

Efeitos da vibração no corpo humano

Jorge William Pedroso Silveira – Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR-PG)

jorge_basquete@hotmail.com

Luiz Alberto Pilatti – Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR-PG) lapilatti@utfpr.edu.br

Erivelton Fontana de Laat – Universidade Estadual do Centro do Centro Oeste (UNICENTRO)

eriveltonlaat@hotmail.com

RESUMO

A vibração pode ser um fator etiológico para algumas doenças relacionadas ao trabalho. Ela pode incidir no corpo inteiro ou nas mãos, causando danos à saúde. O presente estudo tem como objetivo identificar na literatura quais problemas de saúde que esta exposição causa, e quais os parâmetros legais acerca deste assunto. Constatou-se que físicos as consequências para sua saúde dos trabalhadores expostos a esse tipo de agente são insidiosas e às vezes irreversíveis; ocorrendo principalmente, lesões no sistema musculoesquelético; vascular e nervoso periférico. O estudo mostrou ainda que é muito difícil padronizar uma norma que regulamente de forma geral este tipo de atividade, já que há diversas formas de ocorrência dos mesmos, porém a legislação vem se atualizando e se adequando às exigências do mercado. Conclui-se, portanto que é necessário investigar constantemente os efeitos da vibração nos seres humanos já que os efeitos desta são considerados prejudiciais e diminuem não só o tempo de vida da máquina, mas de quem a opera.

PALAVRAS-CHAVE: Vibração, Segurança no trabalho, patologias ocupacionais.

Effects of vibration on the human body

ABSTRACT

The vibration may be an etiologic factor for some work-related diseases. It can cover the entire body or hands, causing damage to health. This study aims to identify the literature which health problems that cause is exposure, and what the legal parameters on this subject. It was found that the consequences for your physical health of workers exposed to this type of agent is insidious and sometimes irreversible, occurring mainly in musculoskeletal injuries, vascular and peripheral nervous. The study also showed that it is very difficult to standardize a rule regulating generally this type of activity, since there are different forms of the same occurrence, but the legislation has been updating and adapting to the demands of the market. It is concluded, therefore it is constantly necessary to investigate the effects of vibration in humans since the detrimental effects of this are considered and not only decreases the lifetime of the machine but who that operates.

KEYWORDS: Vibration, Safety at work, occupational diseases.

1. INTRODUÇÃO

A manutenção preditiva surge para incorporar o Sistema de Qualidade Total tornando a busca pela excelência no controle de processos e serviços, tem destaque por prever os problemas que podem ocorrer em diversas áreas da indústria, fazendo com que se possa corrigir antes mesmo que este ocorra. A programação de manutenção ocorre a partir de tendências encontradas em análises cíclicas, ou seja, a grande vantagem para a indústria é não ter que parar. Além disso, tem custo baixo e visa aperfeiçoar a produção e qualidade de vida para o trabalhador.

Quanto ao campo de atuação da manutenção preditiva, Lima et al (2006) citam que é bastante amplo. Em cada equipamento ou instalação é possível encaixar pelo menos um tipo de aplicação, dentre as quais, por mais conhecidas e usuais, podem-se destacar: Análise Vibracional, Ferrografia, Termografia, Ultrasonografia e Análise de Pressões. Pode-se destacar, ainda, a manutenção preditiva como importante ferramenta de apoio em modernos programas de manutenção, como no TPM (*Total Productive Maintenance*), onde é de fundamental importância no Pilar de Manutenção Planejada. Sendo assim, nota-se que esta área é auxiliadora para toda a linha de produção.

