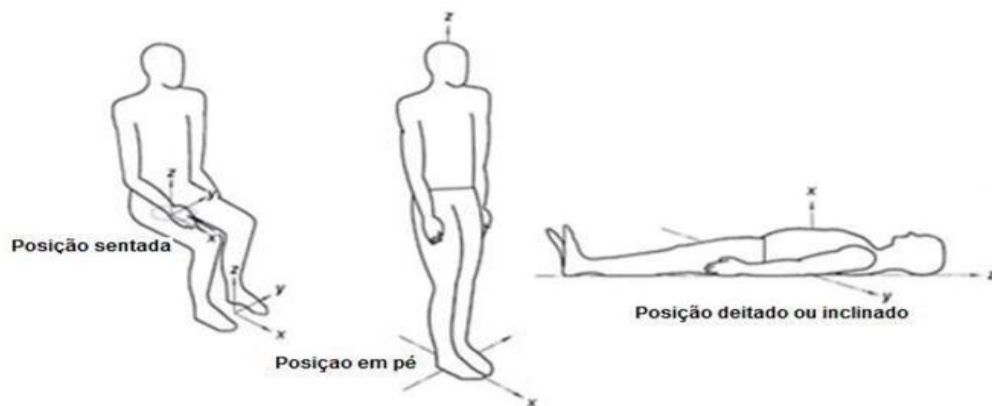
#### 4.1.4 Eixos De Medição

Abaixo, a Figura 4 ilustra o correto referenciamento do posicionamento dos eixos espaciais no corpo para vibração de corpo inteiro (VCI) de acordo com norma regulamentadora ISO 2631:1997 e a Figura 5 para mãos e braços (VMB) de acordo com ISO 5349:2001. Exclusivamente para VMB existem dois tipos de sistemas de posicionamento o

basicêntrico localizado na interface entre a pega/manopla e a mão, o biodinâmico com o centro no terceiro osso metacarpiano da mão.

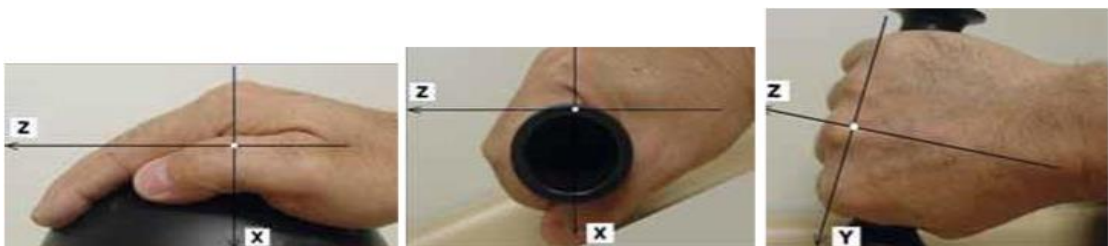
Uma importante função para se garantir uma boa medição é um correto posicionamento dos acelerômetros garantindo que esteja o mais perto da fonte de vibração e um adotamento correto dos eixos de medição. A Figura 6 demonstra possíveis exemplos para vibração de corpo inteiro a Figura 7 para vibração de mãos e braços.

**Figura 4 – Eixos de direção para medição (VCI).**



Fonte: Adaptada de ISO 2631:1997.

**Figura 5 - Eixos de direção adotados para medição vibração de mãos e braços.**



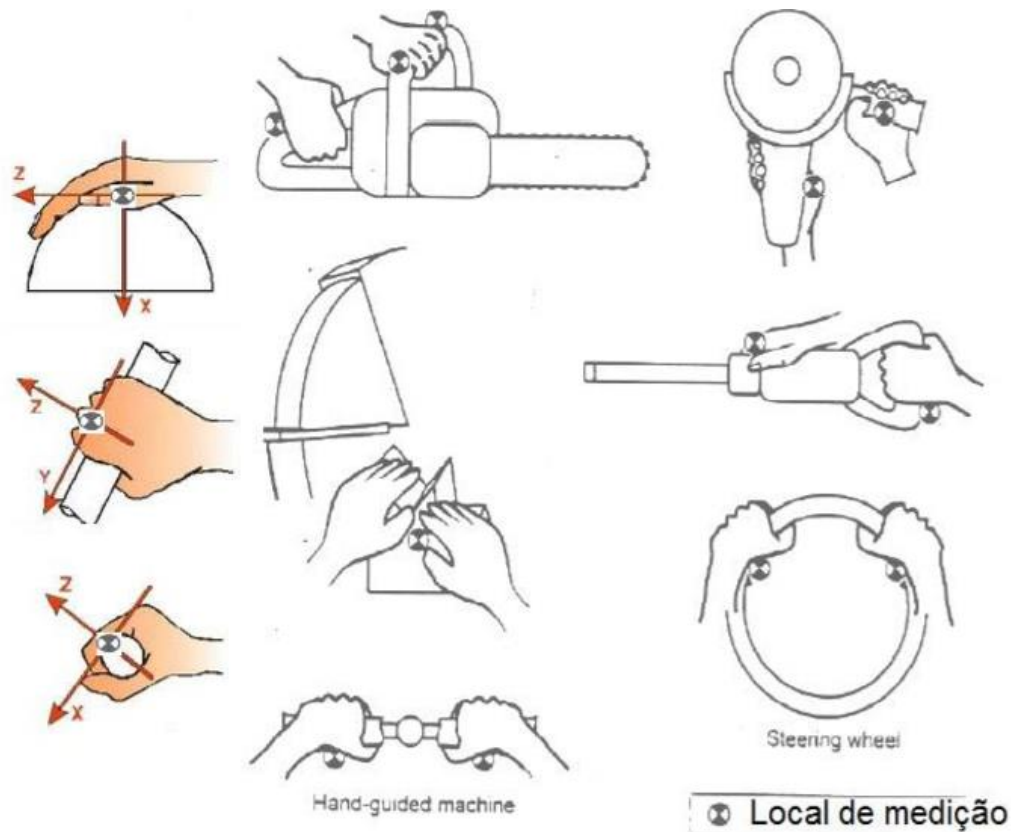
Fonte: FUNDACENTRO, 2013.

**Figura 6 – Posicionamento acelerômetro para vibração de corpo inteiro.**



Fonte: Silva, 2015.

