

Guia RELACRE

23

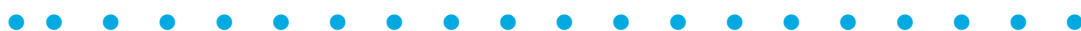
GUIA DE BOAS PRÁTICAS DE MEDIÇÃO



DE VIBRAÇÕES



EXPOSIÇÃO DOS TRABALHADORES



ÀS VIBRAÇÕES





FICHA TÉCNICA


TÍTULO:

Guia RELACRE 23

boas práticas de medição de vibrações -
Exposição dos trabalhadores às vibrações

EDIÇÃO: RELACRE

ISBN: 978-972-8574-19-2



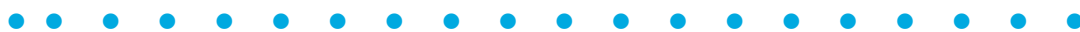
Guia RELACRE 23

EDIÇÃO: JUNHO 2014

GUIA DE BOAS PRÁTICAS DE MEDIÇÃO



DE VIBRAÇÕES




EXPOSIÇÃO DOS TRABALHADORES



ÀS VIBRAÇÕES





A presente edição foi elaborada pelo Grupo de Trabalho
da Comissão Técnica Relacre CTR
“Vibrações”

O conteúdo é da responsabilidade dos que colaboraram na
sua elaboração.

É intenção da RELACRE proceder à revisão deste documento
sempre que se revele oportuno.

Na elaboração da presente edição colaboraram:

Fátima Inglês (coordenadora)

Mário Mateus ADAI

Francisco Silva CTCV

Clotilde Lages


Jorge Fradique DRE-LVT

Ana Sara Macedo EAPS

Ricardo Fonseca

Paula Neves INSA (Porto)

Paulo Silva Versegura



ÍNDICE

1 OBJETIVO E ÂMBITO	1
2 DEFINIÇÕES	1
3 REFERÊNCIAS	1
4 PREPARAÇÃO PARA O ENSAIO	2
4.1 Vibrações transmitidas ao sistema mão-braço	3
4.1.1 Características das operações a medir	4
4.1.2 Organização das medições	5
4.1.3 Duração das medições	7
4.1.4 Estimativa do tempo de exposição	8
4.2 Vibrações transmitidas ao sistema corpo inteiro	9
4.2.1 Características das operações a medir	10
4.2.2 Organização das medições	11
4.2.3 Duração das medições	12
4.2.4 Estimativa do tempo de exposição	13
5 MEDIÇÃO EM CAMPO	14
5.1 INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO	14
5.1.1 Critérios de aceitação e periodicidade de calibração	14
5.2 SISTEMA MÃO-BRAÇO	15
5.2.1 Parametrização do Sistema de Medição	15
5.2.2 Verificação da cadeia de medição	16
5.2.3 Fixação do acelerómetro na medição	17
5.2.4 Fixação do cabo	20
5.2.5 Orientação do acelerómetro em medições no sistema Mão-braço	20
5.2.6 Informações a incluir no relatório	23
5.3 Sistema Corpo Inteiro	25
5.3.1 Parametrização do Sistema de Medição	25
5.3.2 Verificações intermédias	26
5.3.3 Fixação do acelerómetro na medição	26
5.3.4 Fixação do cabo	26
5.3.5 Orientação do acelerómetro em medições no sistema Corpo inteiro	27
5.3.6 Informações a incluir no relatório	27
5.4 Validação das Medições	29

1 OBJETIVO E ÂMBITO

O presente Guia fornece orientações para a realização da Avaliação da Exposição dos trabalhadores às vibrações transmitidas ao sistema corpo inteiro e ao sistema mão-braço.

2 DEFINIÇÕES

Repetibilidade:

Entende-se por condições de repetibilidade a realização de medições com o mesmo operador, a mesma máquina/ferramenta, a trabalhar o mesmo tipo de material e no desempenho da mesma tarefa. No caso da condução de máquinas devem ser utilizados percursos semelhantes, representativos da actividade habitual.

Verificação:

Entende-se por verificação da cadeia de medição a avaliação do desempenho da mesma, face ao critério de aceitação.