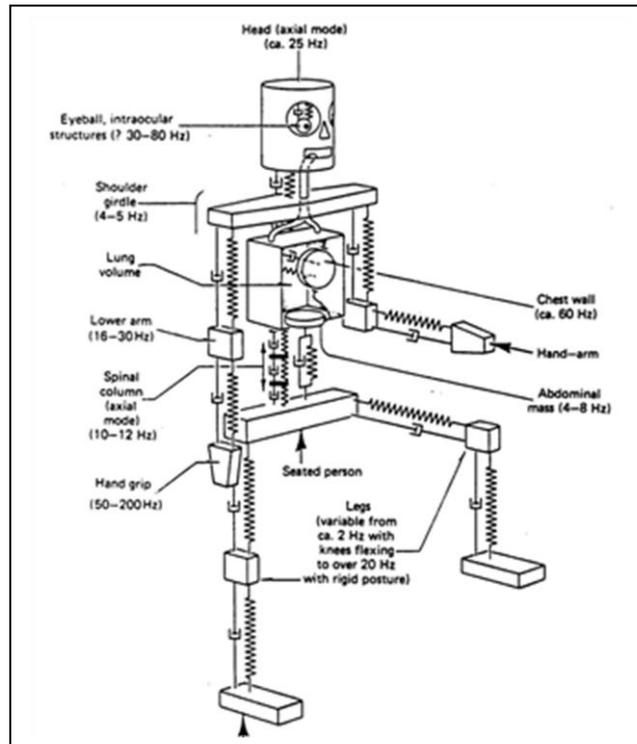
A manutenção preditiva baseada na monitoração da vibração tem sido empregada com sucesso em indústrias de processamento contínuo desde o início dos anos 70 (BANDEIRA et al, 2010). Segundo os autores, esta prática teve início em plantas de refinaria e petroquímicas que obtiveram economia considerável com o aumento de disponibilidade de equipamento produtivo e correspondente aumento de produtividade. Desde então, a monitoração da condição tem sido implantada com sucesso em indústrias que empregam máquinas rotativas em geral.

Esse método é bastante aplicado na prevenção de avarias mecânicas de uma indústria, ou como apontam Bandeira et al (2010) é um método indispensável na detecção prematura de anomalias de operação em virtude de problemas, tais como falta de balanceamento das partes rotativas, desalinhamento de juntas e rolamentos, excentricidade, interferência, erosão localizada, abrasão, ressonância, folgas, etc.

As vibrações normalmente detectadas na indústria são de origem diversa e podem ser classificadas nas seguintes categorias: a) Vibrações produzidas por um processo de transformação; b) Vibrações ligadas aos modos de funcionamento das máquinas e materiais; c) Vibrações devidas a defeitos das máquinas.

Além de causar avarias no maquinário, a vibração é responsável também por alguns desconfortos causados ao corpo humano que opera estes instrumentos, sobre isso Fernandes (2000) aponta que: considerando o corpo humano como um sistema mecânico, pode-se (a baixas frequências e baixos níveis de vibração) obter aproximadamente um sistema de parâmetros (Figura 1). E completa afirmando que os efeitos da vibração são complexos e difíceis de medir, sendo obtidos por experimentos com animais e aplicados ao homem como extensão.

Figura 1 – Modelagem mecânica do corpo humano.



Fonte: Fernandes (2000, p.8)

Para Fernandes (2000) o corpo humano é um sistema (física e biologicamente) extremamente complexo. Quando estudado como um sistema mecânico, contém um grande número de ‘elementos’ lineares e não lineares com propriedades mecânicas diferentes de pessoa para pessoa. Iida (1990) cita que a vibração é definida por três variáveis: a frequência (Hz), a aceleração máxima sofrida pelo corpo (m/s^2) e a direção do movimento, que é dada em três eixos (figura 2): x (das costas para frente), y (da direita para esquerda) e z (dos pés à cabeça).

Figura 2: Eixos de propagação das vibrações



Fonte: UFSC - Ergonomia e Segurança Industrial

Segundo Soeiro (2011), as vibrações transmitidas ao corpo humano podem ser classificadas em dois tipos, de acordo com a região do corpo atingida:

Vibrações de Corpo Inteiro: são vibrações transmitidas ao corpo como um todo, geralmente por meio da superfície de suporte, tal como pé, costas, nádegas de um ser humano sentado, ou na área de suporte de uma pessoa reclinada [6]. São de baixa frequência e alta amplitude e situam-se na faixa de 1 a 80 Hz, mais especificamente de 1 a 20 Hz. Estas vibrações são específicas para atividades de transporte, tais como caminhão, trator, empilhadeira, ônibus, trem, entre outros e são afetadas à norma ISO 2631(1997).