**Figura 7 – Posicionamentos do acelerômetro para vibração de mãos e braços.**



Fonte: Adaptado Silva, 2015.

## 4.2 LEGISLAÇÕES EM VIGOR

A legislação válida atualmente no Brasil classifica o agente físico vibração como sendo um estudo ocupacional dividido em duas áreas: vibrações de corpo inteiro e vibrações localizadas. Antes de 13/08/2014 para avaliação e controle da exposição à vibração eram vigentes o anexo 8 da NR 15 com considerações da norma ISO 5349:2001 e ISO 2631:1997-amd2010 e NR 9 que trata da proteção dos trabalhadores.

Com isso podemos destacar no anexo 8 da NR 15, que estabelece:

### 1. Objetivos.

**1.1** Estabelecer critérios para caracterização da condição de trabalho insalubre decorrente da exposição às Vibrações de Mãos e Braços (VMB) e Vibrações de Corpo Inteiro (VCI).

**1.2** Os procedimentos técnicos para a avaliação quantitativa das VCI e VMB são os estabelecidos nas Normas de Higiene Ocupacional da FUNDACENTRO.

### 2. Caracterização e classificação da insalubridade.

**2.1** Caracteriza-se a condição insalubre caso seja superado o limite de exposição ocupacional diária a VMB correspondente a um valor de aceleração resultante de exposição normalizada (aren) de  $5 (m/s^2)$ .

**2.2** Caracteriza-se a condição insalubre caso sejam superados quaisquer dos limites de exposição ocupacional diária a VCI.

a) valor da aceleração resultante de exposição normalizada (aren) de  $1,1 m/s^2$ ;

b) valor da dose de vibração resultante (VDVR) de  $21,0 m/s^{1,75}$ .

**2.2.1.** Para fins de caracterização da condição insalubre, o empregador deve comprovar a avaliação dos dois parâmetros acima descritos.

**2.3.** As situações de exposição à VMB e VCI superiores aos limites de exposição ocupacional são caracterizadas como insalubres em grau médio.

**2.4.** A avaliação quantitativa deve ser representativa da exposição, abrangendo aspectos organizacionais e ambientais que envolvam o trabalhador no exercício de suas funções.

**2.5.** A caracterização da exposição deve ser objeto de laudo técnico que contemple, no mínimo, os seguintes itens:

a) Objetivo e datas em que foram desenvolvidos os procedimentos;

b) Descrição e resultado da avaliação preliminar da exposição, realizada de acordo com o item 3 do Anexo 1 da NR-9 do 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.

Após a atualização, o anexo 1 da NR 9, anexo 8 da NR 15 (nova redação) com consideração das normas da FUNDACENTRO NHO 09 e NHO 10 passaram a ser as respectivas normas válidas.

Em relação dos riscos e a medida de controles da vibração, podem-se destacar da NR 9:

**9.3.4** A avaliação quantitativa deverá ser realizada sempre que necessária para:

a) comprovar o controle da exposição ou a inexistência de riscos identificados na etapa de reconhecimento;

b) dimensionar a exposição dos trabalhadores;

c) subsidiar o equacionamento das medidas de controle;

**9.3.5.1** Deverão ser adotadas as medidas necessárias suficientes para a eliminação, a minimização ou o controle dos riscos ambientais sempre que forem verificadas uma ou mais das seguintes situações:

a) identificação, na fase de antecipação, de risco potencial à saúde;

b) constatação, na fase de reconhecimento de risco evidente à saúde;

c) quando os resultados das avaliações quantitativas da exposição dos trabalhadores excederem os valores dos limites previstos na NR 15 ou, na ausência destes os valores limites de exposição ocupacional adotados pela American Conference of Governmental Industrial Hygienists-ACGIH, ou aqueles que venham a ser estabelecidos em negociação coletiva de trabalho, desde que mais rigorosos do que os critérios técnico legais estabelecidos;

d) quando, através do controle médico da saúde, ficar caracterizado o nexo causal entre danos observados na saúde os trabalhadores e a situação de trabalho a que eles ficam expostos.

Com a atualização feita pelo Ministro de Estado do Trabalho e Emprego a que cabe as suas atribuições, resolveu-se que:

**Art. 1º** Aprovar o Anexo 1 – Vibração – da Norma Regulamentadora nº 9 – Programas de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), aprovada pela Portaria 3.214, de 8 de junho de 1978, com a redação constante no Anexo I desta Portaria.

**Art. 2º** Alterar o Anexo 8 – Vibração – da Norma Regulamentadora nº 15 – Atividades e Operações Insalubres, aprovada pela Portaria 3.214, de 8 de junho de 1978, que passa a vigorar com a redação constante no Anexo II desta Portaria.

**Art. 3º** O item 2.3 do Anexo 1 – Vibração – da NR9 – PPRA somente será válido para ferramentas fabricadas um ano após a publicação deste anexo, sem prejuízo das obrigações já estabelecidas em outras normas oficiais vigentes.

**Art. 4º** Esta Portaria entra em vigor na data de sua publicação.

Além das ISO e NR consideradas anteriormente tem-se também parâmetros de limites da ACGIH para vibrações de mãos e braços.

A avaliação das vibrações de mãos e braços deve ser realizada com base nos critérios da ISO 5349 de 1986. A mensuração deve ser realizada para cada eixo (x, y e z), por meio da aceleração ponderada, rms, correspondente ao eixo dominante. Inobstante a nova versão da ISO 5349 de 2001, a ACGIH ainda utiliza em sua norma a ponderação em frequência da ISO 5349 de 1986. Além do que, a relação dose resposta contida no anexo C é consistente com relação à dose resposta da norma anterior.

Os limites de tolerância da ACGIH, para vibrações localizadas, reproduzidos a seguir, 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, sem evoluir para além do primeiro estágio da Classificação de Estocolmo para o aparecimento dos dedos brancos induzidos por vibrações conforme Tabela 1. (ACGIH, 2012).

**Tabela 1 – Níveis e tempo de exposição.**

Duração total da exposição diária	Valores do componente de aceleração dominante em rms, frequência ponderada, que não devem ser excedidos.	
	$m/s^2$	g
4 horas e menos de 8	4	0,4
2 horas e menos de 8	6	0,61

Fonte: Excerto ACGIH, 2012.

