

Capim

JORGE JOSÉ RODRIGUES JÚNIOR
MAURICIO BAUMGARTEN DE ULYSSÉA BAIÃO
RENATA DUARTE MELLIM ARAÚJO

AVALIAÇÃO DE EXPOSIÇÃO DOS OPERADORES DE
EQUIPAMENTOS MÓVEIS À VIBRAÇÃO MECÂNICA

São Paulo
2010

Jorge José Rodrigues Júnior
Mauricio Baumgarten de Ulysséa Baião
Renata Duarte Mellim Araújo

AVALIAÇÃO DE EXPOSIÇÃO DOS OPERADORES DE EQUIPAMENTOS MÓVEIS À VIBRAÇÃO MECÂNICA

Trabalho de Conclusão do
Treinamento Empresarial em Higiene
Ocupacional

Área de Concentração:
Escola Politécnica. Programa de
Educação Continuada em
Engenharia

São Paulo
2010

AGRADECIMENTO

Jorge Soto, Diretor do Departamento de Saúde e Segurança Ocupacional da Vale no ano de 2007, que viabilizou este treinamento proporcionando oportunidades de aprimoramento técnico e desenvolvimento de nossas habilidades profissionais.

"O agente físico vibração é um tanto impopular no Brasil. Motivado pelo desconhecimento profissional, ocorrem o diagnóstico incorreto, a avaliação impropriamente realizada, além da carência de tecnologia no controle da exposição."

Antônio Carlos Vendrame.

RESUMO

Os efeitos na saúde pela exposição à vibração mecânica são diversos, dependendo do tipo de vibração, da intensidade e região do corpo afetada. Este agente ocupacional vem sendo cada vez mais estudado em função do grande número de trabalhadores expostos e das doenças associadas ao mesmo, como sensação de desconforto, redução da capacidade intelectual e o dano físico. As vibrações mecânicas podem ser classificadas como de corpo inteiro e vibrações de mãos e braços. A vibração de corpo inteiro foi alvo do presente estudo em função do grande número de operadores de equipamentos móveis expostos em unidade operacionais mineradoras e pelo fato de se verificar a existência de poucas referências na literatura relativas a medidas de controle para mitigação dos riscos de exposição a esse agente. Mediante este cenário, o presente trabalho foi desenvolvido com base em dados disponíveis de medições de vibração de corpo inteiro do Programa de Gerenciamento de Risco de um complexo minero-metalúrgico, de revisões bibliográficas de base de dados internacionais de vibrações mecânicas de equipamentos e normas específicas para propor medidas de controle que visem a curto, médio e longo prazo a prevenção e controle dos riscos de exposição à vibração mecânica de operadores de equipamentos móveis. Os resultados mostraram possível uma abordagem objetiva para propor estas medidas e discutir diretrizes gerais para o estabelecimento de um Programa de Controle de Riscos de Vibração para empresas minero-metalúrgicas com enfoque na prevenção em equipamentos móveis.

Palavras-chave: vibração, Programa de Controle de Riscos de Vibração

ABSTRACT

The effects on health caused by exposure to mechanical vibration may be different, depending on the kind of vibration, its intensity and the body region affected. This occupational agent has been increasingly studied, considering the large number of workers exposed and diseases associated to it, for example, discomfort sensation, intellectual capacity reduction and physical damage. Mechanical vibrations can be classified in two types: whole body vibrations and hands and arms vibrations. The first one is the object of the present study, given the large number of mobile equipment operators in mining operational units and due to the fact that there is few literature on control measures to mitigate risks of exposure to this agent. Considering this panorama, the present work was developed based on whole body vibration measurements of a mining and metallurgical complex risk management program, international database literature revision on equipment mechanical vibration and specific rules, to suggest preventive measures to control risks, on a short, medium and long term basis, to mobile equipment operators exposed to mechanical vibration. The results attest that it is possible to make an objective approach, to propose these measures and to discuss general guidelines to set a vibration risk control program, which could be applied by mining and metallurgical companies, focusing prevention regarding mobile equipment

Key words: vibration, vibration risks control program

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	14
2.	REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1.	UM POUCO DE HISTÓRIA	17
2.2.	GENERALIDADES EM VIBRAÇÃO	17
2.3.	VIBRAÇÕES OCUPACIONAIS	18
2.4.	EFEITO DAS VIBRAÇÕES	21
2.5.	VIBRAÇÕES	22
2.5.1.	Vibrações de Mãos e Braços	23
2.5.2.	Vibrações de Corpo Inteiro	24
2.6.	AMBIENTE VIBRATÓRIO	24
2.7.	EFEITOS DA VIBRAÇÃO	27
2.7.1.	Vibração transmitida ao corpo todo	28
2.7.2.	Vibração transmitida à mão	29
2.7.3.	Os sintomas da saúde do trabalhador à vibração	30
3.	METODOLOGIA	32
3.1.	LOCAL DE ESTUDO	32
3.2.	EQUIPAMENTOS AVALIADOS	33
3.3.	INSTRUMENTAÇÃO	34
3.4.	NORMAS E CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DA VIBRAÇÃO	36
3.5.	GRUPO HOMOGENEO DE EXPOSIÇÃO E AMOSTRAGEM PARA AVALIAÇÃO QUANTITATIVA	37
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1.	AVALIAÇÃO DOS RISCOS DE VIBRAÇÃO	40
4.2.	INVESTIGAÇÃO DAS CAUSAS DA ORIGEM OU DO AUMENTO DE VIBRAÇÃO	43
4.3.	BANCO DE DADOS DE VIBRAÇÃO DE EQUIPAMENTOS MÓVEIS ...	44
4.4.	RECOMENDAÇÕES GERAIS PARA CONTROLE DOS RISCOS DE VIBRAÇÃO	47
4.4.1.	Orientações preventivas básicas	47
4.4.2.	Programa de Controle de Riscos de Vibração	50
4.4.3.	O que fazer considerando a postura	51

4.4.4. Gerenciando o programa de controle de risco de vibração	52
4.4.5. Informação e treinamento aos empregados	53
4.4.6. Recomendações para reduzir o nível de vibração	53
5. CONCLUSÃO	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
ANEXO 1 - Ilustração dos Equipamentos Móveis avaliados	59

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Modelo Vibratório	18
Figura 2: Corpo Humano	19
Figura 3: Modelagem mecânica do corpo humano	24
Figura 4: Efeitos fisiopatológicos causados pela vibração	31
Figura 5: Programa de Avaliação a vibração	35
Figura 6: Dados da Vibração e Características do Trator de Esteira	45
Figura 7: Dados da Vibração e Características da Pá Carregadeira	46
Figura 8: Programa de Avaliação de Vibração	49
Figura 9: Vibração Corpo Inteiro	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Sintomas da vibração no Corpo	27
Tabela 2: Limites de exposição para vibração para corpo inteiro	37
Tabela 3: Exposição a vibração em equipamentos móveis	40
Tabela 4: Limites de exposição para vibração	56

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: - Ilustração dos Equipamentos Móveis avaliados	59
---	----

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

OMS – Organização Mundial de Saúde

PGR – Programa de Gerenciamento de Riscos

1 INTRODUÇÃO

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 determinam 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.^{1- 4.}

A vibração relacionada ao trabalho constitui-se em um importante fator de risco à saúde e pode levar a sérias conseqüências ao organismo. Ela resulta de uma fonte emissora de vibração mecânica que incide no organismo no corpo inteiro e nas mãos. No primeiro caso, há uma superfície que vibra, suportando o corpo humano em pé, sentado ou deitado; esta forma de exposição ocorre em todas as opções de meios de transporte. No segundo caso, a exposição ocorre ao manusear equipamentos vibratórios, o que se vê em trabalhadores industriais, agricultores, mineradores, profissionais odontólogos e trabalhadores da construção dentre outros profissionais.

Os efeitos da vibração no organismo humano dependem de diversos fatores, em particular da intensidade das vibrações, dos limites de frequência, direção, ponto de penetração, tempo e forma de aplicação diária, bem como do tempo em que o profissional vem se submetendo à exposição. Estudos indicam que há maior frequência de trabalhadores que manipulam instrumentos que emitem esse tipo de energia e, conseqüentemente, submetem-se a uma exposição maior em extremidades superiores.

A exposição às vibrações é produzida quando se transmite a alguma parte do corpo o movimento oscilante de uma estrutura, seja pelo solo, uma empunhadura ou um assento.

Dependendo da frequência do movimento e de sua intensidade, a vibração pode causar sensações muito diversas, que vão desde o simples desconforto até alterações graves da saúde, passando pela interferência com a execução de certas tarefas como a leitura, a perda de precisão ao executar movimentos ou a perda de rendimento devido à fadiga.

As vibrações em determinadas frequências (ressonâncias) podem trazer efeitos negativos mais significativos como problemas vasculares, osteomusculares e neurológicos.

Conforme o modo de contato entre o objeto vibrante e o corpo, a exposição às vibrações se divide em dois grandes grupos: vibrações de mãos-braços e vibrações de corpo inteiro.

O presente trabalho se propõe a reconhecer os riscos ocupacionais relacionados à vibração de corpo inteiro em equipamentos móveis por meio de uma revisão bibliográfica dos efeitos na saúde relacionados a este agente ocupacional, por meio da avaliação da exposição dos operadores de um Complexo minero-metalúrgico às vibrações decorrentes de equipamentos móveis e propor medidas de controle da exposição à vibração nestes tipos de equipamentos.

Desta forma, para atingir os objetivos propostos, o trabalho foi estruturado em 5 capítulos buscando seguir as seguintes etapas obrigatórias para o gerenciamento de riscos ocupacionais, são elas: antecipação dos riscos, reconhecimento dos riscos, avaliação dos riscos de exposição e estabelecimento de medidas de controle.

O capítulo 2 trata de uma revisão de literatura que foca na definição do agente vibração mecânica, tipos de vibração e nos possíveis efeitos na saúde pela exposição continuada a este agente.

O capítulo 3 descreve a metodologia aplicada para o reconhecimento dos riscos do agente vibração mecânica para os operadores de equipamentos móveis. Para isso, descreve os dados de exposição levantados com base no Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR) de um complexo minero-metalúrgio, a instrumentação utilizada, as normas e critérios de avaliação aplicáveis para vibração de corpo inteiro. Descreve também as principais características dos equipamentos móveis e do grupo homogêneo de exposição estudado.

O capítulo 4 trata da discussão dos resultados pela avaliação dos riscos e a proposição de medidas de controle. Nesta parte do estudo estão descritas as diretrizes gerais das medidas de controle de curto, médio e longo prazo para serem aplicadas no grupo homogêneo avaliado. Aborda-se o Programa de Controle de Riscos de Vibração e seus desdobramentos no médio e longo prazo para a prevenção dos efeitos da exposição dos operadores de equipamentos móveis a vibração de corpo inteiro.

Por fim o capítulo 5 trata das conclusões do trabalho em relação ao atendimento dos objetivos estabelecidos, das limitações e o estabelecimento de recomendações gerais para o complexo minero-metalúrgico avaliado.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 UM POUCO DE HISTÓRIA

A Revolução Industrial trouxe a máquina e a máquina, por sua vez, trouxe a vibração, um agente insidioso, já relatado por Ramazzini (1992) – Pai da Medicina do Trabalho – em 1700:

“As sacudídelas têm o poder de perverter toda a economia do corpo, das partes sólidas como das fluidas; todas as vísceras sacodem pela força do cavalo trotão, torpe e pesado; disse Lucílio, e quase são arrancadas de sua posição natural; toda a massa sanguínea se perturba, de cima a baixo, desviando-se do seu movimento normal; em consequência, produzem-se fluxões, ou seja, estancamento de soro nas articulações, rupturas de vasos nos pulmões e rins, úlceras e varizes nas pernas, ao retardar-se o refluxo do sangue, principalmente naqueles que domam cavalos e necessitam manter em tensão os músculos das coxas e das pernas, para não serem dobrados.”

Maurice Raynaud, médico francês, foi o primeiro a descrever, em 1862, os distúrbios vasculares observados em indivíduos expostos a vibrações de mãos e braços, em sua tese intitulada: *“De l’asphyxia locale et de la gangrene symetrique des extrémités.”*

Desde o trabalho pioneiro iniciado, em 1911, por um pesquisador italiano que descreveu a síndrome da vibração nos trabalhadores que operavam marteletes em pedreiras, correlacionando o trabalho com o fenômeno de Raynaud, muitos pesquisadores têm estudado o assunto, o que resultou em milhares de artigos científicos a respeito das vibrações transmitidas às mãos e braços.