Vibrações de Extremidades (também conhecidas como segmentais, localizadas ou de mãos e braços): são vibrações que atingem certas partes do corpo, principalmente mãos, braços e outros. Estas vibrações são as mais estudadas, situam-se na faixa de 6,3 a 1250 Hz, ocorrendo nos trabalhos com ferramentas manuais (operador de martelo pneumático, operador de lixadeira, operador de motosserra, entre outros) e são normatizadas pela ISO 5349. A partir disto, o objetivo deste estudo é demonstrar os possíveis efeitos da vibração sobre o corpo humano, apontando para as condições de qualidade de vida do trabalhador.

2. METODOLOGIA

O presente estudo baseia-se em uma pesquisa bibliográfica de revisão que visa mostrar os efeitos da vibração mecânica no corpo humano. Através da perspectiva qualitativa de pesquisa, esse trabalho se iniciou com uma detalhada pesquisa de dados, pela averiguou da literatura existente e legislação aplicável sobre vibrações.

3. RESULTADOS

A vibração é um movimento oscilante ou de trepidação de uma máquina ou de algum elemento de máquina, saindo de sua posição de estabilidade (estática ou dinâmica) (BANDEIRA et al, 2010). Para Moraes et al (2006) O fenômeno da vibração e do isolamento de máquinas tem preocupado os engenheiros quanto ao desenvolvimento alternativas ergonômicas para as condições de trabalho do ser humano. Segundo Couto (1995), a ergonomia é um conjunto de ciências e tecnologias que procura a adaptação confortável e produtiva entre o ser humano e seu trabalho, basicamente procurando adaptar condições de trabalho às características do ser humano.

Grandjean (1998) determina entender-se por vibrações as oscilações mecânicas de um corpo em estado de repouso, que são caracterizadas por variações regulares ou irregulares no

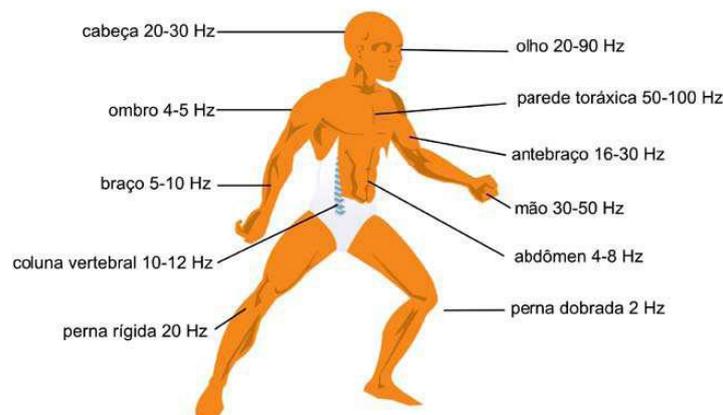
tempo. São designadas como oscilações mecânicas porque, em última análise, trata-se de mudanças de posição.

Conforme Iida (1990), a vibração é qualquer movimento que o corpo executa em torno de um ponto fixo. Esse movimento pode ser regular, do tipo senoidal ou irregular, quando não segue nenhum padrão determinado. Enquanto Vendrame (2005) cita que a vibração consiste em movimento inerente aos corpos dotados de massa e elasticidade, e também diz que o corpo humano possui uma vibração natural. Se uma frequência externa coincide com a frequência natural do sistema, ocorre a ressonância, que implica em amplificação do movimento. A energia vibratória é absorvida pelo corpo, como consequência da atenuação promovida pelos tecidos e órgãos.

Segundo Fernandes (2000), uma das mais importantes partes desse sistema diz respeito ao efeito da vibração e choque do sistema tórax-abdômen. Isso é devido a um efeito distinto de ressonância que ocorre na faixa entre 3 e 6 Hertz que produz uma maior amplitude no movimento para pessoas sentadas ou em pé.

Ainda no estudo de Fernandes (2000) outro efeito de ressonância é encontrado entre 20 e 30 Hz, que é causada pela ressonância do sistema cabeça-pescoço-ombro. Também na região de 60 a 90 Hz são sentidos distúrbios pela ressonância do globo ocular. O mesmo efeito é sentido no sistema crânio-maxila, que acontece entre 100 e 200 Hz. Acima de 100 Hz as partes do corpo absorvem a vibração, não ocorrendo ressonâncias, como mostrado na Figura 3.