**Tabela 1 – Continuação.**

Duração total da exposição diária	Valores do componente de aceleração dominante em rms, frequência ponderada, que não devem ser excedidos.	
	$m/s^2$	g
1 hora e menos de 2	8	0,81
Menos de 1 hora	12	1,22

Fonte: Excerto ACGIH, 2012.

#### 4.2.1 Normas ISO

A norma NR 17 visa proporcionar ao operador de modo que possa ter um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente como os mesmos e principais objetivos das normas internacionais ISO 2631/1997 e ISO 5349/2001.

As normativas ISO 2631 estabelecem parâmetros e critérios para vibração de corpo inteiro e a ISO/DIS 5349 para mãos e braços. Entretanto, não estabelecem limites máximos de exposição. Pela legislação atual são considerados os procedimentos, metodologias e limites de acordo com as Normas de Higiene Ocupacional publicadas pela FUNDACENTRO. Ressaltando, no entanto, que a norma ISO 2631 foi alterada em 1997, enquanto ISO 5349 foi modificada em 2001.

“Sendo assim, a interpretação dos dados avaliados muitas vezes é controvertida, dificultando a emissão de parecer sobre a exposição, especialmente quando o objetivo é a caracterização de insalubridade e aposentadoria especial (SALIBA, 2014)”

De forma preliminar as NR's realizam uma avaliação da vibração de mãos e braços (VMB), vibração de corpo inteiro (VCI) no contexto do reconhecimento e da avaliação do risco. Leva-se em consideração também o ambiente de trabalho, operações e condições de exposição, características das máquinas e medidas paliativas.

Se a avaliação preliminar não for o suficiente para que medidas preventivas e corretivas solucionem o problema, deve se então proceder à avaliação quantitativa prevista por legislação estabelecida nas normas de Higiene Ocupacional da FUNDACENTRO.

Os parâmetros físicos relevantes na quantificação da vibração seriam a aceleração da vibração e suas respectivas direções, as frequências medidas e suas devidas ponderações relativas à saúde, conforto, percepção, náuseas do movimento e tempo de exposição efetivo.

A legislação do Brasil não obriga a aplicação das normas, sendo consideradas apenas como recomendações a saúde e bem-estar da pessoa.



### 4.3 EFEITOS NO SER HUMANO

A preocupação com a vibração ocupacional vem sendo vista com mais cuidado uma vez que já se sabem os efeitos danosos.

Segundo a definição de Wada (1990) o ambiente de trabalho é como um conjunto de fatores intermitentes, materiais ou abstratos, que atuam de forma direta e indireta na qualidade de vida e influenciando também nos resultados obtidos.

Podem ocorrer doenças vasculares, neurológicas e musculoesqueléticas causadas em mãos e braços e no corpo inteiro por causa da vibração excessiva. Além disso, pode proporcionar desconforto, prejudicar a eficiência, segurança, e bem-estar das pessoas expostas provocando lesões irreversíveis e incapacidades.

A Quadro 2 descreve as relações físicas da vibração com os efeitos no corpo e exemplificação do meio onde pode ocorrer.

**Quadro 2 – Relações da vibração.**

<b>Intervalo de frequência</b>	<b>Frequência</b>	<b>Sensibilidade</b>	<b>Fator de Vibração</b>
Baixa	A 1-2 Hz	Sistema Vestibular.	Navios, guindastes e aeronaves.
Média	2 a 20-30 Hz	Biomecânica: ressonância dos tecidos corporais.	Veículos e aeronaves.
Alta	20 a 300 Hz	Mecanoceptores somestésicos dos músculos, tendões e tecidos cutâneos.	Ferramentas e maquinários.

Fonte: Izume et al., 2006.

O Quadro 3 descreve as influências dos fatores físicos, biodinâmicos e individuais.

**Quadro 3 – Influências dos fatores de vibração.**

<b>Fatores Físicos</b>	<b>Fatores Biodinâmicos</b>	<b>Fatores Individuais</b>
Aceleração de vibração; Intensidade de vibração.	Força de aperto – a firmeza com que o trabalhador segura o equipamento vibrante.	Controle do operador de ferramentas; Grau de experiência.

Fonte: Ximenes, 2006.

**Quadro 3 – Continuação.**

<b>Fatores Físicos</b>	<b>Fatores Biodinâmicos</b>	<b>Fatores Individuais</b>
Frequência de vibração; Espectro de frequência; Direção de movimento.	Área de superfície, localização, e massa de partes da mão em contato com a fonte de vibração.	Taxa de trabalho da máquina; método de trabalho, operações continua ou intermitente.
Duração de exposição de cada dia de trabalho.	Dureza do material que está em contato com ferramentas manuais, por exemplo, metal em desbaste.	Habilidade e produtividade; Postura em que realiza as tarefas; Tensão e esforço que mantém no trabalho.
Histórico profissional referente à anos de emprego envolvendo exposição à vibração.	Posição da mão e braço relativos ao corpo.	Susceptibilidade individual a vibração; Pré-disposição a patologias relacionadas com sistema nervoso e circulatório.
Estado das ferramentas de manutenção; Características das ferramentas (peso, possibilidade de apoio balanceada etc.).	Textura da manivela – macia e flexível versus material rígido.	Hábitos: Fumo e uso de drogas. Exposição a outros agentes físicos e químicos, como fatores ambientais (umidade, temperatura, ruído etc.).
Possibilidades de uso equipamentos de proteção incluindo luvas, botas e etc.; Prática de períodos de descanso do trabalho.	Histórico médico com relação ao organismo e principalmente aos danos nos dedos e mãos, particularmente ulceração.	Doença ou dano anterior ao corpo e aos dedos e mãos. Constituição física (peso, altura etc.).

Fonte: Ximenes, 2006.

O precursor da descrição dos efeitos e distúrbios da vibração de mãos e braços foi o médico francês Maurice Raynaud em 1862 relatando em seu artigo uma asfixia local e uma gangrena das extremidades.

A Figura 8 mostra o Efeito de Raynaud na parte média dos dedos e Figura 9 nas extremidades dos dedos.

**Figura 8 – Descoloração região média.**



Fonte: DermatologyInformation System, 2013.