3 REFERÊNCIAS

NP ISO 2631-1:2007 “Vibrações mecânicas e choque. Avaliação da exposição do corpo inteiro a vibrações. Parte 1: Requisitos gerais.”

NP EN ISO 5349-1:2009 “Vibrações mecânicas. Medição e avaliação da exposição dos indivíduos às vibrações transmitidas pelo sistema mão-braço. Parte 1: Requisitos gerais (ISO 5349-1:2001)”

EN ISO 5349-2:2001. “Mechanical vibration – Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration - Part 2: Practical guidance for measurement at the workplace.”

ISO 5348:1998. Mechanical vibration and shock -- Mechanical mounting of accelerometers

EN 14253:2003+A1:2007 “Mechanical vibration – Measurement and calculation of occupational exposure to whole-body vibration with reference to health – Practical guidance”

EN ISO 8041:2005. Human response to vibration. Measuring instrumentation (ISO 8041:2005)

Decreto-Lei 46/2006 de 24 de Fevereiro

EU Good Practice Guide WBV v6.7

EU Good Practice Guide HAV v7.7

Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con las vibraciones mecánicas, INSHT, 2008

Guia Relacre 21 Exposição dos trabalhadores às vibrações. Apontamentos sobre estimativa das incertezas de medição, Edição de Setembro/2008

4 PREPARAÇÃO PARA O ENSAIO

O objetivo da medição é determinar quantitativamente, mediante instrumentos de medição adequados, a amplitude das vibrações a que estão expostos os trabalhadores. Para a avaliação da exposição às vibrações deverá assegurar-se que as medições sejam representativas da exposição do trabalhador, para o que devem selecionar-se de forma adequada as operações de trabalho a caracterizar e os tempos de medição correspondentes.

As tarefas que se realizam num posto de trabalho compreendem uma série de operações, que podem repetir-se ao longo de um dia de trabalho. A exposição às vibrações pode variar consideravelmente de uma operação para outra, devido ao uso de diferentes ferramentas ou a diferentes modos de operação de cada uma destas máquinas.

A avaliação da exposição às vibrações através de medição consta das seguintes etapas:

- a) Identificação das operações individuais que constituem o modo normal de trabalho.
- b) Organização das operações a medir.
- c) Medição da vibração para cada operação selecionada.
- d) Estimativa do tempo de exposição diária representativo de cada operação identificada.

4.1 VIBRAÇÕES TRANSMITIDAS AO SISTEMA MÃO-BRAÇO

As medições de vibrações devem seguir os critérios estabelecidos no Decreto-lei n.º 46/2006, de 24 de Fevereiro, e nas normas NP EN ISO 5349-1:2009 “Vibrações mecânicas.

Medição e avaliação da exposição dos indivíduos às vibrações transmitidas pelo sistema mão-braço. Parte 1: Requisitos gerais” e EN ISO 5349-2:2001. “Mechanical vibration – Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration - Part 2: Practical guidance for measurement at the workplace.”

As medições devem efetuar-se segundo os três eixos de referência (x,y,z) do sistema de coordenadas ortogonal definido na figura 1. Desta forma, para cada um dos três eixos de referência obtém-se o valor eficaz de aceleração ponderada em frequência (a_{hw_x} , a_{hw_y} , a_{hw_z}) e a partir destes determina-se o valor total da vibração através da seguinte expressão:

$$a_{hv} = \sqrt{(a_{hw_x})^2 + (a_{hw_y})^2 + (a_{hw_z})^2}$$

A colocação do acelerómetro triaxial deve ser feita com especial cuidado, de forma a respeitar a orientação dos eixos de coordenadas.

Quando se trate de ferramentas que se utilizam com as duas mãos, as medições devem ser efetuadas para cada uma das mãos e o valor da avaliação corresponderá ao valor mais elevado (já com a incerteza incluída).