Figura 3: Frequência de ressonância do corpo humano



Fonte: VENDRAME, 2005

De acordo com Moraes et al (2006): o corpo humano reage às vibrações de formas diferentes. A sensibilidade às vibrações longitudinais (ao longo do eixo z, da coluna vertebral)

é distinta da sensibilidade transversal (eixos x ou y, ao longo dos braços ou através do tórax). Em cada direção, a sensibilidade também varia com a frequência. Eis que, para determinada frequência, a aceleração tolerável é diferente daquela em outra frequência.

A primeira publicação internacional que estabeleceu limites de exposição a vibrações nessa faixa foi a norma ISO 2631, de 1978, que apresentava valores máximos de vibrações suportáveis para tempos de um minuto a doze horas de exposição: conforto reduzido; proficiência reduzida pela fadiga; limite de exposição compatível com a saúde.

Atualmente, a nova ISO 2631, de 1997, que trata de vibrações do corpo inteiro, aplicável a este trabalho, não apresenta limites de exposição à vibração, limitando-se a definir um método para a avaliação de exposição à vibração de corpo inteiro, bem como indicar os principais fatores relacionados para se determinar o nível exposição à vibração que seja aceitável. Considerando que veículos aéreos, terrestres e aquáticos, bem como maquinarias (da indústria ou agricultura) expõem o homem à vibração mecânica, interferindo no seu conforto, na eficiência do seu trabalho e, em algumas situações, na saúde e segurança.

No entanto, a *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* – ACGIH utilizou a experiência de vários estudos, chegando à conclusão de que os limites da ISO 2631 não eram suficientemente seguros; assim, optou por adotar os limites de proficiência reduzida por fadiga, que equivale à metade do limite de exposição. Os limites de tolerância da ACGIH para vibrações de corpo inteiro referem-se aos níveis e tempos de exposição para os quais se acredita que a maioria dos trabalhadores possa ser repetidamente exposta, com o risco mínimo de dores ou efeitos adversos nas costas, ou incapacidade para operar adequadamente o maquinário.

Existem diversas providências que podem ser adotadas para reduzir o problema de vibrações, entre essas, incluem-se: eliminar ou reduzir a fonte das vibrações; isolar a fonte para que o trabalhador não tenha contato direto com ela; fazer a manutenção regular das máquinas; conceder pausas e proteger o trabalhador.

Conforme o Anexo 8 da NR-15, as atividades e operações que exponham os trabalhadores, sem proteção adequada, às vibrações localizadas ou de corpo inteiro, serão caracterizadas como insalubres, através de perícia realizada no local de trabalho (SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO, 2005).

3.1. Vibrações de Corpo Inteiro

A Organização Mundial da Saúde (OMS) e o Ministério da Saúde do Brasil (Portaria nº 1339, de 1999) consideram as vibrações como agentes de risco de natureza ocupacional; e esse último não determina limites de tolerância para vibrações ocupacionais, mas vale ressaltar que a exposição a baixas frequências — 5 a 20 Hz — é potencialmente mais perigosa do que a de alta frequência — 6,3 a 1250 Hz (SZYMMANSKA, 2001; MALCHAIRE et al, 1996).

As vibrações de baixas e médias frequências (de alguns Hertz a algumas dezenas de Hertz) correspondem perturbações de tipos diferentes: Patologias diversas ao nível da coluna vertebral; afecções do aparelho digestivo: hemorróides, dores abdominais, obstipação; perturbação de visão (diminuição da acuidade visual), da função respiratória e, mais raramente, da função cardiovascular; Inibição de reflexos.

Vibração de corpo inteiro é quando as frequências ao qual o sujeito está submetido atravessam seu corpo como um todo causando certo desconforto no trabalhador. Esses elementos podem sofrer variações em função da alimentação, massa muscular, sexo, estatura, bem como doenças. Os efeitos psicológicos como a percepção, desconforto e dor, têm sido estudados em mais detalhes. Muitos desses estudos têm sido realizados com motoristas, pilotos, onde sua habilidade é testada em trabalhos complexos, em condições adversas (Fernandes, 2000).