**Figura 9 – Descoloração extremidades.**

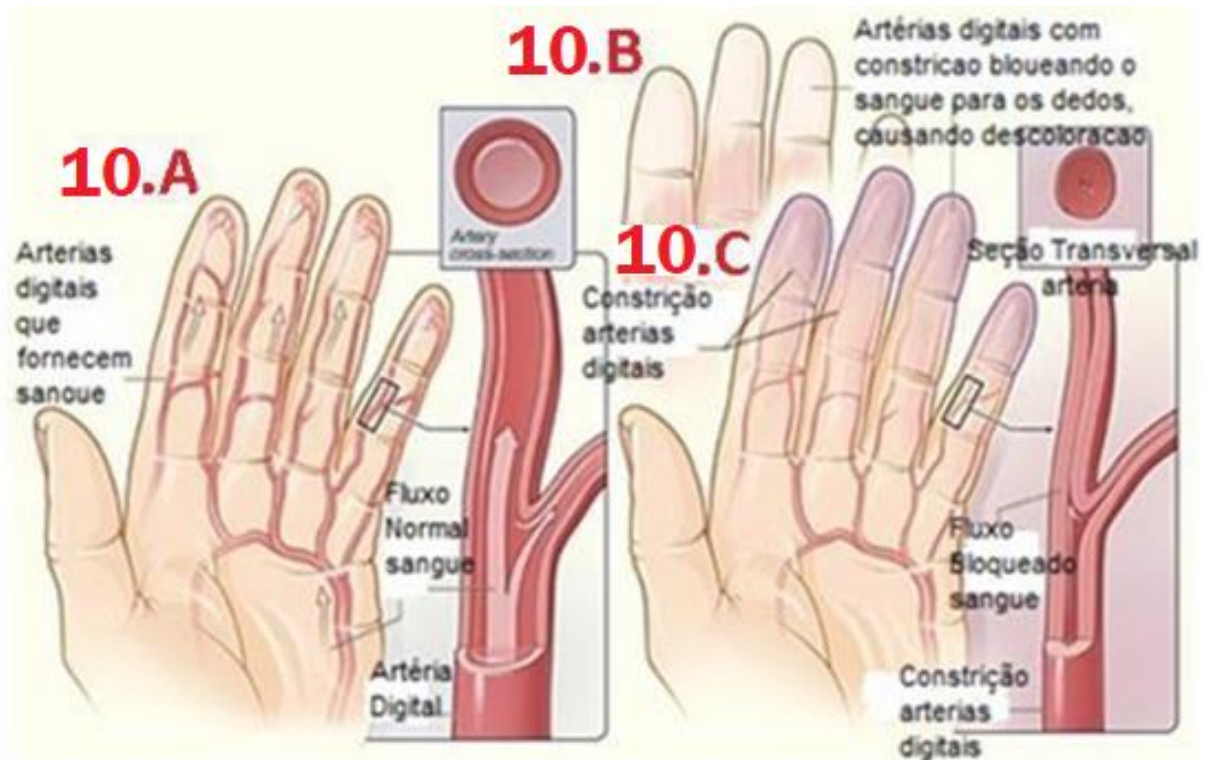


Fonte: Medicina Interna al Día, 2012.

O Fenômeno de Raynaud se dá pela vaso constrição das pequenas artérias das extremidades Figura 10.A, causando em primeira fase uma rápida descoloração de um ou mais dedos Figura 10.B, sendo mais comuns nos dedos das mãos, podendo também acontecer nos dedos dos pés e com menos frequência em lóbulo da orelha, ponta do nariz, lábios e língua.

Em segunda fase há um agravamento que tornam as extremidades cianóticas Figura 10.C e em casos mais graves, necrose. Alguns agravantes dos sintomas do fenômeno são: tabagismo, stress ou condições de temperaturas climáticas baixas, similar aos efeitos da hipotermia nas extremidades do corpo humano.

**Figura 10 - Ilustração do Fenômeno de Raynaud.**



Fonte: Adaptado FUNRIO, 2010.

A Síndrome de Raynaud ocorre por traumas de impacto e choque mecânico causado por britadores, lixadeiras, parafusadeiras, helicóptero, máquinas agrícolas onde a vibração transmitida causa o fenômeno. Decorre também em alterações da coluna cervical, lesões compressivas como na Síndrome do Túnel do Carpo oriundas de lesões por esforço repetitivo e esmagamento.

Doença de Raynaud são crises do Fenômeno de Raynaud surgindo mais comumente em mulheres jovens abaixo dos 30 anos. No caso dos homens, ocorre em idades mais avançadas com incidência mais alta de arteriosclerose (doença reumatológica), (KOOGAN et al., 1999).

Não se afirma que o efeito da vibração é mais danoso em mãos em braços do que de corpo inteiro. Afirma-se que houve um maior interesse a nível internacional com vibração ocupacional de mãos e braços com diversas conferências internacionais realizadas contribuindo com pesquisa e conhecimento.

## 4.4 EQUIPAMENTOS

### 4.4.1 Equipamentos de medição

Para fins de medição ocupacional o aparato de equipamentos Figura 11 consiste basicamente de um transdutor conhecido como acelerômetro Figura 11.A, um analisador de sinais Figura 11.B, cabos para conectá-los Figura 11.C e acessórios para auxiliar na medição Figura 11.D uma vez que nem sempre é possível colocar acelerômetro na posição correta por falta de espaço físico, usa-se então uma extensão. E acessório padrão Seatpad Figura 11.E para medição específica de vibração de corpo inteiro.

**Figura 11 - Acelerômetros e acessórios.**



Fonte: Feraseg, 2015.

Onde:

- 11.A – acelerômetro piezoelétrico tri axial.
- 11.B – analisador de sinais.
- 11.C – cabos para conexões.
- 11.D – acessórios de extensão para auxílio na medição.
- 11.E – seatpad (acessório de medição para corpo inteiro).

O acelerômetro piezoelétrico Figura 12 que transforma a energia mecânica em energia elétrica é o instrumento de medição da vibração mais usualmente encontrado e que geralmente são de cerâmica ferroelétrico artificialmente polarizada. Quando solicitado

mecanicamente, a força aplicada é capaz de gerar uma carga elétrica que polariza suas faces proporcionalmente a carga aplicada.

''Nestes acelerômetros Figura 12.A sua massa é unida a um cristal piezelétrico, assim como os usados em relógios e circuitos eletrônicos, quando são submetidos a uma pressão, eles geram um campo elétrico no eixo que foi aplicado a pressão. Quando este modelo de acelerômetro Figura 12.B se submete a uma vibração, sua massa obedece às leis da inércia e o cristal piezelétrico submetido às forças de tração e de compressão, dessa forma gerando cargas elétricas (SEARA, 2014)''.