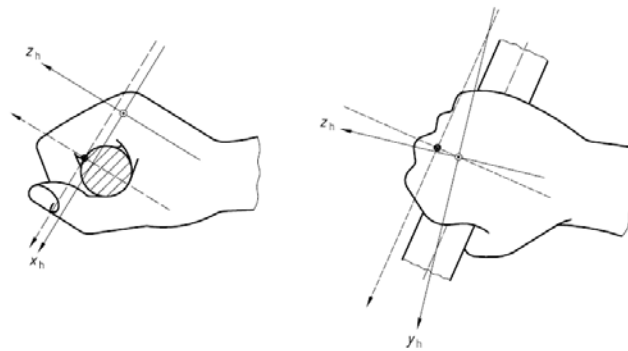


Figura 1 – Sistema de coordenadas Basicêntrico (-----) e Biodinâmico (_____)

Observe-se que a direção dos eixos é definida em relação ao conjunto mão-ferramenta e não apenas em relação à ferramenta.

Para avaliar a exposição diária às vibrações é necessário, em primeiro lugar, identificar as operações que podem contribuir significativamente para a exposição e, para cada uma delas, decidir o método de medição mais apropriado, o qual dependerá do tipo de operação e das características ambientais, bem como da duração das mesmas. Para cada uma das operações ou tarefas identificadas será obtido um valor representativo da amplitude das vibrações.

4.1.1 CARACTERÍSTICAS DAS OPERAÇÕES A MEDIR

Para cada uma das operações em que se pretenda medir o nível de vibrações a que está exposto um trabalhador, é necessário identificar:

- a) As fontes de exposição às vibrações (ou seja, as máquinas e ferramentas que se utilizam);
- b) Os modos de funcionamento de cada ferramenta, por exemplo: uma motosserra pode funcionar em vazio, a plena carga quando se corta um tronco, ou a um valor inferior quando se cortam ramagens;

- c) As mudanças nas condições de funcionamento que possam afetar a exposição às vibrações, por exemplo: um martelo pneumático pode começar por ser utilizado numa superfície dura (uma estrada) e a seguir passar para uma superfície mais macia (debaixo do asfalto);
- d) As ferramentas colocadas que afetem a exposição às vibrações, por exemplo: uma lixadora manual pode usar-se com diferentes folhas abrasivas, de grão mais fino ou mais grosso;
- e) A informação por parte dos trabalhadores e seus supervisores sobre as situações de trabalho nas quais se podem produzir maiores níveis de vibração;
- f) A informação obtida a partir de uma avaliação de riscos previamente realizada.

4.1.2 ORGANIZAÇÃO DAS MEDIÇÕES

A norma EN ISO 5349:2 (ponto 5.3 e Anexo E) estabelece quatro formas de organizar a medição em função das características da operação:

- a) Medições de longa duração na operação de equipamentos com funcionamento contínuo.

Podem fazer-se quando o equipamento trabalha continuamente ao longo de um período de tempo prolongado durante o qual a mão está sempre em contacto com a ferramenta ou peça vibrante. São exemplos deste caso, os trabalhos efectuado com compactador de pavimento, com vibradores de betão ou com cortadores de relva.

É o caso mais simples uma vez que permite efetuar as medições durante intervalos de tempo longos que proporcionarão valores representativos da vibração.

Nesta situação, o tempo de exposição coincide com o tempo durante o qual o equipamento é utilizado.

b) Medição de longa duração na operação de equipamentos com funcionamento intermitente.

Neste caso, o equipamento não funciona continuamente, ocorrendo pausas de curta duração, durante as quais a mão não perde o contacto com o equipamento vibrante. Este é o caso da operação com polidoras, com cortadoras de pavimento, etc.

As medições devem ser feitas durante um período representativo do uso normal da ferramenta, que neste caso inclui as curtas pausas na operação, já que fazem parte do processo normal de trabalho e que o operador não perde o contacto com a ferramenta nem altera significativamente a posição das suas mãos.

O tempo de exposição corresponde ao tempo de utilização do equipamento, incluindo as pausas na operação.

c) Medição de curta duração na operação de equipamentos com funcionamento intermitente.

Este é o caso das operações com equipamentos que não funcionam continuamente porque existem pausas durante a operação ou porque as mãos do trabalhador deixam de ter contacto com a ferramenta. São exemplos representativos deste modo de operação os trabalhos com motosserras ou martelos pneumáticos e alguns trabalhos com rebarbadoras.