Soeiro (2011) completa afirmando que a vibração de corpo inteiro ocorre em diversas situações do cotidiano, expondo o trabalhador a danos físicos permanentes ou distúrbios no sistema nervoso. A exposição diária à vibração de corpo inteiro poderá resultar em danos na região espinhal, podendo também afetar o sistema circulatório e/ou urológico, além do sistema nervoso central. Sintomas de distúrbios frequentemente aparecem durante ou logo após a exposição sob a forma de fadiga, insônia, dor de cabeça e tremor. No entanto, esses sintomas geralmente desaparecem após um período de descanso (tabela 01).

Tabela 1 – Principais sintomas relacionados com a frequência da vibração

SINTOMAS	FREQÜÊNCIA
Sensação geral de desconforto	4-9
Sintomas na cabeça	13-20
Maxilar	6-8
Influência na linguagem	13-20

Garganta	12-19
Dor no peito	5-7
Dor abdominal	4-10
Desejo de urinar	10-18
Aumento do tonus muscular	13-20
Influência nos movimentos respiratórios	4-8
Contrações musculares	4-9

A maioria dos testes foi feita com as pessoas sentadas ou em pé. Estes resultados foram usados na criação da norma ISO 2631, que estabelece critérios para vibração sobre o corpo humano na faixa de frequência de 1 a 80 Hz. Na faixa de frequência abaixo de 1 Hz ocorrem outros efeitos que são completamente diferentes dos produzidos em frequências maiores. Esses efeitos não podem ser simplesmente relatados através dos três parâmetros (intensidade, duração e frequência) como é relatado na faixa de 1 a 80 Hz. As reações abaixo de 1 Hz são extremamente variáveis, dependendo de um grande número de fatores externos não relacionados com a vibração (idade, sexo, visão, atividade, odor).

A repetição diária das exposições a vibrações no local de trabalho pode levar a modificações doentias das partes do corpo atingidas. O tipo de doença é diferente, para as duas partes do corpo mais sujeitas às vibrações: as oscilações verticais, que penetram no corpo que está sentado ou de pé sobre bases vibratórias (veículos), levam preferencialmente a manifestações de desgaste na coluna vertebral; as oscilações de ferramentas motorizadas geram majoritariamente modificações doentias nas mãos e braços.

Segundo Ximenes e Mainier (2005) esses danos e perturbações causados pela exposição à vibração que são reconhecidos como doenças profissionais ou ocupacionais, muitas vezes são incuráveis e irreversíveis, porém, é evitável, por isso é sempre recomendado como essencial à implementação de programas de prevenção adequados.

3.2. Vibração transmitida às mãos

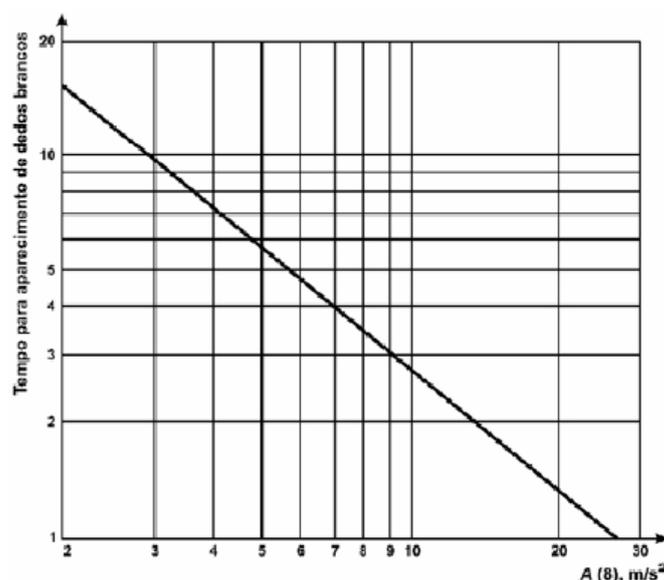
A exposição a vibrações, mano-braquiais, relacionada ao aumento da força de preensão necessária na manutenção de equipamentos vibrantes, favorece o desenvolvimento de DORT, principalmente ao nível do punho e mãos. Um mal quase invisível, que vem tomando espaço em bancadas de discussão em órgão trabalhistas de nosso país é a doença

chamada popularmente de ‘mão branca’. A intensa exposição aos impactos produzidos por algumas ferramentas pode provocar má circulação sanguínea nas mãos do operador, levando-o a desenvolver esta doença, ainda pouco conhecida.