Transdutores piezelétricos apresentam características superiores em comparação aos outros tipos de transdutores, pois sua gama dinâmica e suas frequências são muito amplas com boa linearidade em todas as faixas.

**Figura 12 - Acelerômetro piezelétrico e acelerômetro piezelétrico triaxial.**



Fonte: Adaptado PCB Piezotronics, Brüel&Kjær, 2014.

#### 4.4.2 Equipamentos Utilizados

##### 4.4.2.1 Parafusadeira

Equipamento de muita valia, podendo ser encontrada em vários setores de diferentes formas como automobilística (exemplo: aparafusamento de uma roda) ou também em setor de

montagem de móveis. É similar a furadeira e no caso do experimento foi usada como uma, pois trabalham com motores rotativos.

O modelo utilizado para o experimento foi uma parafusadeira nova (modelo Bosch GSR 1200 LI Profissional à bateria) Figura 13.

Segundo o fabricante (BOSCH) do equipamento os níveis de aceleração emitidos de aceleração resultante para os eixos são menores que  $2,5 \text{ m/s}^2$  sob as condições e conformidade da EM 60745.

#### 4.4.2.2 Lixadeira

Possui grande utilidade em trabalhos de acabamento e preparação para outros tipos de serviços. Comumente utilizadas em funilarias e onde se tem a necessidade de um desbaste leve.

O modelo utilizado foi uma lixadeira do tipo orbital usada (modelo Makita orbital elétrica 180watts) Figura 14.

#### 4.4.2.3 Esmeril

Utilizado para trabalhos mais intensos como cortes e desbastes pesados. Mesmo sendo bem versátil exige uma maior habilidade para manuseio para que se alcance o objetivo.

O modelo utilizado foi um esmeril do tipo angular usada (modelo deWalt angular DWE4120 4.1/2'' 900 watts elétrica). Figura 15.

**Figura13 – Parafusadeira.**



Fonte: O autor, 2015.



**Figura 14 – Lixadeira Orbital.**



Fonte: o autor, 2016

**Figura 15 – Esmeril angular.**



Fonte: o autor, 2016.

## **4.5 CRITÉRIOS E CONTROLES**

Para caracterizar o grau de insalubridade devem ser aplicados os limites de tolerância definidos pela Organização Internacional para a Normalização, que são definidos pelas normas ISO 2631:1997 e ISO/DIS 5349:2001. Para isso, será descrito o instrumento utilizado, descrição das condições de trabalho e tempo de exposição, instrumentação utilizada, resultado da avaliação quantitativa e medidas para eliminação e/ou neutralização da insalubridade quando houver.

### **4.5.1 Critérios de julgamento e decisão**

Com a atualização feita a partir de 13/08/2014 e as considerações para avaliação e



controle de exposição à vibração surgiram equivalências de parâmetros entre as normas regulamentadoras ISO e normas de higiene ocupacional (NHO).

Portanto, o  $A(8)$  de diferentes magnitudes pertence a ISO é equivalente ao *aren* pertencente à NHO.

A Tabela 2 mostra a tomada de decisão e critério de julgamento de acordo com NHO 09, para vibração de corpo inteiro.

**Tabela 2 – Critério de julgamento e tomada de decisão NHO 09.**

<b>aren (<math>m/s^2</math>)</b>	<b>VDVR (<math>m/s^2</math>)</b>	<b>Consideração técnica</b>	<b>Atuação recomendada</b>
0 a 0,5	0 a 9,1	Aceitável.	No mínimo manutenção da condição existente.
>0,5 a <0,9	>9,1 a <16,4	Acima do nível de ação.	No mínimo adoção de medidas preventivas.
0,9 a 1,1	16,4 a 21	Região de incerteza.	Adoção de medidas preventivas e corretivas visando á redução da exposição diária.
Acima de 1,1	Acima de 21	Acima do limite de exposição.	Adoção imediata de medidas corretivas.

Fonte: FUNDACENTRO NHO 09, 2014.

A Tabela 3 mostra a tomada de decisão e critério de julgamento de acordo com NHO 10, para vibração localizada de mãos e braços.

**Tabela 3 – Critério de julgamento e tomada de decisão NHO 10.**

<b>aren (<math>m/s^2</math>)</b>	<b>Consideração técnica</b>	<b>Atuação recomendada</b>
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 á redução da exposição diária

Fonte: FUNDACENTRO NHO 10, 2014.

Tabela 3 – Continuação.

aren ( $m/s^2$ )	Consideração técnica	Atuação recomendada
Acima de 5,0	Acima do limite de exposição	Adoção imediata de medidas corretivas

Fonte: FUNDACENTRO NHO 10, 2014.

A Figura 16, que pela norma de vibração localizada, demonstra uma estimativa do tempo esperado para que se apareça em 10% das pessoas a síndrome dos dedos brancos (Fenômeno de Raynaud) em relação ao  $A(8)$ , em um número determinado de anos conforme Equação 10.