Em 1918, Alice Hamilton estudou os mineiros que utilizavam marteletes em pedreiras, em Bedford, Indiana e descreveu uma anemia das mãos. Nos anos 60 e 70, a síndrome da vibração foi associada com a gasolina utilizada nas motosserras no trabalho florestal.

2.2 GENERALIDADES EM VIBRAÇÕES

Um corpo está em vibração quando descreve um movimento oscilatório em torno de um ponto fixo. O número de vezes em que o ciclo completo do movimento

se repete durante o período de um segundo é chamado de frequência e, é medido em ciclos por segundo ou Hertz [Hz].

O movimento vibratório pode ser visualizado através de um pêndulo, corda de instrumento musical, corpo em movimento e até mesmo do átomo. Na indústria, a vibração é encontrada nas máquinas girantes.

O modelo vibratório é caracterizado pelo deslocamento ao longo do tempo, com o intercâmbio de energia potencial por cinética e vice-versa, resultando em movimento oscilatório conforme ilustrado na figura 1.

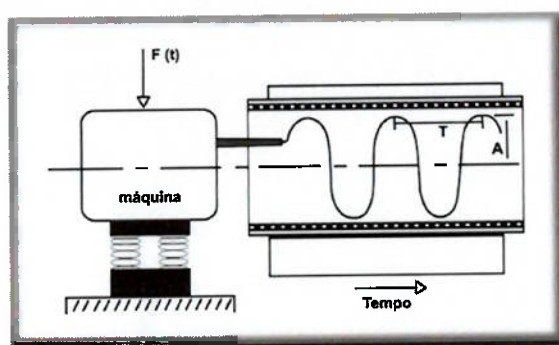


Figura 1 – Modelo Vibratório
Fonte: Antonio Carlos Vendrame

O movimento pode consistir de um simples componente ocorrendo em uma única frequência, a exemplo de um diapásão; ou vários componentes ocorrendo em diferentes frequências simultaneamente, como por exemplo, o movimento de um pistão de um motor de combustão interna.

2.3 VIBRAÇÕES OCUPACIONAIS

Ao contrário de outros agentes, onde o trabalhador é sujeito passivo, expondo-se aos riscos, no caso das vibrações, deve haver, caracteristicamente, o contato entre o trabalhador e o equipamento ou máquina que transmita a vibração.

A vibração consiste em movimento inerente aos corpos dotados de massa e elasticidade. 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. O corpo humano possui diferentes frequências de ressonância, conforme figura 2.

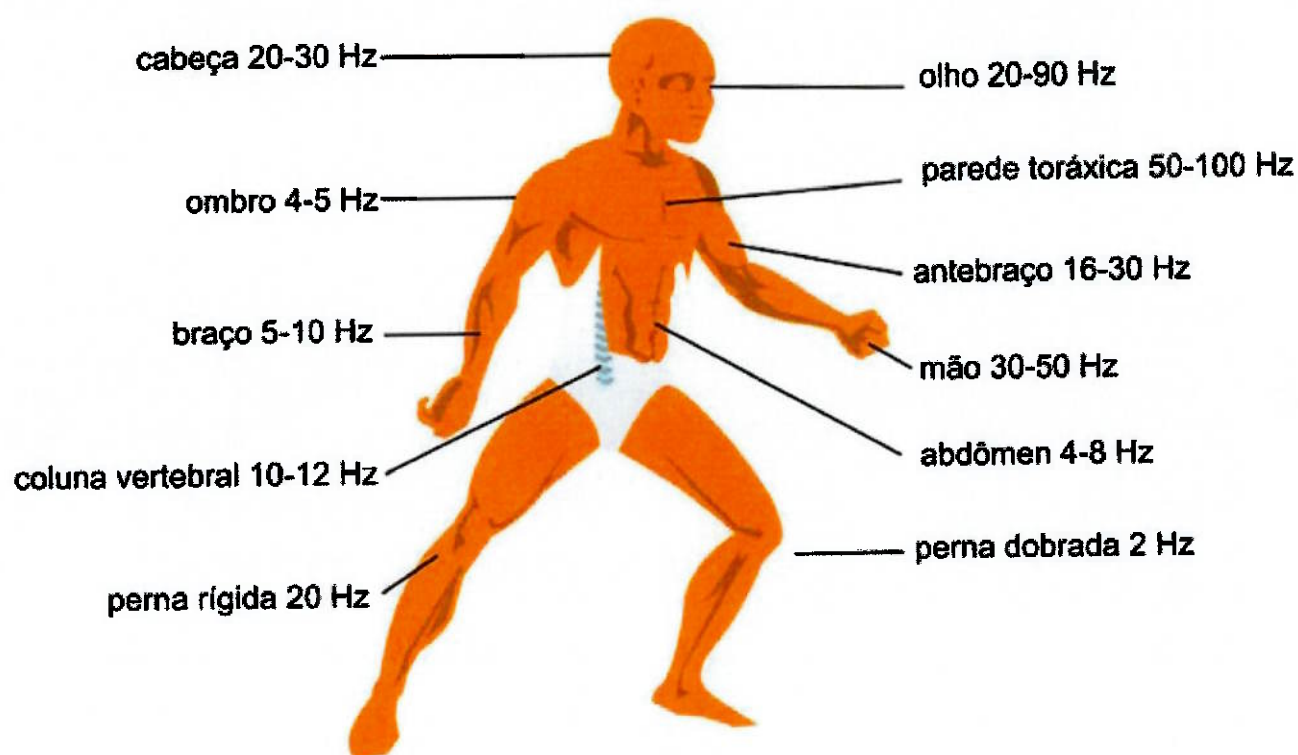


Figura 2 – Corpo Humano
Fonte: Antonio Carlos Vendrame

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.

Existem vários efeitos catalogados, sendo que os principais e mais danosos são:

- perda do equilíbrio, simulando uma labirintite, além de lentidão de reflexos;
- manifestação de alteração no sistema cardíaco, com aumento da frequência de batimento do coração;
- efeitos psicológicos, tal como a falta de concentração para o trabalho;
- apresentação de distúrbios visuais, como visão turva;
- efeitos no sistema gastrointestinal, com sintomas desde enjôo até gastrites e ulcerações;
- manifestação do mal do movimento (cinetose), que ocorre no mar, em aeronaves ou veículos terrestres, com sintomas de náuseas, vômitos e mal estar geral;

- comprometimento, inclusive permanente, de determinados órgãos do corpo;
- degeneração gradativa do tecido muscular e nervoso, especialmente para os submetidos a vibrações localizadas, apresentando a patologia, popularmente conhecida como dedo branco, causando perda da capacidade manipulativa e o tato nas mãos e dedos, dificultando o controle motor.

As vibrações transmitidas ao corpo humano podem ser classificadas em dois tipos, de acordo com a região do corpo atingida:

1. vibrações de corpo inteiro: são de baixa frequência e alta amplitude, situam-se na faixa de 1 a 80 Hz, mais especificamente 1 a 20 Hz. Estas vibrações são específicas para atividades de transporte e são afetas à norma ISO 2631.
2. vibrações de extremidades (também conhecidas como segmentais, localizadas ou de mãos e braços): são as mais estudadas, situam-se na faixa de 6,3 a 1250 Hz, ocorrendo nos trabalhos com ferramentas manuais e normatizadas pela ISO 5349.

Quando a vibração incide sobre os membros superiores, é denominada vibração de mãos e braços, segmentar, de extremidades ou localizada. Se incidir no trabalhador quando este se encontra na posição sentada, deitada ou em pé, é chamada de vibração de corpo inteiro.

A vibração de mãos e braços é produzida por ferramentas manuais, tais como furadeiras, parafusadeiras, politrizes, motosserras e marteletes.

A vibração de corpo inteiro é resultante do trabalho em veículos, ônibus, tratores, caminhões, plataformas, navios, aviões, helicópteros e máquinas agrícolas.

Infelizmente, ainda se confunde a avaliação de vibração ocupacional com medição de vibração em máquinas, particularmente com a finalidade de manutenção preditiva; enquanto esta se limita a mensurar a vibração do equipamento, aquela tem como enfoque a saúde do usuário, levando em consideração as frequências do corpo humano. Diga-se de passagem, tais tecnologias são bem distintas.

2.4 EFEITOS DAS VIBRAÇÕES

A exposição ocupacional continuada às vibrações de mãos e braços traz efeitos neurológicos, vasculares e musculoesqueléticos. Tal vibração produz um conjunto de sintomas conhecido desde o início do século passado: a Síndrome de Raynaud.

Manifestando-se na forma de vasoespasmos, eventuais ou intermitentes, induzidos pelo frio, a síndrome produz o empalidecimento dos dedos em virtude da ausência de vascularização, principalmente nas pontas, progredindo lentamente na direção da palma.

O fenômeno de Raynaud se constitui na redução do fluxo sanguíneo para determinados tecidos ou órgãos do corpo humano; caracteristicamente, ataca as mãos e os pés e, de forma incomum, as orelhas, a língua e o nariz. A região afetada apresenta mudança de cor, tornando-se pálida ou azulada quando exposta ao frio. A duração dos ataques de dedos brancos pode variar de minutos até horas, podendo ser assintomáticos ou seguidos de adormecimento, formigamento ou pontadas nos dedos.

Durante muitos anos, a doença de Raynaud foi utilizada como um conveniente rótulo para casos de etiologia obscura, nos quais eram observados sintomas de intermitente palidez, cianose, dor ou gangrena das mãos, pés, nariz ou orelhas (PELMEAR & WASSERMAN, 1998).

A síndrome é mascarada, ainda hoje, por diagnóstico médico incorreto (falsos diagnósticos de síndrome do túnel do carpo) e o clima tropical reinante no país, eventualmente, pode impedir os ataques de dedos brancos promovidos pelo frio, escondendo uma epidemia da síndrome de Raynaud.

Assim, é bem possível que o Brasil tenha uma incidência de síndrome da vibração de mãos e braços parecida com outros países como Estados Unidos e Japão, que são altamente industrializados.

Modernamente, a doença de Raynaud não é atribuída somente à vibração, mas também, à exposição aos solventes orgânicos e medicamentos (beta-bloqueadores). Macedo (1988) ainda elenca outros agentes e fatores que predisõem o desenvolvimento das doenças das vibrações, tais como frio, estresse,

esforço muscular estático, umidade, feridas nas mãos, cloreto de vinila, benzeno, arsênio, tálio, mercúrio e nicotina.

Segundo Mansfield (2005), a prevalência da síndrome é maior nas mulheres (em torno de 10%) do que nos homens (entre 1 e 5%). Estudo realizado por Hagberg et al (2004), comparando a incidência prospectiva e retrospectiva do fenômeno de Raynaud e a relação com a exposição à vibração, em população de 500 trabalhadores de escritório e 200 trabalhadores de indústria metalúrgica, ficou evidenciado que:

1. A incidência retrospectiva do fenômeno de Raynaud foi de 15,9 para 1000 entre os expostos e 2,43 para 1000 entre os não expostos;
2. A incidência prospectiva do fenômeno de Raynaud foi de 13,6 para 1000 entre os expostos e 4,97 para 1000 entre os não expostos.

Por outro lado, a exposição às vibrações de corpo inteiro é um fator de risco bem conhecido para a ocorrência de lombalgias (BURDORF & HULSHOF, 2005).

2.5 VIBRAÇÕES

A avaliação ocupacional da vibração tem contribuído para espelhar um panorama destoante da realidade. Desde 1990, a ISO 8041 estabeleceu curvas de ponderação para diferentes partes do corpo humano, as quais devem ser consideradas na avaliação ocupacional, eis que cada segmento do corpo humano vibra em frequência característica.

Porém, durante mais de uma década, têm sido realizadas avaliações em escala linear, com enfoque mecânico e não ocupacional; fazendo analogia com a avaliação de nível de pressão sonora, seria o mesmo que não utilizar a escala "A" numa mensuração de ruído. A escala "A" é uma curva padronizada que busca compensar a leitura originalmente "imparcial" ou linear do aparelho por uma que tenha relação com a audição humana. São feitas correções nas frequências, de forma a simular a resposta do ouvido humano. Apesar de inicialmente aplicar-se a sons de baixa intensidade, hoje ela é universalmente aceita para essa compensação, independentemente da intensidade do ruído (USP, 2008A).