De acordo com a norma ISO 5349 (2001), os principais efeitos devidos à exposição à vibração no sistema mão-braço podem ser de ordem vascular, neurológica, ósteoarticular e muscular. Entre esses efeitos, destacam-se as perturbações ósteo-articulares, características de vibrações de frequência menores que 30 Hz e queatingem o punho, cotovelo e o ombro, e as perturbações vasculares, que são identificadas como Doença de Raynaud, características de vibrações de frequência entre 40 e 125 Hz e que provocam sintomas como: formigamento, entorpecimento, palidez, picada, queimadura, cianose e gangrena.

A norma ISO 5349 estabelece os valores de exposição diária de aceleração $A(8)$, com estimativa esperada de produzir a síndrome do dedo branco em 10% das pessoas expostas para determinado número de anos (D), conforme o gráfico 1. Esse tipo de exposição segundo (FERNANDES E MORATA, 2002; SAKAKIBARA ET AL, 1998; NILSSON, 2002) ocorre ao manusear equipamentos vibratórios, o que se vê em trabalhadores industriais, agricultores, mineradores, profissionais odontólogos e trabalhadores da construção dentre outros profissionais.

Gráfico 1: Valores de exposição diária.



D , anos	1	2	4	8
$A(8)$, m/s^2	26	14	7	3,7

Assim, as lesões originadas por uma exposição a vibrações, podem ser agrupadas em quatro grandes grupos, onde apesar das lesões pertencentes a cada grupo poderem ocorrer isoladamente ou simultaneamente com lesões pertencentes a outros grupos (CR 12349, 1996 apud MILHO, 2009) conforme a autora cita:

1. Lesões vasculares

As doenças vasculares provocadas pela exposição dos trabalhadores às vibrações caracterizam-se por uma supressão temporária da circulação sanguínea para os dedos, podendo originar palidez e uma cor esbranquiçada dos mesmos, sendo esta situação ainda mais sensível pela ação vasoconstritora na presença de frio.

2. Lesões neurológicas

Os trabalhadores expostos a vibrações transmitidas ao HAS podem sentir formigueliro e dormência nos dedos e mãos, sintomas que tendem a agravar-se com uma contínua exposição à vibração, interferindo com a capacidade de trabalho e com as atividades da vida corrente.

3. Lesões músculo-esqueléticas

Neste grupo de lesões provocadas pela exposição a vibrações podem encontrar-se dois subgrupos: Lesões esqueléticas: Investigações radiológicas, revelaram uma alta prevalência de vacúolos e quistos nos ossos da mão e do punho, apesar de outros estudos não registarem um aumento significativo relativamente a trabalhadores não expostos a vibrações; e Lesões musculares: relacionadas com queixas de dor nas mãos e braços, fraqueza muscular, diminuição da força muscular e consequente da força de apreensão manual.

4. Outras lesões

Alguns estudos indicam que nos trabalhadores afetados pela vibração, a perda de audição é maior do que aquela que seria expectável tendo em conta o envelhecimento e a exposição ao ruído proveniente de ferramentas vibratórias.

Com relação à exposição em membros superiores, o Instituto Nacional de Saúde e Segurança Ocupacional (NIOSH, 1989), em seu documento *Occupational Exposure to Hand – Arm Vibration: Criteria for a Recommended Standard*, demonstra que os modelos de determinados equipamentos, bem como dos fatores ergonômicos envolvidos em sua manipulação, exercem forte influência na transmissão da vibração, pois segurar um

equipamento pesado ou desconfortável requer maior força de preensão, o que pode desencadear desconforto em extremidades, membro superior e ombro e provável lesão músculo-esquelética em tais estruturas dos trabalhadores.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após analisar a literatura correspondente, pode-se determinar que os efeitos que a vibração mecânica são nocivos ao corpo humano e que as normas para a adequação industrial vem se desenvolvendo porém não acompanha o avanço tecnológico e as necessidades do trabalhador.