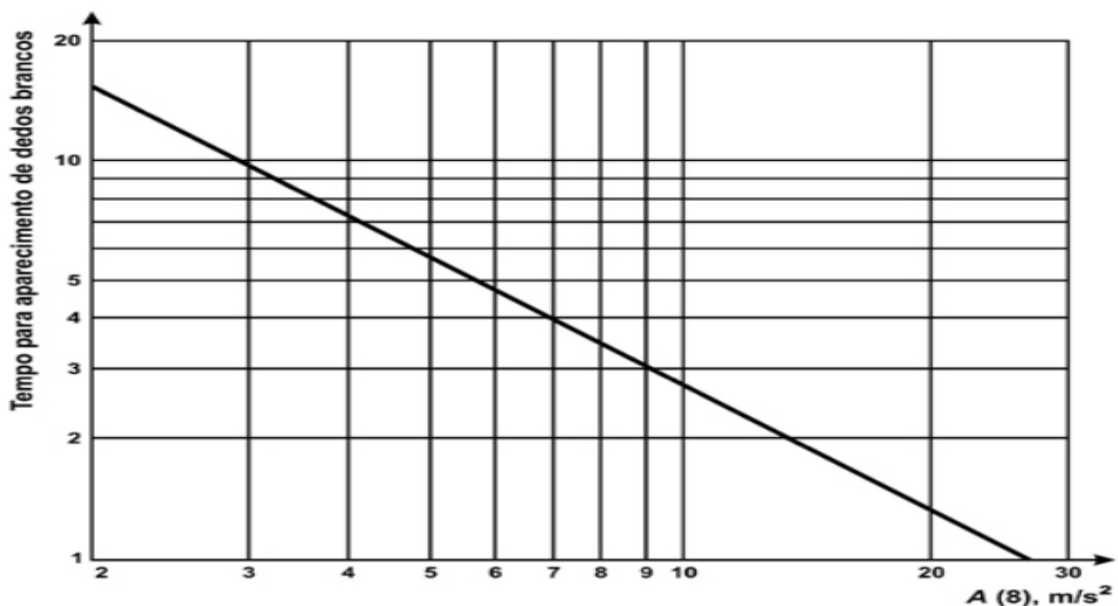
$$DR = 31,8 [A(8)]^{-1,06} \quad (10)$$

Onde:

DR – Duração total da exposição do grupo em anos necessário para a ocorrência dos episódios de branqueamento dos dedos (Fenômeno de Raynaud) em 10% dos expostos a vibração.

$A(8)$  – Exposição diária normalizada para um período de 8 horas.

**Figura 16 – Tempo aparecimento Doença de Raynaud em função da aceleração resultante.**



Fonte: ISO 5349-1:2001.

## 5 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

### 5.1 Procedimento experimental em laboratório

O experimento em questão foi realizado no laboratório de dinâmica da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba-PR e situado no parque tecnológico. Utilizou-se uma parafusadeira Figura 13, para perfuração de dois tipos de materiais: madeira (caibro) Figura 17A e alvenaria (tijolo) Figura 17B.

**Figura 17 – Materiais usados para perfuração.**

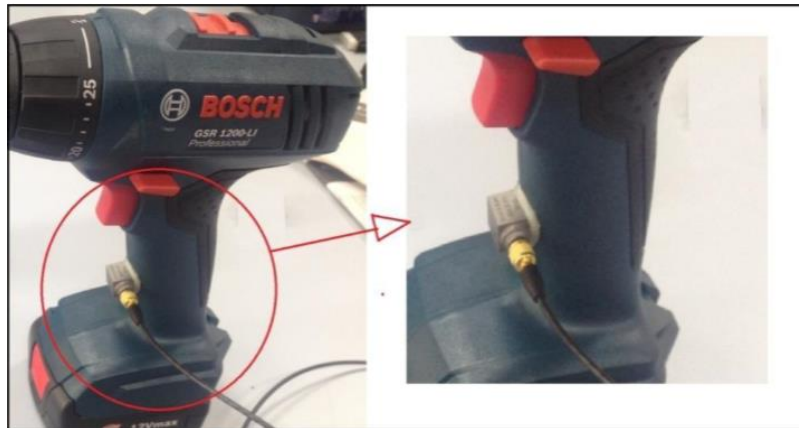


Fonte: O autor, 2015.

Mediu-se a vibração por um tempo de 10 segundos, ou seja, a operação de perfuração se iniciou e terminou nesse período. Após 3 repetições, foi feito uma média para se obter um resultado único das acelerações. Foram feitas 3 medições para cada tipo de material.

De acordo com ISO 5349:2001 (VMB) para o posicionamento do acelerômetro e para a fixação. Acelerômetro é do tipo tri axial (modelo Brüel&Kjær 4535 B 001 30193) e foi utilizado cera de abelha na manopla do equipamento para fixação do acelerômetro, como ilustra Figura 18.

**Figura 18 – Fixação e posicionamento do acelerômetro.**



Fonte: O autor, 2015.

Depois de posicionado o acelerômetro na manopla do equipamento, conectou-se os cabos do acelerômetro no aquisitor de sinais (modelo Type 3160A-042, Brüel&Kjær) juntamente com o computador. Com o auxílio do programa de aquisição de dados Brüel&Kjær e do programa PulseReflex para tratamentos dos dados obtidos, o qual foi configurado para obter as frequências em bandas de terço de oitava que são por definição é a terceira parte de uma banda de oitava, uma banda de oitava é composta por três bandas de um terço de oitava (foram desconsideradas frequências abaixo de 4 Hz). Por fim, foi iniciada a medição.

Posteriormente os dados foram obtidos em laboratório e já feito as médias entre as 3 medições realizadas foram colocados em arquivo. As acelerações de cada eixo foram multiplicadas pelas suas ponderações devidas de acordo com suas respectivas frequências (ISO 8.041, 2005) e realizadas uma combinação das componentes de cada eixo, conforme Equação 6 para obter-se as acelerações médias resultante.

Depois disso, foi obtido o valor de aceleração média total resultante para os três eixos ( $A(8)$ ), conforme Equação 8. Por último, comparou-se o resultado  $A(8)$  com as normas de vibração localizada de mãos e braços (Tabela 3).

## 5.2 Procedimento experimental em campo

O experimento em questão foi realizado na empresa Serileal – Comunicação Visual situada em Pinhais, Curitiba-PR. Utilizou-se uma lixadeira Figura 19, e uma esmerilhadeira Figura 20. Observa-se na Figura 19.A e 20.A a disposição dos acelerômetros de acordo com

ISO 5349. Foi utilizado o mesmo acelerômetro tri axial (Brüel&Kjær) usado no experimento feito em laboratório.

**Figura 19 – Lixadeira Orbital.**



Fonte: o autor, 2016.

**Figura 20 – Esmeril Angular.**



Fonte: o autor, 2016.

Mediu-se a vibração por um tempo de 60 segundos, ou seja, a operação de lixamento e de esmerilhamento se iniciou e terminou nesse período. Após 5 repetições, foi feita uma média para se obter um resultado único das acelerações. Foram feitas 5 medições para cada tipo de equipamento.

Na montagem do experimento (cabos e acelerômetro) em campo e obtenção dos dados, seguiu os mesmos critérios e procedimentos do experimento laboratorial.

Posteriormente os dados obtidos foram arquivados para a lixadeira orbital e esmeril angular. As acelerações de cada eixo foram multiplicadas pelas suas ponderações devidas de acordo com suas respectivas frequências Anexo A e realizadas uma combinação das componentes de cada eixo, conforme Equação 6 como ilustra a Figura 21 para obter-se as acelerações médias resultante.