Por seu turno, o instrumental desejável para avaliação da vibração com enfoque ocupacional implica em alto investimento, fora dos padrões da realidade brasileira, o que também é motivado pela baixa demanda de tal instrumental.

Uma séria controvérsia ocorre na legislação brasileira, através do anexo 8 da NR-15 do Ministério do Trabalho (que deveria estabelecer os limites de tolerância para vibrações), que remete aos limites das normas ISO 5349 e 2631. No entanto, a ISO 5349 apresenta tão somente um diagrama dose-resposta, deixando que cada país estabeleça seus próprios limites.

Enfim, a questão ainda é um tanto nebulosa quando se trata de definir limites de tolerâncias, já que, por exemplo, no caso das vibrações de mãos e braços estão envolvidos vários efeitos, tais como o vascular, o neurológico e o musculoesquelético.

2.5.1 Vibrações de Mãos e Braços

Geralmente resultam do contato dos dedos ou das mãos com algum elemento vibrante (por exemplo, uma empunhadura de ferramenta portátil, um objeto que se mantenha contra uma superfície móvel ou um comando de uma máquina vibratória). Os efeitos nocivos se manifestam normalmente na zona de contato com a fonte de vibração, mas também pode existir uma transmissão importante no resto do corpo. O efeito mais frequente e mais estudado é a Síndrome de Reynaud, de origem profissional, também chamado de Dedo Branco, induzido por vibrações, que tem sua origem em alterações vasculares.

2.5.2 Vibrações de Corpo Inteiro

A transmissão das vibrações ao corpo e seus efeitos sobre o mesmo são muito dependentes da postura e nem todos os indivíduos apresentam a mesma sensibilidade, assim a mesma exposição às vibrações pode resultar em conseqüências diferentes.

Entre os efeitos que se atribuem às vibrações de corpo inteiro, encontram-se os associados aos traumatismos na coluna vertebral, se bem que as vibrações não é o único agente causador. Também são atribuídos às vibrações outros efeitos à

saúde, tais como, dores abdominais e digestivas, problemas de equilíbrio, dores de cabeça, transtornos visuais, falta de sono e sintomas similares.

2.6 AMBIENTE VIBRATÓRIO

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.

A vibração é definida por três variáveis: a frequência (Hz), a aceleração máxima sofrida pelo corpo (m/s^2) e pela direção do movimento, que é dada em três eixos conforme mostra a figura 3: x (das costas para frente), y (da direita para esquerda e z (dos pés à cabeça).

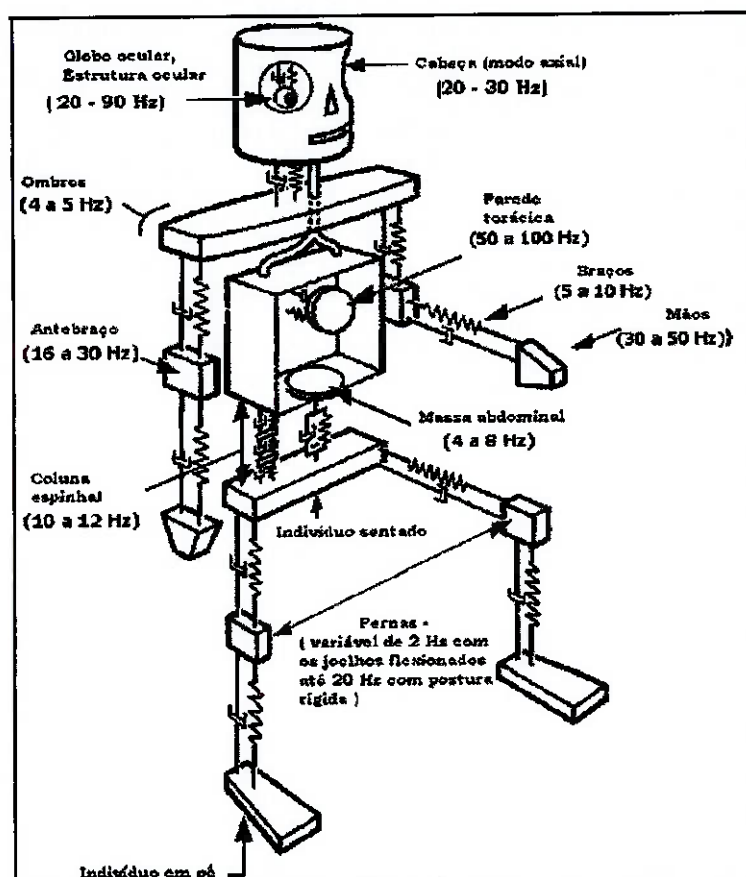


Figura 3 - Modelagem mecânica do corpo humano.
Fonte: Brüel & Kjaer, 1988 (adaptado)

A vibração pode afetar o corpo inteiro ou apenas parte do corpo, com as mãos e os braços. A vibração do corpo inteiro ocorre quando há uma vibração dos pés (posição em pé) ou do assento (posição sentada).

O funcionamento de máquinas, veículos e a manipulação de ferramentas produzem vibrações que são transmitidas ao conjunto do organismo, mas de forma diferente, conforme as partes do corpo, as quais não são sensíveis as mesmas frequências. Cada parte do corpo pode tanto amortecer como ampliar as vibrações. As ampliações ocorrem quando partes do corpo passam a vibrar na mesma frequência e, então, dizemos que entrou em ressonância.

O corpo inteiro é mais sensível na faixa de 4 a 8 Hz, que corresponde a frequência de ressonância na direção vertical (eixo z). Na direção x e y, as ressonâncias ocorrem a frequências mais baixas, de 1 a 2 Hz. Os efeitos da vibração direta sobre o corpo humano podem ser extremamente graves, podendo danificar permanentemente alguns órgãos do corpo humano. As vibrações danosas ao organismo estão nas frequências de 1 a 80 Hz, provocando lesões nos ossos, juntas e tendões.

As frequências intermediárias, de 30 a 200Hz, provocam doenças cardiovasculares, mesmo com baixas amplitudes e, nas frequências altas, acima de 300 Hz, o sintoma é de dores agudas e distúrbios. Alguns desses sintomas são reversíveis, podendo ser reduzido após um longo período de descanso.

Os efeitos da vibração sobre o corpo humano podem ser extremamente graves. Alguns exemplos desses efeitos são:

- visão turva - O efeito das vibrações sobre a visão é de grande importância uma vez que o desempenho do trabalhador diminui, aumentando, assim, o risco de acidentes. As vibrações reduzem a acuidade visual e torna a visão turva, ocorrendo a partir de 4 Hz.
- perda de equilíbrio - Os indivíduos que trabalham com equipamentos vibratórios de operação manual, tais como martelo pneumático e moto serra, apresentam degeneração gradativa do tecido muscular e nervoso.
- falta de concentração – O efeito das vibrações de trabalhadores expostos a vibração afetam o desempenho, causam sensação de desconforto e redução da capacidade intelectual e afetam a qualidade do sono, o que provocam a redução da capacidade de concentração na tarefa ou atividade que venha a desempenhar;
- danificação permanente de determinados órgãos do corpo - Os efeitos aparecem na forma de perda da capacidade manipuladora e do controle do tato nas mãos, conhecido, popularmente, por dedo branco. Essas doenças

são observadas, principalmente, em trabalhadores de minas e florestais (moto-serras à 50-200 Hz). Os dedos mortos surgem no máximo após 6 meses de trabalho com uma ferramenta vibratória.

O modelo apresentado anteriormente na figura 3 pode ser melhor entendido considerando o corpo humano como um sistema mecânico, pode-se avaliar o comportamento do mesmo a baixas frequências e baixos níveis de vibração e obter aproximadamente um sistema de parâmetros para cada parte do organismo para a descrição de um modelo aproximado.

O corpo humano é um sistema extremamente complexo tanto do ponto de vista físico quanto biológico. Quando estudado como um sistema mecânico, contém um grande número de 'elementos' lineares e não lineares com propriedades mecânicas diferentes e que variam de pessoa para pessoa conforme as características individuais de cada um.

Biologicamente a situação é mais complexa, especialmente quando efeitos psicológicos são incluídos. Em consideração à resposta do homem para vibrações e choques é necessário levar em conta, os efeitos mecânicos e psicológicos. Os conhecimentos sobre conforto, fadiga e diminuição da eficiência são baseados em dados estatísticos coletados na prática e em condições experimentais. Em função da dificuldade em realizar ensaios experimentais com seres humanos, do tempo consumido e por problemas éticos, muitos conhecimentos sobre efeitos danosos são obtidos em experimentos com animais. Assim, não é sempre possível obter uma escala de resultados em experimentos com animais correlacionada com o homem, mas apenas informações aproximadas no qual a "Modelagem mecânica do corpo humano" mostrada na figura 3.

Uma das mais importantes partes desse sistema diz respeito ao efeito da vibração e choque do sistema tórax-abdomem. 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.

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. Os

principais sintomas relacionados com a frequência da vibração podem ser resumidos na tabela 1.

Também são enquadradas como vibração no corpo inteiro os casos de enjôo que compreendem as frequências na faixa de 0,1 a 0,63 Hz. Tais vibrações são mais críticas em atividades relacionadas aos meios de transporte.

Tabela 1 – Sintomas da vibração no corpo

SINTOMAS DE DESCONFORTO	FREQUÊNCIA - Hz
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

Tabela 1 - Fonte: www.feb.unesp.br/jcandido/vib/Apostila.doc

2.7 EFEITOS DA VIBRAÇÃO

Os efeitos da vibração são complexos e apesar de já existir uma instrumentação bastante avançada em termos de coleta de dados e de análise, até mesmo em tempo real, nem sempre são de fácil interpretação e em alguns casos até um tanto quanto difíceis de medir. Os estudos em geral realizados pelos cientistas são obtidos por experimentos com animais e aplicados ao homem como extensão. Naturalmente, em função da ampla aplicação de ferramentas e de equipamentos mecânicos e elétricos tanto nas atividades produtivas quanto de lazer o estudo dos efeitos da vibração sobre o homem tem se tornado importante tanto do ponto de vista da prevenção quanto da avaliação da capacidade de suporte e de seus efeitos sobre órgãos específicos. Do ponto de vista da segurança e saúde ocupacional há vários estudos e no atual estado de conhecimento científico as avaliações e os limites estabelecidos pela legislação e normas técnicas levam em consideração os aspectos da vibração transmitida ao corpo todo WBV – “Wole Body Vibration” e as vibrações transmitidas às mãos e braços HAV – “Hand and Arm Vibration”.

2.7.1 Vibração Transmitida ao Corpo Todo

A estrutura óssea, os músculos, nervos, e demais órgãos que compreendem o corpo humano podem sofrer variações em função da alimentação, massa muscular, sexo, estatura, bem como doenças. Além destes fatores há de se considerar os efeitos psicológicos como a percepção, desconforto e dor, que são em geral os parâmetros utilizados e que têm sido estudados em mais detalhes. Muitos desses estudos têm sido realizados com motoristas, pilotos, operadores de máquinas, onde sua habilidade é testada em trabalhos complexos, em condições adversas. Incluindo além da sobrecarga as emocionais e de estresse.

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, tato).

Acima de 80 Hz as sensações e efeitos são muito dependentes do local do ponto de aplicação, da direção e da posição e área em que a vibração é transmitida, e do amortecimento do ponto. Esses fatores externos influenciam grandemente a resposta da pele e dos tecidos superficiais afetados por frequências acima de 80 Hz.

A vibração transmitida ao corpo inteiro geralmente menos prejudiciais devido à atividade executada também causa lesões graves. O corpo humano reage às vibrações de maneiras diversas, a sensibilidade às vibrações longitudinais (ao longo do eixo z, da coluna vertebral) é diferente da sensibilidade transversal (eixos x ou y, ao longo dos braços ou através do tórax). Dentro de cada direção, a sensibilidade também varia com a frequência ("resposta em frequência do corpo"), isto é, para uma determinada frequência, a aceleração tolerável (em m/s^2) é diferente da aceleração tolerável em outra frequência. Os problemas mais comuns são náuseas e enrijecimento na coluna, alguns músculos e os reflexos diretos e indiretos desta exposição.