Nestes casos deverão fazer-se medições de curta duração ao longo de um período de funcionamento contínuo.

Para o tempo de exposição não serão contabilizados os períodos de pausa nem os períodos em que as mãos do trabalhador deixam de ter contacto com o equipamento. Assim, o tempo de exposição coincide com o tempo de funcionamento do equipamento.

d) Medições de duração fixa no manuseamento de equipamentos que produzem impactos ou choques.

A utilização de algumas ferramentas envolve a exposição a choques ou impactos esporádicos ou repetidos com longos períodos de interrupção entre cada um deles. Esta situação ocorre, por exemplo, na utilização de chaves de impacto. Neste caso, será adequado realizar medições de duração fixa, que incluam um número conhecido de impactos.

O tempo de exposição é obtido pela multiplicação da duração fixa da medição pelo número de impactos por dia e dividindo o resultado pelo número de impactos do período de medição:

$$T = \frac{\text{n.º de impactos por dia}}{\text{n.º de impactos no período de medição}} \times \text{duração da medição}$$

4.1.3 DURAÇÃO DAS MEDIÇÕES

Deve ser obtida uma série de amostras, considerando-se a sua média como representativa das condições reais de exposição.

O valor médio da amplitude de vibração de uma série de N amostras é dado por:

$$a_{hw} = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{j=1}^N a_{hwj}^2 t_j}$$

onde:

a_{hwj} representa o valor da aceleração da amostra *j*;

t_j é a duração da medição da amostra *j*.

$$T = \sum_{j=1}^N t_j$$

A duração mínima aceitável depende das características do sinal (variabilidade, duração, etc.), do equipamento e do tipo de operação. O tempo total de medição (ou seja, o número de amostras multiplicado pela sua duração) deve ser de pelo menos 1 minuto, compreendendo no mínimo três amostras para cada operação.

É preferível ter várias amostras de curta duração do que uma única amostra de longa duração. As medições de muito curta duração são pouco fiáveis e devem ser evitadas. Em medições de muito curta duração é recomendável efetuar mais do que três amostras, de modo a garantir um tempo total de amostragem superior a 1 minuto.

Sempre que não seja possível realizar as medições durante um minuto pode ser utilizado um procedimento em que as condições de trabalho sejam simuladas, para se poder obter a duração mínima de medição.

4.1.4 ESTIMATIVA DO TEMPO DE EXPOSIÇÃO

A duração diária da exposição, correspondente a cada operação ou ciclo, pode obter-se a partir de:

- a) Medição do tempo de exposição durante uma operação ou um ciclo de trabalho, e
- b) informação sobre o número de operações ou ciclos de trabalho por dia.

A duração total diária da exposição obtém-se a partir da soma dos tempos de exposição das diferentes operações ou ciclos de trabalho.

Para determinar quanto tempo e a que fonte um operador está exposto às vibrações, durante um período de tempo especificado, podem-se usar várias técnicas como a análise de registos em vídeo, cronometragem ou amostragem da atividade.

A principal fonte de informação para determinar a rotina de trabalho são registos das tarefas realizadas.

Uma vez feita a média das vibrações durante um ciclo de trabalho completo, o tempo de exposição diário obtém-se multiplicando a duração desse ciclo de trabalho pelo número de ciclos por dia.

Se se mede exclusivamente durante o contacto da mão com a ferramenta e quando se trate de medições de curta duração relativas a operações intermitentes, é necessário avaliar o tempo de contacto diário.

A indicação ou validação dos tempos de exposição é da responsabilidade da entidade empregadora. O laboratório deverá prestar esclarecimentos sobre o que deve ser entendido como “tempo de exposição” em cada caso particular.

4.2 VIBRAÇÕES TRANSMITIDAS AO SISTEMA CORPO INTEIRO

As medições de vibrações devem seguir os critérios estabelecidos no Decreto-lei n.º 46/2006, de 24 de Fevereiro e nas normas NP ISO 2631-1:2007 “Vibrações mecânicas e choque. Avaliação da exposição do corpo inteiro a vibrações. Parte 1: Requisitos gerais.” e EN 14253:2003+A1:2007 “Mechanical vibration – Measurement and calculation of occupational exposure to whole-body vibration with reference to health – Practical guidance”.