### 5.3 Experimental quantitativo

Para uma estimativa de exposição dos colaboradores a vibração de mãos e braços, foi determinado um tempo médio diário de exposição, que seria o tempo de contato do trabalhador realizando a operação efetivamente.

Como mostra a Tabela 4 para o tempo de trabalho com a lixadeira e Tabela 5 para o tempo de trabalho com o esmeril. Os tempos adquiridos foram obtidos em 3 dias de trabalho na empresa somando 8 horas totais de interação operador e equipamento, ou seja, estima-se que a cada 8 horas de trabalho os colaboradores estão operando efetivamente o equipamento conforme os tempos adquiridos.

**Tabela 4 – Tempo de exposição (lixadeira).**

<b>Operador</b>	<b>Tempo (minutos e segundos)</b>
1	36 min e 12 s
2	22 min e 27 s
3	56 min e 36 s

Fonte: o autor, 2016.

**Tabela 5 – Tempo de exposição (esmeril).**

<b>Operador</b>	<b>Tempo (minutos e segundos)</b>
1	49 min e 16 s
2	34 min e 25 s
3	11 min e 38 s

Fonte: o autor, 2016.

## 6 RESULTADOS E DISCUSÕES

Primeiramente para os resultados, explica-se como se deu a didática para obtenção dos mesmos e posteriormente se encerra a seção com os valores e correlações do experimento quantitativo a fim de caracterizar possíveis problemas decorrentes das operações.

Para os resultados foram feitas as seguintes combinações e possibilidades:

- a) Pegou os tempos totais dos 3 operadores da lixadeira e esmeril, foi somado e dividido por 6. Obtendo uma média de 34 minutos e 11 segundos o qual será aplicado como tempo médio de uso da parafusadeira para uma jornada normalizada de 8 horas no trabalho de perfuração com madeira e alvenaria.
- b) Correlacionou-se o tempo de cada operador para trabalho com a lixadeira e esmeril.
- c) Comparou-se estado de conservação entre os equipamentos e tipo de material usado.

### 6.1 Resultados para equipamento parafusadeira

Seque a baixo a Tabela 6 das acelerações diárias normalizadas para os 2 tipos de materiais utilizados para o equipamento parafusadeira.

**Tabela 6 – aceleração normalizada (parafusadeira)**

<b>Material</b>	<b><math>A(8)(m/s^2)</math></b>
Alvenaria (tijolo)	1,4
Madeira (caibro)	0,5

Fonte: o autor, 2016.

Os valores de aceleração obtidos para trabalho com a parafusadeira em alvenaria e madeira mostram-se dentro dos valores permitidos segundo os níveis e parâmetros da ACGIH, ou seja, admite-se que possa usar a ferramenta durante toda sua jornada de trabalho normalizada para os 2 tipos de materiais.

E também valores de acelerações para os materiais alvenaria e madeira com consideração técnica de aceitável e com atuação recomendada de manutenção da condição

existente visando garantir ao operador que os níveis de acelerações diárias se mantêm de acordo com NHO 10, onde o valor máximo de exposição é de  $5 m/s^2$ .

Define-se pelas normas vigentes que nessas condições de operação e tempo efetivo de uso do equipamento está em acordo com a legislação brasileira e deve-se, portanto, manter apenas as condições semelhantes de uso para manter os níveis de acelerações máximas permitidas.

## 6.2 Resultados para equipamento lixadeira

Seque a baixo a Tabela 7 das acelerações diárias normalizadas  $A(8)$  para os 3 operadores em relação ao uso da lixadeira orbital.

**Tabela 7 – aceleração normalizada (lixadeira).**

<b>Operador</b>	<b><math>A(8)(m/s^2)</math></b>
1	25,32
2	19,94
3	31,52

Fonte: o autor, 2016.

Os valores de aceleração obtidos para o trabalho de lixamento em metal se mostram acima dos valores permitidos para os operadores 1, 2 e 3 segundo os níveis e parâmetros da ACGIH, ou seja, devem operar tal equipamento por menos de 1 hora por dia. E também valores de acelerações para os 3 operadores acima dos limites recomendados pela NHO 10, onde o valor máximo de exposição é de  $5 m/s^2$ .

Definisse pelas normas vigentes que nessas condições de operação e tempo efetivo de uso do equipamento o mesmo está em desacordo com a legislação brasileira, podendo trazer riscos aos operadores e deve-se, portanto, adotar imediatamente medidas corretivas.

## 6.3 Resultados para equipamento esmeril

Seque a baixo a Tabela 8 das acelerações diárias normalizadas  $A(8)$  para os 3 operadores em relação ao uso da esmeril angular.



**Tabela 8 – aceleração normalizada (esmeril).**

<b>Operador</b>	<b><math>A(8)(m/s^2)</math></b>
1	4,63
2	4,08
3	2,37

Fonte: o autor, 2016.

Os valores de aceleração obtidos para o trabalho de esmerilhamento em metal se mostram-se dentro dos valores permitidos para os operadores 1, 2 e 3 segundo os níveis e parâmetros da ACGIH, ou seja, limita-se a exposição do operador 1 e 2 à uso do equipamento entre 2 horas e menos que 4 horas para uma jornada diária de 8 horas. Para o operador 3 admite-se que possa usar a ferramenta durante toda sua jornada de trabalho normalizada.

E também valores de acelerações para os operadores 1 e 2 com consideração técnica da região de incerteza e com atuação de adoção de medidas preventivas e corretivas visando a redução e exposição diária de acordo com NHO 10, onde o valor máximo de exposição é de  $5 m/s^2$ .

Definisse pelas normas vigentes que nessas condições de operação e tempo efetivo de uso do equipamento o mesmo está em desacordo com a legislação brasileira para os operadores 1 e 2 e deve-se, portanto, uma adoção imediata de medidas corretivas. Para o operador 3 o uso do equipamento está acima do nível de ação com atuação recomendada de adoção de medidas preventivas.

## 5 CONCLUSÃO

Com a realização deste trabalho admite-se que a vibração excessiva pode causar a síndrome de desordem vascular nas extremidades dos dedos das mãos, conforme descrito por Auguste Gabriel Maurice Raynaud.