A vibração transmitida além dos limites para o corpo do operador pode causar a sensação de desconforto, redução da capacidade intelectual e o dano físico. Para que estes fatos não ocorram, o limite de exposição estabelecido nas normas deve ser rigorosamente respeitado juntamente com o acompanhamento médico.

Quando os níveis atingem limites de ação, o fato deve ser registrado de acordo com as normas e práticas de segurança e saúde ocupacional.

O nível de risco deve ser sempre investigado ou quando surgir suspeita de aumento da vibração.

2.7.2 Vibração transmitida à mão

A vibração transmitida ao sistema mão-braço é o segundo grande problema na área de transmissão de vibração sobre o corpo humano, diferentemente da vibração sobre o corpo todo, pelo tipo de problemas que apresenta. Ao passo que a vibração transmitida ao corpo de pé ou sentado aumentam problemas de natureza geral, por exemplo, desconforto, náusea, redução da eficiência no trabalho entre outros aspectos. A vibração aplicada na mão pode, em adição, produzir danos físicos localizados para níveis de exposição suficientemente altos. Os níveis de vibração encontrados em muitas ferramentas manuais comuns são suficientemente altos para causar danos quando operados por longos períodos. No rol das ferramentas típicas estão os martelos pneumáticos, britadeiras, furadeiras de impacto, moto serras, amplamente usadas em mineração, construção, indústrias e empresas florestais e até mesmo como “hobby”. A vibração pode ser transmitida para o corpo através de uma ou duas mãos operando uma ferramenta vibratória. Para baixos níveis de vibração haverá desconforto e redução da eficiência do trabalho. Para altos níveis e longos períodos de exposição, ocorrem doenças que afetam os vasos sangüíneos, juntas e circulação. Situação que, pela sua característica é mais agravante.

Exposições severas levam a uma desordem progressiva da circulação, em que parte do corpo – usualmente os dedos da mão, quando a mão está firme há uma ferramenta – sofre um altíssimo nível de vibração. Esse tipo de alteração é normalmente mencionado na literatura como “mão morta” ou “doença do dedo branco” ou doença de Raynaud. Em casos extremos pode haver danos permanentes ou gangrena. Essas doenças e suas causas são constantemente

estudadas por pesquisadores médicos e engenheiros no sentido de determinar não somente os danos da lesão como a origem, os meios de propagação e as medidas de controle entre os vários aspectos que podem servir de parâmetros de estudo e de aplicação de medidas de controle.

A norma ISO 5349 avalia e mede o risco da exposição de vibração sobre a mão, cobrindo uma faixa de frequência de 8 Hz a 1 kHz. Através de curvas de exposição para bandas de 1/3 de oitava, pode-se encontrar os limites de níveis de vibração na mão quando esta está operando uma ferramenta. Muito dos dados usados advém de curvas obtidas em experimentos onde se usavam uma excitação vibratória utilizando sinais senoidais ou de banda estreita de frequência. Estes dados podem ser provisoriamente aplicados a outros tipos de experimentos que utilizem uma excitação vibratória não senoidal ou em situações em que o tipo de sinal não pode ser determinado com exatidão.

O fato de braços e mãos estarem expostos a uma vibração intensa pode causar um problema denominado Síndrome da Vibração das Mãos e Braços "HAVS, Hand Arm Vibration Syndrome". Provavelmente, a doença mais freqüente é causada por uma anormalidade da circulação sanguínea denominada de branco de vibração "VWF, Vibration White Pinger", cujos sintomas são o empalidecimento da pessoa e períodos de intensas dores, além da necessidade de evitar atividades em áreas frias e úmidas. Situação que agrava para os trabalhadores de países com inverno rigoroso. Outras lesões são caracterizadas por problemas nos nervos como dormência, formigamento e dificuldade para executar tarefas como apertar botões. Ou seja, perde-se a sensibilidade para trabalhos manuais mais leves e até mesmo simples.

2.7.3 Os sintomas da saúde do trabalhador à vibração

O trabalho com equipamento que vibra pode causar efeitos adversos nos nervos, vasos sanguíneos das mãos e pulsos, podem doer os braços, às vezes conhecido como Dedo de Branco de Vibração (VWF) ou na terminologia clássica como Síndrome (HAVS).

Nas primeiras fases de dano de vibração, o trabalhador pode notar uma sensação de formigamento nos dedos. Isto é mais percebido ao término da jornada de trabalho e pode ser acompanhado por certo entorpecimento. Exposição continua

pode resultar em ataques periódicos nos quais os dedos mudam de cor quando exposto sob a baixa temperatura. Em casos moderados, as extremidades dos dedos ficam brancas, e em casos mais severos, o todo do dedo, incluindo-se a junta é afetado.

O ambiente frio é extremamente prejudicial para uso de ferramentas manuais que vibram. Quando o nível de vibração é muito alto, os ataques tornam-se mais freqüentes, podendo acontecer até mesmo em ambientes com temperatura mais elevada. Estes ataques podem durar até uma hora, causando muita dor e perda de tato das mãos. A partir deste momento, os ataques tornam se aleatórios, podendo acontecer a qualquer momento.

Clinicamente, o dedo branco conforme mostra a figura 4, é caracterizado pela cor dos pálidos causados pelo fechamento espasmático das artérias digitais. Os ataques normalmente são ativados com a duração de 5 a 40 minutos. A perda completa de sensibilidade tátil pode ser experimentada durante um ataque. Na fase de recuperação, geralmente acelerada por calor ou massagem local, a vermelhidão pode aparecer nos dedos afetados como resultado do aumento de fluxo de sangue.



Figura 4 – Efeitos fisiopatológicos causados pela vibração

3 METODOLOGIA

3.1 LOCAL DE ESTUDO

O local de estudo é denominado de Complexo Minero-Metalúrgico Onça Puma situado no município de Ourilândia do Norte, no sudeste do Pará. Este complexo teve sua implantação iniciada em 2005 e sua operação consiste no aproveitamento dos depósitos de níquel localizados nas serras do Onça e do Puma, que se estendem pelos municípios de Ourilândia do Norte, São Félix do Xingu e Parauapebas.

O Complexo Onça Puma está dividido em duas partes bem distintas: a mina de extração de níquel e a unidade de beneficiamento.

A vida útil da mina de extração é estimada em 35 anos com uma reserva de cerca de 82,71 milhões de toneladas (VALE 2010).

O Processo de lavra e movimentação de materiais na área da mina até os britadores e correias transportadoras é intenso e realizado por inúmeros equipamentos móveis que foram alvos do presente estudo. Depois do processo de britagem, o minério passa por diversos processos de beneficiamento até se transformar em ferro-níquel como produto final. O ferro- níquel é transportado até Parauapebas, Pará, por via rodoviária e depois até São Luis, no Maranhão, via ferroviária. De lá o produto será embarcado, dentro de containers, e segue de navio com destino aos clientes.

Com base nos dados de levantamento qualitativo e quantitativo do Programa de Gerenciamento de Riscos – PGR do Complexo minero-metalúrgico Onça Puma (2008), optou-se em avaliar a exposição ocupacional dos operadores de equipamentos móveis para a definição das ações de controle de curto, médio e longo prazos utilizando as referências técnico-legais disponíveis. A forma de avaliação, bem como o estabelecimento de medidas de controles serão detalhadas, posteriormente nos capítulos sequenciais.

Em 2008 as operações da Mina do Complexo de Onça Puma encontrava-se na fase de lavra experimental, ou seja em processo de comissionamento, e muitos operadores ainda estavam sendo treinados. Este dado é importante, pois um operador bem treinado e com conhecimento dos fatores que influenciam nas causas

do aumento da vibração de corpo inteiro podem adotar medidas preventivas para sua redução. Pode-se citar como por exemplo a adoção das seguintes medidas: não ultrapassar determinado limite de velocidade operacional; simplesmente saber ajustar o assento do equipamento conforme suas características de peso e tamanho.

3.2 EQUIPAMENTOS AVALIADOS

Numa Mina do porte do Complexo Onça Puma, é comum a existência de uma grande quantidade de equipamentos móveis. Segundo Vale (2010A) a frota de equipamento móveis voltados para produção chega a 90, enquanto a frota de equipamentos móveis auxiliares fica entorno de 30, totalizando 114 equipamentos móveis. Este número expressivo de equipamentos demonstra o potencial de exposição ao agente vibração mecânica de corpo inteiro no qual os operadores estão sujeitos.

Para a operação das empresas de mineração, a utilização de equipamentos móveis é imprescindível. Os tipos variam muito em termos de modelo, fornecedor e porte. Não é objetivo deste trabalho, descrever em detalhes sobre todos os tipos de equipamentos móveis encontrados na Mineração Onça Puma, mas apenas dos principais equipamentos selecionados pela maior utilização nas operações da mina e pela quantidade da frota.

O quadro 1 descreve as principais características dos equipamentos móveis cujos operadores foram alvos da avaliação quantitativa de exposição de vibração de corpo inteiro.

Quadro 1 – Características dos Equipamentos Móveis avaliados

Equipamento móvel	Características
Trator de Esteiras D9T	Modelo: Caterpillar - D9 T Motor: Cat C18 ACERT - 410 hp Quantidade: 10
Caminhão Rígido - Scania 8X4 P 420	Modelo: Scania - P 420 Motor: 420 hp @ 1.900 rpm Torque: 204 kgfm @ 1.200 rpm Quantidade: 22
Escavadeira Hidráulica	Escavadeira Hidráulica Modelo: Caterpillar - 365 CL Motor: Cat C15 ATAAC - 404 hp Capacidade: 4,5 m3 Quantidade: 6

(continua)

(continuação)

Equipamento móvel	Características
Pá Carregadeira - CAT 966 H	Quantidade: 9 Modelo: Caterpillar - 966 H Motor: Cat C11 ACERT – 262 hp Capacidade: 8 t Quantidade: 5
Trator de Esteira - CAT D6 T	Modelo: Caterpillar - D6 T Motor: Cat C9 ACERT - 185 hp Quantidade: 3
Pá Carregadeira - CAT 988 H	Model: Caterpillar - 988 H Engine: C18 MEUI ACERT– 475 hp Capacity: 12,5 t Quantity: 4
Rompedor Hidráulico - Atlas Copco ECM660	Modelo: Atlas Copco ECM660 Hole Range: 3" – 4.1/2" Hole Depy: 82" Quantidade: 1

Quadro 1 - Fonte: VALE(2010B)

Os equipamentos móveis descritos no quadro 01 acima são ilustrados no anexo 1.

3.3 INSTRUMENTAÇÃO

O equipamento de coleta de dados vibracionais é composto de sensores piezo elétrico ou acelerômetros do tipo tri axial cuja principal característica é a transferência dos impulsos de vibração em sinais elétricos que em função da intensidade são convertidos em dados de vibração que são armazenados internamente num banco de dados conforme ilustrado no esquema da figura 5. Os dados vibracionais acumulados são posteriormente analisados através de software específico fornecido pelo fabricante – Quest Suit Professional.

Deve-se medir a vibração na estrutura ou no ponto que será transmitido ao corpo inteiro razão pela qual se utiliza o sensor de vibração, acelerômetros ou elementos piezo elétricos montados em um dispositivo que permite colocar o mesmo sobre o assento do banco na máquina em que o operador irá utilizar.

Em algumas condições as medições podem ser realizadas fora da estrutura. Nesse caso a função de transferência entre os pontos deve ser determinada.