Nota-se que os principais danos são causados nas extremidades dos membros superiores (mãos) gerando lesões vasculares, neurológicas e musculo-esqueléticas, e por isso tem uma norma específica para este tipo de dano. Atender as condições básicas de saúde do trabalhador resulta não só em uma melhora contínua deste como também na produção que este gera.

REFERENCIAS

- BANDEIRA, G.; ABREU, G.; GIANELLI, R. **Vibração e ruído em manutenção preditiva**. Unesp, Bauru, 2010.
- COUTO, H. A. **Ergonomia aplicada ao Trabalho. Manual técnico da máquina humana**. V.1, 353p. Belo Horizonte: Ergo, 1995.
- FERNANDES M, MORATA TC. **Estudo dos efeitos auditivos e extra-auditivos da exposição ocupacional a ruído e vibração**. Revista Brasileira de Otorrinolaringologia 2002;68(5):705-13.
- FERNANDES, J.C. **Segurança nas vibrações sobre o corpo humano**. 2000. Disponível em: www.feb.unesp.br/jcandido/vib/Apostila.doc Acesso em: 23 de julho de 2012.
- GRANDJEAN, E. **Manual de Ergonomia: adaptando o trabalho ao homem**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.
- IIDA, I. **Ergonomia: Projeto e Produção**. Edgard Blücher Ltda. São Paulo, 1990.
- ISO 2631-1 (1997). **Mechanical vibration – Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part 1: General requirements**.
- ISO 5349-1 (2001). **Mechanical vibration – Measurement and evaluation of human exposure to handtransmitted vibration - Part 1: General requirements**.
- LIMA, W.C.; LIMA, C.R.C.; SALLES, J.A.A. **Manutenção Preditiva: Caminho para a Excelência e Vantagem Competitiva**. In anais: XIII, SIMPEP, Bauru, SP, 2006.
- MALCHAIRE J, PIETTE A, MULLIER J. **Vibration Exposure and Fork-Lift-Trucks**. Ann. Occup. Hyg; 40(1):79-91. 1996

MILHO, R.M.B.J. **O esforço, o conforto e a vibração no sistema mão-braço, associados à utilização de luvas anti-vibratórias.** Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) Universidade Nova de Lisboa, 2009.

MORAES, A.L.; SILVA, C.M.; MORAES, J.A.R.; NARA, E.O.B.; HONNENMACHER, H. **Avaliação Ergonômica das Vibrações na Atividade do Operador de Empilhadeiras em uma Indústria Fumageira.** XIII SIMPEP – Bauru - SP, 2006.

NILSSON T. **Neurological diagnosis: aspects of bedside and electrodiagnostic examinations in relation to hand-arm vibration syndrome.** International Archives of Environmental Health;75:55-67. 2002.

NIOSH. **Criteria for a recommended standard: occupational exposure to hand-arm vibration** U.S. EUA: Department of Health and Human Services; 1989.

SAKAKIBARA H, HIRATA M, HASHIGUCHI T, TOIBANA N, KOSHIYAMA H. **Affected segments of the median nerve detected by fractionated nerve conduction measurement in vibration-induced neuropathy.** Industrial Health; 36:155-9. 1998.

SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO - **Manuais de legislação.** Atlas. 56a ed. São Paulo, Atlas. 2005.

SOEIRO, N.S. **Vibrações e o Corpo Humano: uma avaliação ocupacional.** In: Anais I workshop de vibrações e acústica – Tugurui - Pará, 2011.

SZYMMANSKA J. **Dentist's hand symptoms and high-frequency vibration.** Ann Agric Environ Med 2001;8:7-10.

VENDRAME, A. C. **Segurança do Trabalho, Saúde e Meio Ambiente.**2005. Disponível em <http://www.vendrame.com.br/artigos.htm>. Acesso em 05 jun. 2012.

XIMENES, G.M.; MAINIER, F.B. **Programas de proteção de saúde e segurança de exposição às vibrações.** In anais: XXV ENEGEP Porto Alegre, RS, 2005.