Pressupondo que o equipamento parafusadeira no trabalho com madeira e alvenaria está dentro das condições de operação, ele pode ser usado sem trazer risco à saúde do colaborador. Pode-se considerar que nessas condições citadas de equipamento, no caso do material madeira uma estimativa de que em 16 anos e 3 meses de trabalho e no caso do material alvenaria 5 anos e 6 meses aproximadamente 10% de um grupo trabalhadores poderão ser acometidos pelos efeitos da vibração como a síndrome dos dedos brancos (Doença de Raynaud).

Para o caso do equipamento lixadeira o qual extrapola para todos os operadores testados as condições de operação, podendo trazer risco imediato aos trabalhadores. Considerando as condições citadas do equipamento e material metálico estima-se que para o operador 1 em 1 ano o mesmo poderá apresentar os sintomas da doença e de 1 no e 4 meses para o operador 2. A melhor situação se dá para o operador 3 que poderá desenvolver a Doença de Raynaud em 1 ano e 11 meses.

A falta de controle dessa exposição acarretará problemas maiores na população devido aos anos de exposição sem quaisquer medidas preventivas e de controle, já que hoje, as normativas citadas são apenas recomendações. Porém se obrigatórias, poderiam minimizar os efeitos e as consequências síndrome de Reynaud, além de diminuir os custos dos serviços de saúde.

Logo, com a realização deste trabalho, espera-se embasar futuros estudos que visem criar medidas que minimizem os efeitos vasculares da vibração, proporcionando melhores condições de saúde dos trabalhadores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. TL, Skare. **Reumatologia: princípios e práticas**1. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999: 119-23
2. Jane AE, Nancy H, Wringht K. **Raynaud`s Phenomenon of the Nipple: A Treatable Cause of Painful Breastfeeding.** Pediatrics 2004; 113:360-4
3. R. L. Zmijevskib, Thiago; Pietrobonc, Louise; Aguilar Ventura, Mariannella. **Exposição ocupacional do cirurgião-dentista à vibração mecânica transmitida através das mãos: um estudo de caso.** jul./set. 2010, p. 502-509
4. N.Costa,P. M. Arezes, R. Melo, C. Quintas. **Exposição ocupacional a vibrações em operadores de máquinas de varejar: SPA (sociedade portuguesa de acústica) e SEA (sociedade espanhola de acústica), VIII Congresso Ibero-Americano de acústica, 2012, Évora, Portugal.**
5. Santana, Danuza; Steffe JR, valder; A. Rade, Domingos. **Análise por elementos finitos de cerâmicas piezelétricas combinadas com circuitos elétricos para o controle passivo de vibrações.** 15º POSMEC. FEMEC/UFU, Uberlândia - MG, 2005.
6. Kaminski M, Bourgine M, Zins M, Touranchet A, Verger C. **Risk. Factors for Raynaud`s Phenomenon among Workers in Poultry Slaughterhouses and Cannig Factories.** Int J Epidemiol 1997; 26:371-80
7. Grassi W, De Angelis R, Lapadula G, Leardini G, Scarpa R. **Clinical diagnosis found in patients with Raynaud`s phenomenon: a multicentre study.** RheumatolInt 1998; 18:17-20
8. Nigrovic PA, Fuhlbrigge RC, Sundel RP. **Raynaud`s phenomenon in childre: a retrospective review of 123 patients.** Pediatrics 2003; 111:715-21
9. Jane AE, Nancy H, Wringht K. **Raynaud`s Phenomenon of the Nipple: A Treatable Cause of Painful Breastfeeding.** Pediatrics 2004; 113:360-4
10. Grupo Editorial Moreira JR. **Fenômeno de Raynaud: do diagnóstico ao tratamento.** Disponível em: <[www.moreirajr.com.br/](http://www.moreirajr.com.br/)>. Acesso em: 15 abril. 2015.
11. Saliba, Tuffi Messias. **Manual prático de higiene ocupacional e PPRA: avaliação e controle dos riscos ambientais.** Ed. LTr, 5ª. Ed., São Paulo, 2012 e 2013.
12. Brasil. Ministério do trabalho e emprego. **Norma regulamentadora 15 – atividades e operações insalubres.** Brasília, 1983.
13. ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Geneva. **ISO 5349 – Mechanical vibration – Guidelines for measurement and assessment of human exposure to hand-transmitted vibration.** Geneva, 1986.

14. ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Geneva. **ISO 5349-1 – Mechanical vibration – Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration. Parte 1: General requirements.** Geneva, 2001.
15. ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Geneva. **ISO 5349-2 – Mechanical vibration – Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration. Part 2: Practical guidance for measurement at work place.** Geneva, 2001.
16. ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Geneva. **ISO 8041 – Human response to vibration – Measuring instrumentation.** Geneva, 1990.
17. Saliba T. M. **Curso básico de segurança e higiene ocupacional.** Ed. LTr, 4ª. Ed., São Paulo, 2011.
18. ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Geneva. **ISO 8041 – Human response to vibration – Measuring instrumentation.** Geneva, 1990.
16. Vendrame A. C. **Vibrações ocupacionais.** Disponível em: <[www.vendrame.com.br/novo/artigos/vibraçõesocupacionais](http://www.vendrame.com.br/novo/artigos/vibraçõesocupacionais)>. Acesso em: 20 de setembro 2015.
17. Iida, Itiro. **Ergonomia Projeto e produção.** São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 1990. 463p.
18. FIEDLER, N. C.; RODRIGUES, T. O.; MEDEIROS, M. B. **Avaliação das condições de trabalho, treinamento, saúde e segurança de brigadistas de combate a incêndios florestais em unidades de conservação do DF.** Revista *Árvore*, v.30, n.1, p.55-63, 2006.
19. WADA, C.C.B.B. **Saúde: Determinante Básico do Desempenho.** Revista *Alimentação e Nutrição*, n. 56, p. 36-38, 1990.
20. Milho, Rute Maria Bernardo Jorge. **O esforço, o conforto e a vibração no sistema mão-braço, associados à utilização de luvas-vibratórias.** Universidade Nova de Lisboa, Portugal, 2009.
21. Limeira, Roberto. **Relação de Ocorrência da Síndrome da Vibração em mãos e Braços (SVMB) com a Operação de Lixamento de Peças Plásticas Através de Lixadeira Orbital Pneumática.** Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, Curitiba - Pr, 2013.
22. R. Mansfield,; **Analysis of visual behaviour.** London, 2005.