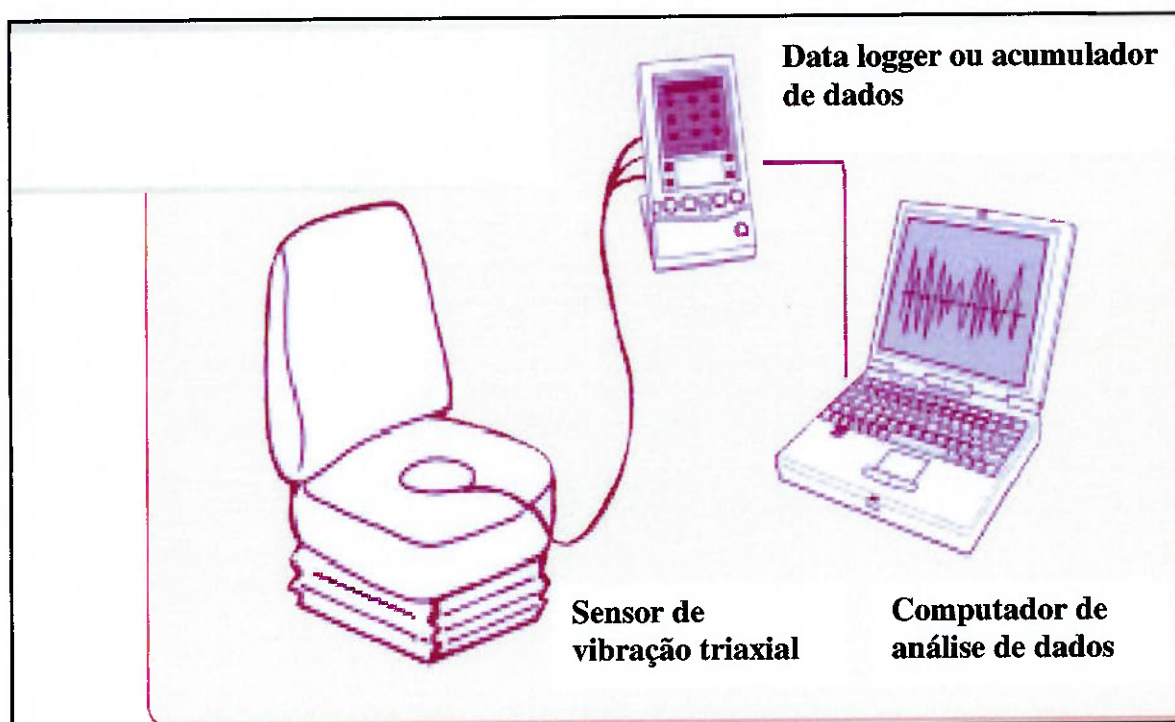


Figura 5: Esquema do arranjo da instrumentação para medição de vibração nos equipamentos móveis

Foram utilizados:

- O coletor de espectros em Tempo Real – Quest Technologies modelos HAVPro .
- Acelerômetro triaxial para avaliação de vibração em mãos e braços - HAV sensor
- Acelerômetro triaxial para avaliação de vibração em corpo inteiro – WBV sensor seat pad.

Os principais parâmetros medidos foram:

- Aeq: Nível de energia equivalente da medição. Média energética da aceleração RMS;
- Amax: Nível máximo de aceleração RMS (baseada em Arms);
- Amp: Nível máximo do pico durante a medição;
- Amin: Nível mínimo de aceleração RMS;
- VDV: Valor da Dose de Vibração;
- CFmp: Fator de crista total, (razão de Amp a Aeq).

3.4 NORMAS E CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DA VIBRAÇÃO

Para elaboração da análise da exposição dos operadores de equipamentos móveis neste trabalho utilizou-se duas normas de referência: a Diretiva da Comunidade Européia 2002/44 e a Norma **ISO 2631-1.1:1997**. Ambas as normas tratam da avaliação da exposição humana à vibração de corpo inteiro e são largamente empregadas conforme citado em CUNHA (2006).

A Diretiva da Comunidade Européia 2002/44 segundo a European Commission (2002) estipula os níveis de ação e limites de exposição para vibrações de corpo inteiro e de mãos e braços, segundo quadro abaixo:

Quadro 2 – Limites de exposição para vibração de acordo com Diretiva da Comunidade Européia 2002/44

Diretivas da CE			
	H/A	WB	
	A(8) (m/s²)	A(8) (m/s²)	VDV (m/s^{1,75})
Nível de ação	2,5	0,5	9,1
Limite de exposição	5	1,15	21

Quadro 2 - Fonte: Adaptado de DIRETIVA CE (2002)
 Onde: A(8) – aceleração equivalente em m/s² a 8 horas de exposição;
 VDV - dose de vibração expresso em m/s^{1,75} ou rad/s^{1,75}

Enquanto que a ISO 2631-1.1:1997 apresentam valores máximos de vibrações suportáveis para tempos de um minuto a 12 horas de exposição, abrangendo três critérios de severidade:

1. limite de conforto, sem maior gravidade (ex: veículos de transporte coletivo);
2. limite de fadiga, provocando redução da eficiência dos trabalhadores (ex: máquinas que vibram);
3. limite de exposição, correspondente ao limiar do risco à saúde.

A norma brasileira NR-15, estabelece níveis máximos de vibração, utilizando os dados especificados pelas recomendações da ISO 2631 conforme tabela 2.

Tabela 2 – Limites de Vibração para Corpo Inteiro

Limites de vibração para corpo inteiro, mãos e braços						
Tempo de exposição	Vibração Corpo Inteiro				Vibração nas mãos e braços	
	Valor de ação m/s ²		Valor limite de exposição m/s ²		Valor de ação m/s ²	Valor limite de exposição m/s ²
	Métodos RMS	Métodos VDV	Métodos RMS	Métodos VDV	Métodos RMS	
1s	84,85	6,51	195,16	14,98	424,26	848,53
10s	26,83	3,66	61,72	8,42	134,16	268,33
60s	10,95	2,34	25,20	5,38	54,77	109,54
10m	3,46	1,32	7,97	3,03	17,32	34,64
1h	1,41	0,84	3,25	1,93	7,07	14,14
2h	1,00	0,71	2,30	1,63	5,00	10,00
4h	0,71	0,59	1,63	1,37	3,54	7,07
8h	0,50	0,50	1,15	1,15	2,50	5,00
12h	0,41	0,45	0,94	1,04	2,04	4,08

Tabela 2 – Limites de vibração de acordo com a ISO 2631-1.1:1997

Fonte: Adaptado da ISO 2631-1.1:1997

Os padrões ISO para medição de vibração humana incluem as seguintes normas:

1. **ISO 8041:1990:** Resposta humana à vibração — Instrumentação de medição
2. **ISO 5349-1:1986:** Vibração mecânica — Medição e avaliação da exposição humana à vibração transmitida para a mão — Parte 1: Requisitos gerais
3. **ISO 2631-1:1997:** Vibração mecânica e choque — Avaliação da exposição humana à vibração de corpo inteiro — Parte 1: Requisitos gerais
4. **ISO 2631-2:1989:** Avaliação da exposição humana à vibração de corpo inteiro — Parte 2: Vibrações contínuas e induzidas por choque em edifícios.

3.5 GRUPO HOMOGENEO DE EXPOSIÇÃO E AMOSTRAGEM PARA AVALIAÇÃO QUANTITATIVA

De acordo com o Programa de Gerenciamento de Riscos da Mina de Onça Puma (2008), o Grupo Homogêneo de Exposição – GHE exposto ao agente vibração de corpo inteiro é o GHE-07, na época composto de 10 operadores que estavam em fase de treinamento operacional.

Desta forma, selecionou-se para a avaliação quantitativa, os dez operadores para o estabelecimento de uma avaliação inicial ou ponto de partida para

comparações futuras, especialmente no que diz respeito à exposição dos operadores do GHE 07 à vibração de corpo inteiro e ao desgaste dos equipamentos.

Utilizando o arranjo apresentado na figura 5 e com a instrumentação descrita em 3.3, foram avaliados a exposição à vibração de corpo inteiro para os dez operadores dos equipamentos cujas funções e características pessoais como peso estão descritas no quadro 3 a seguir. Os equipamentos móveis avaliados também estão descritos neste quadro.

Quadro 3 – Funções do GHE-07 e equipamento móveis avaliados quantitativamente

FUNÇÃO	Peso (kg)	DATA 2008	LOCAL EQUIPAMENTO
Operador de equipamento Pesado	64	12.11	Trator de Esteiras D9T
Operador de Equipamento Pesado - Motorista	94	05.11	Caminhão Rígido - Scania 8X4 P 420
Operador Escavadeira	70	05.11	Escavadeira Hidráulica
Operador Moto Niveladora	ND	07.11	Motoniveladora - CAT 12 H / 12 M
Operador Moto Niveladora	ND	07.11	Motoniveladora - CAT 12 H / 12 M
Operador Pá Carregadeira	83	06.11	Pá Carregadeira - CAT 988 H
Operador Trator Esteira	75	10.11	Trator de Esteira - CAT D6 T
Operador Trator Esteira	86	05.11	Trator de Esteira - CAT D6 T
Operador de equipamento Pesado -	68	11.11	Pá Carregadeira - CAT 988 H
Operador Trator Esteira	57	10.11	Trator de Esteira - CAT D6 T
Operador Rompedor Hidráulico	60	06.11	Rompedor Hidráulico - Atlas Copco ECM660

Quadro 3 - Fonte: Adaptado de VALE (2008)
NA – Não detectado.

O critério de avaliação utilizado foi o definido no quadro XXX que contém os limites de exposição para vibração de acordo com Diretiva da Comunidade Européia 2002/44, isto é, leva em consideração a curva base de ponderação da vibração no corpo humano na direção mais crítica relacionada à atividade de cada empregado avaliado.

Os resultados das medições obtidas das acelerações equivalentes (A_{eq}) em m/s^2 foram utilizados para determinação do nível de exposição diário de um período de oito horas, denominado de $A(8)$ (m/s^2) conforme mostrado na equação 1 a seguir.

$$A(8) = A(w_{eq}) \times (T_e/8)^{1/2} \text{ (equação 1)}$$

Onde: T_e : Tempo de exposição diário à vibração de corpo inteiro em horas;
 $A(w_{eq})$: Nível de energia equivalente da medição. Média energética da aceleração RMS. Considerando que a vibração em dois ou mais eixos (x, y e z) for comparável

e o vetor resultante A_{weq} é utilizado para estimar o risco à saúde. Com isso as ponderações em frequência devem ser aplicadas para os indivíduos sentados, com os fatores de multiplicação K conforme indicado:

Eixo x – W_d , $K = 1,4$

Eixo y – W_d , $K = 1,4$

Eixo z – W_k , $K = 1$ (ISO 2631-1: 1997)

Para facilitar a discussão dos resultados que serão tratados no item 4, foram calculados os tempos de exposição (T_e) utilizando a equação 1 considerando como input as acelerações equivalentes resultantes medidas (A_{weq}) e como nível de exposição diário para um período de oito horas ($A(8)$), os limites de exposição e para níveis de ação definidos pela Diretiva da Comunidade Européia 2002/44.

Desta forma, foi possível dividir os operadores de equipamentos móveis avaliados em três grupos distintos de nível de exposição. Com isso, foi possível avaliar os riscos de exposição e propor medidas de controle a curto, médio e longo prazos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 AVALIAÇÃO DOS RISCOS DE VIBRAÇÃO

Os resultados obtidos de avaliação quantitativa da exposição dos operadores de equipamentos móveis à vibração de corpo inteiro foram expressos em horas de exposição para atingir o nível de ação e o limite de exposição definido pela Diretiva da Comunidade Européia 2002/44 conforme no item 3 do presente trabalho. A tabela 3 mostra os resultados obtidos.

Tabela 3 – Exposição a Vibração em Equipamentos Móveis

EXPOSIÇÃO A VIBRAÇÃO EM EQUIPAMENTOS MÓVEIS							
NOME	ATIVIDADE	EQUIPAMENTO	VAE	VLE	Resultado	VA	VL
TIPO DE EXPOSICAO - CORPO INTEIRO			HORAS			m/sec²	
ATIVIDADE		EQUIPAMENTO	VAE	VLE	Resultado		
Operador de Equipamento Pesado		Mina- Trator de Esteiras D9T TE 6204	03:24	18:01	Não Ultrapassado	0,5	1,15
Operador de Equipamento Pesado - Motorista		Mina - Scania JVV - 4121 CP 1311 Bâscula	01:45	09:18	Não Ultrapassado	0,5	1,15
Operador de Escavadeira		Mina - Banco 417 Escavadeira	01:50	09:44	Não Ultrapassado	0,5	1,15
Operador Moto Niveladora		Mina - Moto Niveladora CAT MN 4003	02:33	13:32	Não Ultrapassado	0,5	1,15
Operador Pá Carregadeira		Mina - Pá Carregadeira CAT 966H	01:40	08:52	Não Ultrapassado	0,5	1,15
Operador Trator de Esteira		Mina - Trator de Esteira CAT D6T-XL TE 6002	00:45	04:02	Ultrapassado	0,5	1,15
Operador Trator Esteira		Mina - Trator de Esteira CAT D"6 TXL 6003	01:21	07:12	Ultrapassado	0,5	1,15
Operador de Equipamento Pesado		Mina - Pá Carregadeira CAT 988H	01:09	06:05	Ultrapassado	0,5	1,15
Operador Trator Esteira		Mina - Trator de Esteira CAT D6T-XL TE 6001	02:11	11:37	Não Ultrapassado	0,5	1,15
Operador Rompedor Hidráulico		Mina - Rompedor Hidráulico	03:20	17:42	Não Ultrapassado	0,5	1,15
VAE = EAV - VALOR AÇÃO DA EXPOSIÇÃO			LIMITE ULTRAPASSADO				
VLE = ELV - VALOR LIMITE DA EXPOSIÇÃO			LIMITE NÃO ULTRAPASSADO				

Tabela 3

Conforme a tabela 3 pode ser constatado que três operadores avaliados tiveram sua exposição acima do limite de exposição definido pela Diretiva da Comunidade Européia 2002/44 e todos os demais tiveram sua exposição acima do nível de ação. Observa-se também que dois dos operadores avaliados que ultrapassaram o limite de exposição operavam o equipamento móvel Trator de Esteira modelo Caterpillar D6 T. Enquanto que o outro limite violado foi o operador da Pá Carregadeira modelo Caterpillar modelo 988 H.

Os níveis de vibração avaliados foram divididos de acordo com a intensidade da vibração em três grupos:

1 - Não gera riscos ou estão abaixo do Limite de Exposição - níveis de vibração monitorados não são motivo de estudo mais detalhado por não gerar riscos ou estar abaixo do Limite de Exposição – ELV , porem estão dentro do Nível de Ação – EAV para os empregados que exercem suas atividades operando os equipamentos indicados a seguir:

- ✓ Operador de Trator de Esteiras D9T TE 6204
- ✓ Operador de Equipamento Pesado - Motorista Scania JVu-4121 CP 1311
Báscula
- ✓ Operador de Escavadeira
- ✓ Operador de Motoniveladora MN 4003 Operador de Pá Carregadeira CAT 966H
- ✓ Operador de Trator Esteira CAT D6 TXL 6003
- ✓ Operador de Rompedor Hidráulico

2 - Requer nível de ação – Acima do EAV - As atividades dos empregados que operam os equipamentos indicados a seguir estão dentro da faixa que recomenda nível de ação.

- ✓ Operador de Trator de Esteiras D9T TE 6204
- ✓ Operador de Equipamento Pesado - Motorista Scania JVu-4121 CP 1311
Báscula
- ✓ Operador de Escavadeira
- ✓ Operador de Motoniveladora MN 4003
- ✓ Operador de Pá Carregadeira CAT 966H
- ✓ Operador de Trator Esteira CAT D6 TXL 6003
- ✓ Operador de Rompedor Hidráulico

3 - Gera riscos e requer ação imediata – Acima do ELV - Para os equipamentos indicados a seguir há risco e requer ações imediatas por estar acima do Limite de Exposição – ELV .

- ✓ Operadores de Trator de Esteira CAT D6T
- ✓ Operador de Pá Carregadeira CAT 988 H

Analisando os resultados conforme a categorização de risco de exposição acima verificou-se que os operadores dos equipamentos tratores de esteira tipo D6 e Pá Mecânica necessitam de medidas de intervenção imediata e aprofundamento no monitoramento. Enquanto para os operadores dos demais equipamentos no qual todos estão acima do nível de ação porque com um tempo de exposição menor que

8 horas (A(8)) atingem o valor do nível de ação definido pela Diretiva da Comunidade Européia 2002/44 de $0,5 \text{ m/s}^2$. Para estes casos cabe a definição de medidas de controle de médio e longo prazos.

Como medidas de controle imediatas (aplicável para os operadores com exposição acima do limite de exposição) sugerem-se para o caso avaliado:

- o Estabelecer pausas descanso e/ou rodízio de trabalhadores;
- o Realizar nova campanha de monitoramento de vibração de corpo inteiro;
- o Treinamento na forma correta de direção dos equipamentos e dos riscos à saúde causados pelo agente vibração de corpo inteiro;
- o Realização de uma nova etapa de Antecipação e Reconhecimento dos Riscos para investigar as causas prováveis da origem ou aumento da vibração dos equipamentos móveis;
- o Acompanhamento do histórico médico dos funcionários numa periodicidade menor que os demais.

Como medidas de controle de médio e longo prazo (aplicável para todos os operadores e equipamentos móveis) sugerem-se para o caso avaliado:

- o Elaborar e implantar o Programa de Controle de Riscos - Vibração
 - o Monitoramento periódico (quantitativo);
 - o Avaliação dos riscos continuamente;
 - o Priorização de ações de controle (Engenharia, Administrativo e Médico) e verificação da eficiência das medidas adotadas;
 - o Plano de manutenção periódico para os equipamentos móveis;
 - o Acompanhamento médico;
 - o Controle dos registros e avaliação da eficácia.
 - o ocorreram na fase de lavra experimental;
 - o funcionários com pouca experiência na condução dos equipamentos;

As condições consideradas nas avaliações apresentam algumas questões importantes como:

- o ocorreram na fase de lavra experimental da mina;
- o operadores com pouca experiência na condução dos equipamentos;
- o equipamentos móveis avaliados novos.

Outros fatores como os citados acima influenciaram nos resultados obtidos como a velocidade de operação, condições das pistas como estados de conservação e grau de inclinação, mas não invalida os resultados nem as medidas sugeridas de controle dos riscos de exposição a vibração de corpo inteiro. Logo como já descrito anteriormente esta avaliação poderá ser o ponto de partida para comparações futuras, especialmente no que diz respeito a exposição dos operadores do GHE 7 a vibração de corpo inteiro e ao desgaste dos equipamentos, pelo fato destes serem novos no momento das avaliações.

A seguir serão discutidas as causas prováveis do aumento da vibração em equipamentos móveis e apresentado uma série de recomendações gerais para o controle da exposição à vibração de corpo inteiro em equipamentos móveis.

4.2 INVESTIGAÇÃO DAS CAUSAS DA ORIGEM OU DO AUMENTO DE VIBRAÇÃO

Investigar as causas do aumento de vibração de determinados equipamentos, ferramentas ou dispositivos é muito importante para que se aplique medidas de controle e manutenção preventiva para que as vibrações não continuem aumentando ou gerando riscos desnecessários para os operadores e também para o próprio equipamento, ferramenta ou dispositivo reduzindo-se sua vida útil.

As causas do aumento de vibração devem ser investigadas sistematicamente. Geralmente, a investigação deve ser feita de acordo com o seguinte procedimento:

1. Para avaliações realizadas em equipamentos estáticos:
 - Classificar as causas como mecânicas e elétricas.
 - Desligar a fonte de energia, e verificar como a vibração varia, se a vibração é atribuível a causas elétricas, ela desaparecerá.
 - Verificar se a vibração é causada pela máquina acionada.
 - Desconectar a carga e observar o dispositivo operando isoladamente.
 - Medir a variação da frequência de vibração, sua amplitude e fase.
 - Verificar se a amplitude varia com o tempo.
 - Verificar a alteração da amplitude quando a velocidade de rotação varia, para julgar se a vibração causada é ou não resultado da ressonância.

- Verificar a vibração em referência a variações do lubrificante, da temperatura interna do motor, da temperatura do mancal, entre outros e também verifique o comportamento do eixo. Oscilações radiais e axiais poderão induzir vibrações na estrutura e consequentemente ao posto de trabalho
 - Organizar os dados para analisar as causas da vibração.
2. Para avaliações realizadas em equipamentos móveis:
- Avaliar e determinar a velocidade da operação;
 - Analisar a situação do solo;
 - Verificar as condições de trajeto;
 - Verificar o desgaste natural de componentes do equipamento ou até mesmo a falta de manutenção.
 - Verificar o estado de conservação do banco;
 - Verificar o ajuste do banco;
 - Verificar os sistemas de amortecimento: motor – chassis, suspensão, cabine.

4.3 BANCO DE DADOS DE VIBRAÇÃO DE EQUIPAMENTOS MÓVEIS

Existe uma outra forma de avaliar os riscos de exposição à vibração de corpo inteiro de operadores em equipamentos móveis com base em dados de vibração disponíveis na internet para equipamentos móveis. Podemos citar como exemplos os seguintes sites:

- o <http://www.ispesl.it/vibrationdatabase/> (Banco de dados de vibração de equipamentos móveis da Itália ISPEL - Vibrations Database);
- o <http://www.vibration.db.umu.se/HkvSok.aspx?lang=en> (Banco de dados de vibração de equipamentos móveis Suécia - Vibrations Database);

Neste trabalho utilizamos o ISPEL – Vibrations Database que possui dados de vibração em situações operacionais de equipamentos móveis declarados pelos fabricantes com base em ensaios normalizados (CE).

Na fase de antecipação do processo de gestão de riscos ocupacionais, estes bancos de dados de vibração podem ser utilizados para fazer parte dos critérios técnicos de avaliação de custo benefício para aquisição de novos equipamentos

moveis como robustez, vida útil e capacidade. Porque a exposição ao agente vibração também implicam em custos para controle da exposição (CUNHA, 2006).

Para fins de comparação, levantamos os dados de vibração no banco de dados do ISPEL de equipamentos similares ao Trator de Esteira modelo Caterpillar D6T e Pá Carregadeira modelo Caterpillar 988H. As figuras 7 e 8 mostram os resultados e características deste levantamento.

Os dados utilizados para comparação do equipamento Pá Carregadeira do banco de dados de vibração foi o Caterpillar 988F, porque foi o modelo mais similar encontrado. O modelo Caterpillar 988H deste equipamento é uma versão mais recente.



Figura 6 – Dados de vibração e características do Trator de Esteira Modelo Caterpillar D6T

Fonte: Adaptado de ISPEL

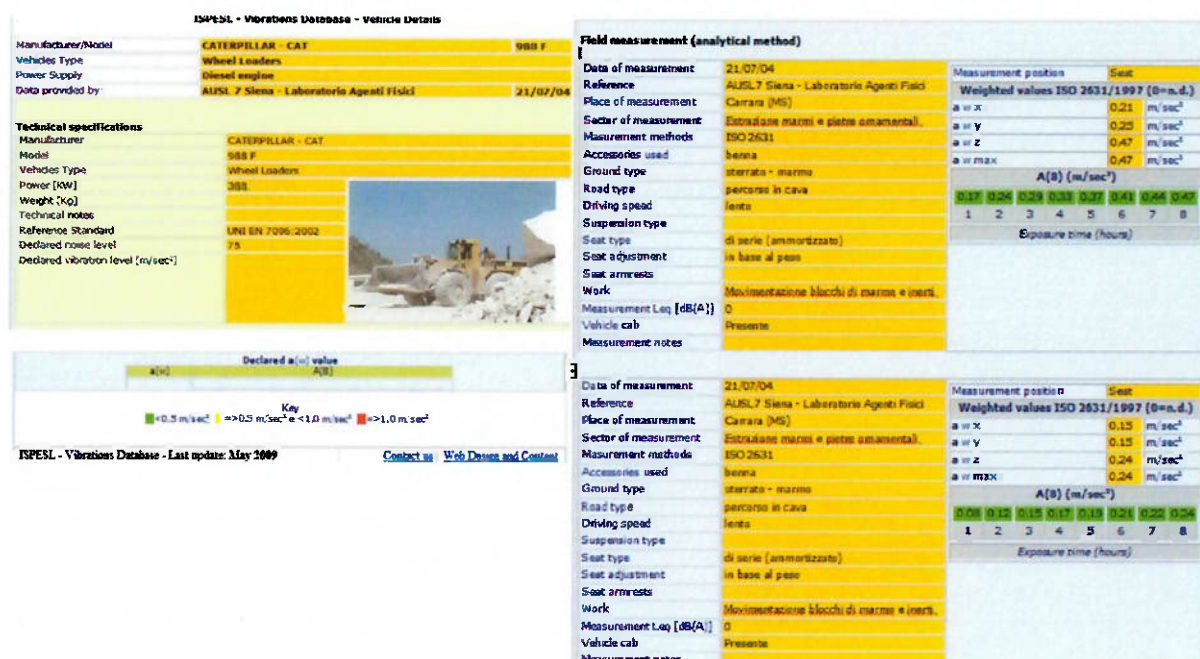


Figura 7 – Dados de vibração e características da Pá Carregadeira modelo Caterpillar 988F

Fonte: Adaptado de ISPESL

Comparando os dados de medição de vibração com os dados do banco de dados conclui-se por cada equipamento móvel avaliado:

- Trator de Esteira Modelo Caterpillar D6T: os operadores avaliados deste equipamento levaram respectivamente cerca de 4 a 7 horas de exposição para atingirem o valor do limite de exposição, enquanto que o dado do banco de dados de vibração do ISPESL sugere que o tempo para atingir o limite de exposição é a partir de 5 horas de exposição. Logo, concluiu-se que as medições estão dentro do esperado com base nos valores declarados pelo fabricante ao ISPESL.
- Pá Carregadeira modelo Caterpillar 988F: o único operador avaliado deste equipamento levou cerca de 6 horas de exposição para atingir o valor do limite de exposição, enquanto que os dados do banco de dados de vibração do ISPESL sugerem que o limite de exposição não é atingido com 8 horas de exposição em ambos os casos. Logo, concluiu-se que esta diferença pode ser atribuída a fatores como diferenças entre as condições do terreno onde estes equipamentos foram avaliados, bem como outros fatores que foram tratados em maiores detalhes no item 4.2. De qualquer forma, a diferença encontrada é muito grande recomenda-se

uma maior investigação deste caso por meio de uma nova avaliação de vibração deste equipamento, principalmente pelo fato do mesmo no momento da avaliação ser novo.

4.4 RECOMENDAÇÕES GERAIS PARA CONTROLE DOS RISCOS DE VIBRAÇÃO

4.4.1 Orientações preventivas básicas

A medição da vibração de corpo inteiro é realizada com medidores de vibração que levam em conta o ponto de contato entre o elemento vibrante e o corpo (empunhadura, assento ou piso). Os valores encontrados são comparados com base nos dispostos em normas internacionais que diferenciam a vibração de mão-braço da vibração de corpo inteiro.

Para prevenir os efeitos das vibrações no corpo humano, podemos adotar medidas administrativas e técnicas.

As ações administrativas têm como objetivo a diminuição do tempo diário de exposição às vibrações e incluem ações de organização do trabalho como o estabelecimento de pausas no trabalho e revezamento dos postos de trabalho.

As ações técnicas têm como objetivo a diminuição da intensidade de vibração que é transmitida ao corpo humano, quer seja diminuindo a vibração em sua origem, quer seja evitando sua transmissão até o corpo.

▪ Redução da vibração na fonte

Normalmente consegue-se diminuir a intensidade da vibração na fabricação das ferramentas ou na sua instalação. É importante o projeto ergonômico dos assentos e empunhaduras. Em algumas circunstâncias é possível modificar uma máquina para reduzir seu nível de vibração apenas trocando a posição das partes móveis, modificando os pontos de ancoramento de fixação ou as uniões entre os elementos móveis.

▪ Isolamento de vibrações

O uso de isolantes de vibração, tais como molas ou elementos elásticos nos apoios das máquinas, massas de inércia, plataformas isoladas do solo, anéis absorventes de vibração nas empunhaduras das ferramentas, assentos montados

sobre suportes elásticos etc. São ações que, apesar de não diminuírem a vibração original, impedem que essa se transmita ao corpo, evitando danos à saúde.

- **Equipamentos de Proteção Individual**

Se não for possível reduzir a vibração transmitida ao corpo como medida de precaução suplementar, deve-se recorrer ao uso de equipamentos de proteção individual - EPI (luvas, cinturões, botas) que isolam a transmissão de vibrações. Ao selecionar estes equipamentos, deve-se levar em conta sua eficácia frente ao risco, educar os trabalhadores sobre a forma correta de uso e estabelecer programa de manutenção e substituição dos EPI.

- **Programa de avaliação de vibração**

Com o objetivo de evitar que a exposição a vibração gere danos reversíveis e irreversíveis para os trabalhadores expostos recomenda-se estabelecer um programa de avaliação de vibração nos moldes do diagrama da figura X.

PROGRAMA DE AVALIAÇÃO DE VIBRAÇÃO

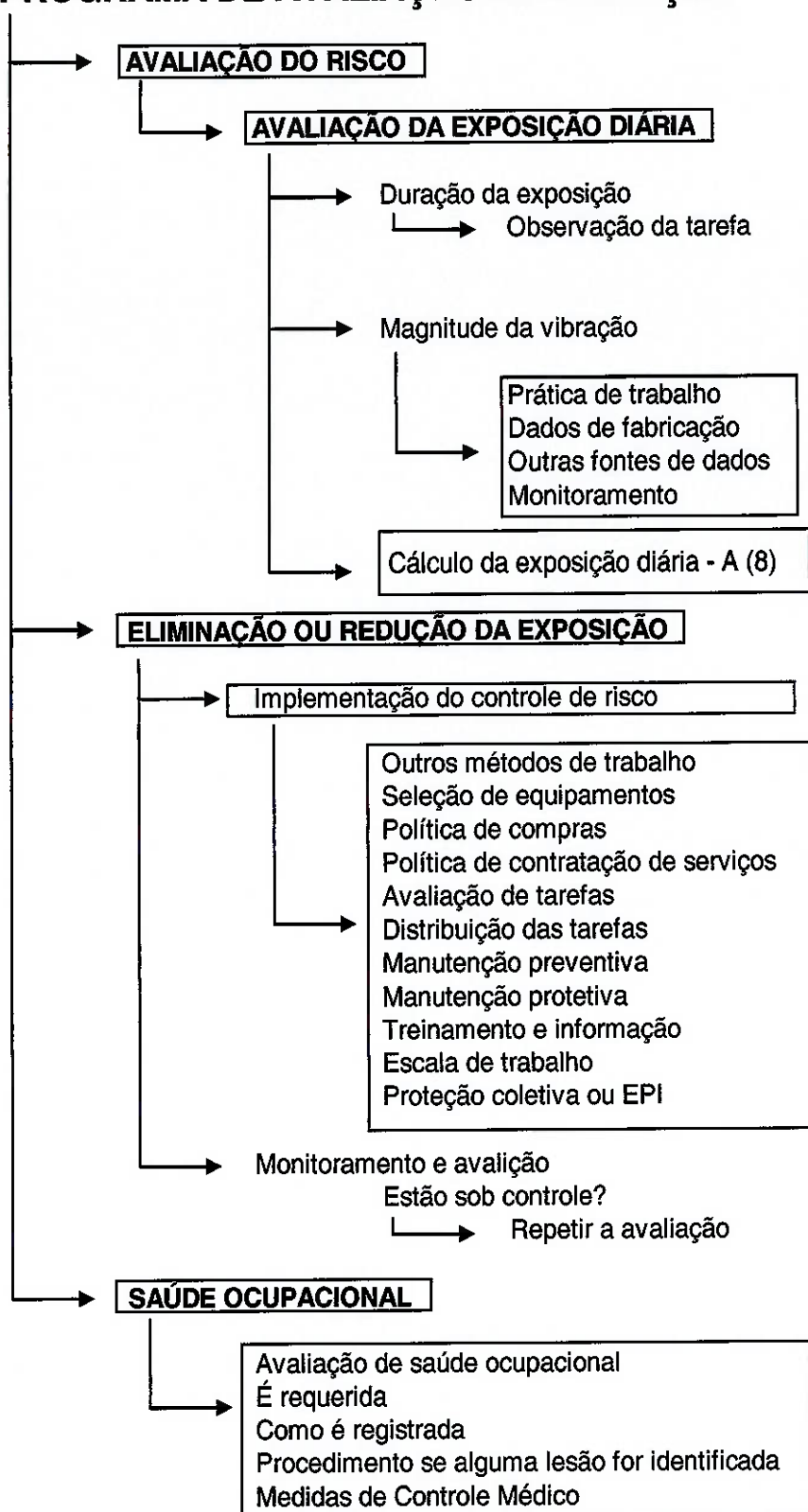


Figura 8: Programa de Avaliação de Vibração
Fonte: Elaboração própria

▪ **Outras medidas de prevenção**

É conveniente a realização anual de exames médicos específicos para conhecer o estado de saúde dos trabalhadores expostos às vibrações e, assim, atuar nos casos de maior suscetibilidade do trabalhador exposto a este agente agressor.

Assim mesmo, deve se informar aos trabalhadores sobre os níveis de vibrações aos quais estão expostos, bem como as medidas de proteção disponíveis. Também é interessante mostrar aos trabalhadores como se pode otimizar seu esforço muscular e postura para realizar seu trabalho.

4.4.2 Programa de Controle de Riscos de Vibração

Criar ou implante um programa de controle da vibração com base nas seguintes ações:

- Elabore procedimento ou check list para o ajuste o assento do operador levando em conta o seu peso e a posição da melhor eficácia de isolamento do sistema de assento.
- Forneça aos operadores o treinamento necessário para que o mesmo saiba como manter os bancos – assento e encosto devidamente ajustados para suas características biométricas.
- Determine a velocidade máxima do veículo de acordo com as condições de planicidade das pistas de deslocamento, diminuindo a vibração e choques;
- No caso de minerações onde as pistas são em solo natural, promover os meios necessários, incluindo-se avaliações e inspeções periódicas para verificar o estado de conservação, retiradas de ondulações e buracos eventualmente existentes de modo a reduzir as vibrações provocadas pelas irregularidades da pista de rolamento.
- Escolha a máquina de maneira que satisfaça a necessidade do trabalho e as condições do operador. Ou, na impossibilidade de se fazer a escolha, promova as adaptações que forem necessárias nas máquinas para permitir mais conforto ao operador reduzindo-se as vibrações. O conforto nestes casos é sinônimo de produtividade. Substitua os bancos dos equipamentos.

- Consulte e avalie antecipadamente com os operadores e fabricantes os níveis de geração de vibração antes de comprar um equipamento quando o mesmo gerar vibração excessiva para o operador.
- Consulte os manuais dos fabricantes em relação aos riscos de vibração, como reduzir os mesmos e como treinar para operar com segurança e eficazmente.
- Mantenha manutenção constante das máquinas e equipamentos bem como das estradas.
- Mantenha os sistemas de suspensão corretamente tal como a pressão dos pneus e assento de acordo com cada equipamento e finalidade.
- Substitua pneus sólidos antes deles alcançarem a expectativa de uso.

Recomendação aplicável em empilhadeiras:

- Substitua os assentos dos equipamentos quando apresentarem ineficiência.
- Promova a escala ou rodízio de operadores com redução do tempo de exposição ou do período de trabalho para os equipamentos em que as medidas a serem implantadas dependem de intervenções ou não pode ser realizado de imediato.

4.4.3 O que fazer considerando a postura

Juntamente com o Departamento de Medicina Ocupacional realizar a avaliação biométrica de todos os trabalhadores expostos ao agente físico vibração estabelecendo fatores que poderão agravar a situação. A partir destes parâmetros estabelecer critérios para seleção e admissão de operadores que possam melhor atender aos requisitos. Se necessário recomende uma dieta sadia e inclua exercícios físicos.

- Avaliar todos os equipamentos e estabelecer para os mesmos padrões de postura ergonômica, orientando e treinando os trabalhadores ou operadores para que promovam os ajustes necessários e suficientes de maneira fácil do assento para altura, inclinação do respaldo ou encosto e posição de assento em relação aos controles, comandos a acionamento de pedais.

- Definir com base em dados biométricos os “tamanhos” de operadores e/ou motorista;
- Avaliar os equipamentos quanto aos controles em relação à exigência de níveis altos de esforço muscular, enquanto estirando, enquanto apoiando ou torcendo para operá-los;
- Orientar os trabalhadores para evitar que fique muito tempo na mesma posição.
- Introduzir pausas para descanso onde for necessário.
- Introduzir ginástica ou exercícios de flexão no início de turnos, durante as pausas e até mesmo no final do expediente para manter a postura dos operadores de forma sadia.
- Utilizar sempre assentos que dê bom apoio para as nádegas, coxas e que permita regulagem de altura e afastamentos adequados em relação aos controles, alavancas e direção.

4.4.4 Gerenciando o programa de controle de risco de vibração

- Pergunte, observe e faça nova avaliação de vibração para verificar se os níveis de exposição foram reduzidos.
- Verifique se o programa de redução está sendo seguido corretamente pelos gerentes e pelos próprios empregados.
- Use dos resultados das avaliações médicas das áreas de vibração que monitora a saúde para medir a eficácia do programa.
- Faça inspeções periódicas nas áreas e nos equipamentos que geram vibrações.
- Verifique se as escalas de rodízio de empregados estão sendo seguidas.
- Verifique se as pausas estabelecidas estão sendo cumpridas.
- Verifique se a série de ginástica laboral está sendo cumprida e nos devidos horários.

4.4.5 Informação e treinamento aos empregados

- Informar as fontes de vibração que podem gerar risco para o trabalhador; Informar do risco da severidade da vibração;
- Divulgar os resultados das avaliações de risco incluindo as decisões nas quais as exposições de vibração de empregados precisam ser administradas;
- As medidas e métodos usados para controlar os riscos;
- Os métodos e medidas que podem ajudar a minimizar risco.

4.4.6 Recomendações para reduzir o nível de vibração

- Melhorando a suspensão do veículo.
- Alterando a posição do assento dentro do veículo.
- Montar no equipamento massa sísmica ou blocos para equipamentos estáticos.
- Verifique ou faça um programa de manutenção dos equipamentos.
- Use materiais e ferramentas que geram menos vibração.
- Modifique o assento e controle posições.
- Elimine posturas inadequadas devido a dificuldade de controle visual.
- Onde possível, reduza ou isole os trabalhadores da fonte de vibração.
- Utilize absorvedores de vibração entre estruturas ou entre estas e a área em que o operador permanece.
- Onde for possível use almofadas como um isolador de vibração. O mesmo pode ocorrer em relação piso, usando materiais absorvedores ou resilientes.
- Atividades em que o operador tem posto fixo e trabalha em pé proteja-o com uma borracha ou tapete específicos.
- Usar luvas antivibração ou que atenuem a vibração para os casos em que o trabalhador ficar exposto a vibrações que são direcionadas através das mãos e braços.
- Substituir as ferramentas mais antigas e que geram vibrações acima do nível de ação por ferramentas mais novas que tem incorporando em sua estrutura dispositivos de atenuação da vibração. Consultar catálogos dos fabricantes para escolher a ferramenta mais adequada.

- Avaliar o estado de manutenção das ferramentas, principalmente as que cortam, pois, parte da vibração é transmitida por falta de afiação ou desgaste excessivo de tais dispositivos.
- Sempre que for possível utilizar as ferramentas manuais engastadas através de cabos de aço ou dispositivo equivalente com contrapeso de modo que fiquem suspensas e alivie a sobrecarga do peso próprio da mesma para o operador. Este procedimento, tipo pendular, alivia em muito a transmissão da vibração, uma vez que, o esforço exercido pelo operador passa a ser apenas de conduzir a ferramenta e não mais de segura-la como um todo, já que o peso da mesma é suportada pelo contrapeso. Em linhas de montagem tais dispositivos são amplamente utilizados.

5 CONCLUSÃO

O agente vibração carece de maior divulgação junto à população trabalhadora, aos profissionais da área de segurança e saúde do trabalhador, bem como aos órgãos de proteção da saúde ocupacional, para que seus efeitos e sua prevenção sejam melhor conhecidos e aplicados. Este trabalho é direcionado para refletir uma melhora no diagnóstico da avaliação das vibrações de corpo inteiro em relação á equipamentos móveis.

No estágio atual de desenvolvimento, ainda temos ferramentas, máquinas, equipamentos e veículos concebidos sem o mínimo apelo preventivo com respeito às vibrações, submetendo trabalhadores e usuários a elevados níveis de intensidade, o que é inconcebível considerando as diversas possibilidades tecnológicas e normas associadas, além dos equipamentos de coleta de dados vibracionais.

É fundamental que haja prevenção e controle destes agentes de risco associados á vibração, os quais poderão ser implementados pelo uso de ferramentas adequadas e aspectos ergonômicos

O agente vibração de corpo inteiro é relevante para equipamentos móveis e deve ser algo de avaliações quantitativas contínuas para avaliação adequada dos riscos e para as avaliações das medidas de controle.

A elaboração de diretrizes corporativas para elaboração e implementação do programa de redução ás vibrações poderá contribuir de forma determinante e significativa para redução e controle dos riscos de exposição á vibrações de operadores de equipamentos móveis.

VIBRAÇÃO CORPO INTEIRO

ACGIH-TLV para eixo Z

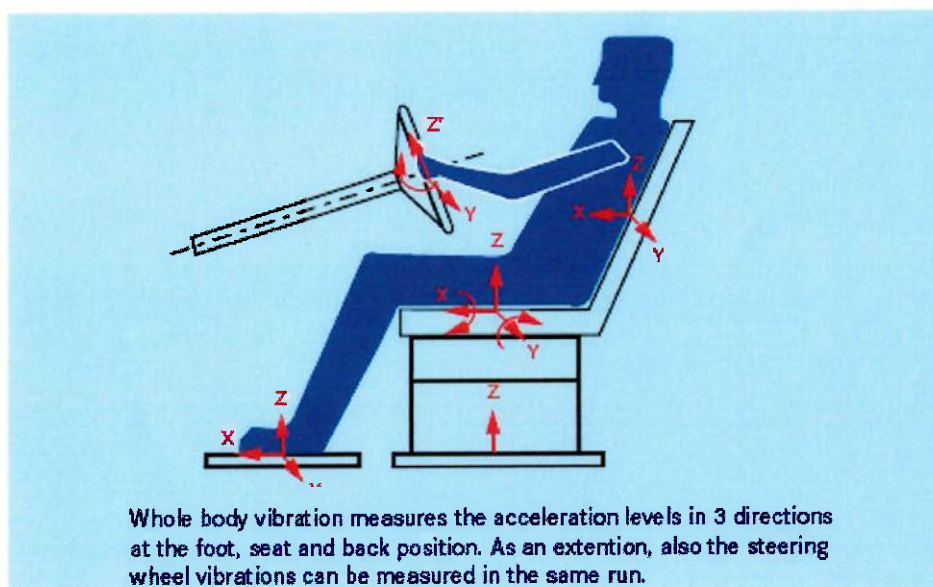
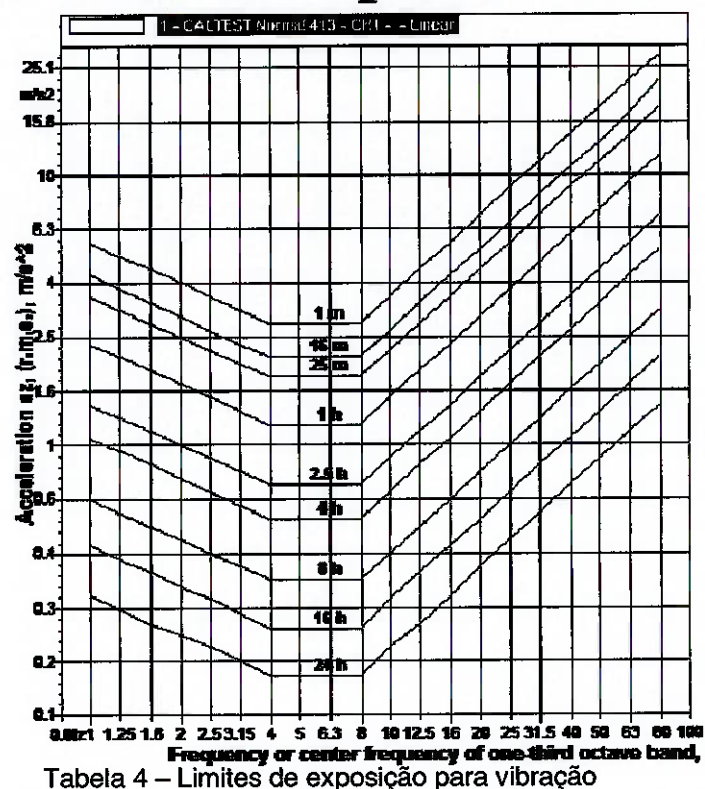


Figura 9 – Vibração corpo inteiro

REFERÊNCIAS

- BEHRENS, V; TAYLOR, W; WASSERMAN, D. **Vibration syndrome in workers using pneumatic chipping and grinding tools**. In: *Vibration Effects on the Hand and Arm in Industry*. New York: Wiley, 1982: 47- 56.
- BURDORF, A; HULSHOF, CTJ. **Effects of exposure to whole-body vibration on low back pain and its consequences for sickness absence and associated work disability**. In: *Proceedings of the 3rd International Conference on Whole-Body Vibration Injuries*. Nancy: INRS / NIWL; 2005. p. 3-4.
- CUNHA, IRLON DE ANGELO DA. **Exposição ocupacional à vibração em mãos e braços em marmorarias no município de São Paulo: proposição de procedimento alternativo de medição** – ed.rev. – São Paulo, 2006.
- EUROPEAN COMMISSION, 2002. **Directive 2002/44/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibration)**. Official Journal of the European Communities, L177/13.
- GRIFFIN, M.J. **Handbook of human vibration**. London: Elsevier; 2004.
- HAGBERG, M et al. **Perspective versus retrospective incidence of Raynaud's phenomenon and the relation to vibration exposure**. In: *Proceedings of the 10th International Conference on Hand Arm Vibration*. Las Vegas: University of Nevada; 2004. p. 33-4.
- MACEDO, R. **Manual de higiene do trabalho na indústria**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian; 1988.
- MANSFIELD, NJ. **Human response to vibration**. Boca Raton: CRC Press; 2005.
- PELMEAR, P.L.; WASSERMAN, D.E. **Hand-arm vibration – A comprehensive guide for occupational health professionals**. 2th ed. Massachusetts: OEM Press; 1998.
- RAMAZZINI, B. **As doenças dos trabalhadores**. São Paulo: Fundacentro; 1992.
- TAYLOR, W; et al **Effects of the airhammer on the hands of stonecutters**. The limestone quarries of Bedford, Indiana, revisited. *Br J Ind Med* 1984; 41:289-295.
- USP (2008A) – Apostila Agentes Físicos I. eHO02. Programa de Educação Continuada. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo. 5^a Ed. 2008.
- VALE (2010A)**. Disponível em:
<http://www.vale.com/vale/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=347>.

VALE (2010B) Relatório de Manutenção de Equipamentos Móveis Mineração Onça Puma, Abril 2010.

VALE (2008) Programa de Gerenciamento de Risco Mineração Onça Puma, Novembro 2008.

WASSERMAN, D et al. Vibration white finger disease in U.S. workers using chipping and grinding hand-tools. Vol. I. Epidemiology. Cincinnati, Ohio: National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS/NIOSH Publication Nº 82-118, 1982.

ISO 2631-1.1:1997. International Standard. Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration. International Standards Office, Geneva.

ISO 8041:1990. International Standard. Resposta humana à vibração — Instrumentação de medição. International Standards Office, Geneva.

ISO 5349-1:1986. International Standard. Vibração mecânica — Medição e avaliação da exposição humana à vibração transmitida para a mão — Parte 1: Requisitos gerais .

NR 15. Norma Brasileira Regulamentadora n. 15 – Atividades e Operações Insalubres.

VENDRAME, ANTONIO CARLOS. Disponível em:
<http://www.vendrame.com.br/novo/artigos.html>



Pá Carregadeira

Modelo: Caterpillar - 966 H

Motor: Cat C11 ACERT – 262 hp

Capacidade: 8 t

Quantidade: 5



Trator de Esteira

Modelo: Caterpillar - D6 T

Motor: Cat C9 ACERT - 185 hp

Quantidade: 3



Wheel Loader

Model: Caterpillar - 988 H

Engine: C18 MEUI ACERT– 475 hp

Capacity: 12,5 t

Quantity: 4



Perfuratriz

Modelo: Atlas Copco ECM660

Hole Range: 3" – 4.1/2"

Hole Depy: 82"

Quantidade: 1

ANEXO 1 – Ilustração dos Equipamentos Móveis avaliados



Trator de Esteira

Modelo: Caterpillar - D9 T

Motor: Cat C18 ACERT - 410 hp

Quantidade: 10



Caminhão Rígido

Modelo: Scania - P 420

Motor: 420 hp @ 1.900 rpm

Torque: 204 kgfm @ 1.200 rpm

Quantidade: 22



Escavadeira Hidráulica

Modelo: Caterpillar - 365 CL

Motor: Cat C15 ATAAC - 404 hp

Capacidade: 4,5 m³

Quantidade: 6



Motoniveladora

Modelo: Caterpillar - 12 H

Motor: Cat C9 ETA - 165 hp

Quantidade: 9