As medições devem efetuar-se segundo os três eixos de referência (x, y, z) do sistema de coordenadas ortogonal, definido na figura 2, correspondente à postura a avaliar (sentado ou de pé). O valor da aceleração eficaz ponderada em frequência é determinado para cada um dos três eixos de referência (a_{wx} , a_{wy} , a_{wz}) e a partir destes realiza-se a avaliação, correspondendo esta ao valor mais elevado dos resultados obtidos, de acordo com a expressão:

$$a_w = \max[1,4a_{wx}, 1,4a_{wy}, a_{wz}]$$

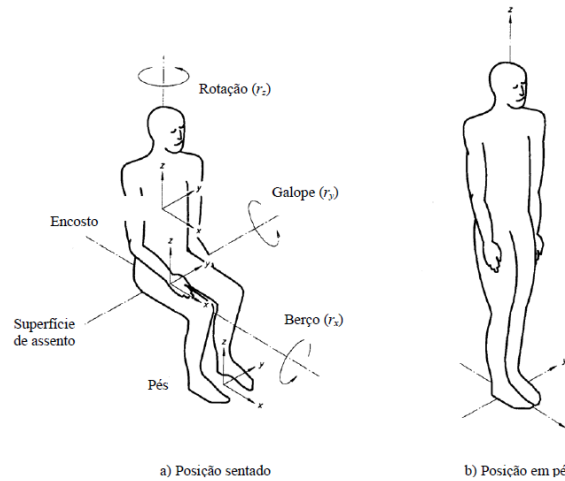


Figura 2 – Direção dos eixos

A exposição das vibrações do sistema corpo inteiro pode variar substancialmente de operação para operação, devido ao uso de diferentes tipos de veículos, à condução em diferentes pavimentos, à velocidade de condução, às diferenças entre as operações a realizar, etc.

Antes de realizar medições é necessário determinar o “perfil de exposição”. Devem ser identificadas a natureza e a localização de cada operação, bem como o tempo de exposição às vibrações que lhe está associado, com vista a identificar as operações que mais contribuem para o valor global de A(8) e definir as condições em que se devem efetuar as medições.

4.2.1 CARACTERÍSTICAS DAS OPERAÇÕES A MEDIR

Para cada uma das operações em que se pretenda medir o nível de vibrações a que está exposto um trabalhador, é necessário identificar:

a) As características da máquina utilizada (p. ex.: marca, modelo, idade, pressão dos pneus, regime de funcionamento, etc.);

- b) As operações que o equipamento efetua (p. ex.: caminhão com caixa basculante "dumper" a realizar atividades de carga e descarga);
- c) A natureza do pavimento (p. ex.: com ou sem asfalto);
- d) O estado de conservação, a posição e as características do assento (p. ex.: com suspensão vertical);
- e) O tipo de vibração (contínua, intermitente, impacto), a sua direção predominante e a sua origem;
- f) O número de vezes que se realiza a operação ou o ciclo de trabalho por dia;
- g) A duração média diária da operação ou do ciclo de trabalho.

4.2.2 ORGANIZAÇÃO DAS MEDIÇÕES

As medições serão organizadas de diferente forma dependendo do tipo de exposição às vibrações. É possível distinguir dois tipos de exposição conforme se trate de operações de longa ou curta duração.

1. se o trabalho consiste em operações de longa duração ininterrupta podem-se contemplar duas situações:

- Operações estacionárias, como seja conduzir um veículo sobre uma estrada sem grandes variações de velocidade, onde se realizarão medições sobre uma parte ou uma operação completa, podendo esta incluir curtas interrupções devidas a paragens por exigências do trabalho.

- Operações contínuas não estacionárias, ou seja os níveis de vibração mudam com o tempo.

Pode-se obter o “perfil de exposição” agrupando períodos de vibração substancialmente diferentes que sejam estatisticamente estacionários. Exemplo disto seria agrupar por diferentes tipos de vias (urbanas, rurais, auto-estradas).

2. se o trabalho consiste em operações de curta duração bem definidas às quais estão associadas diferentes amplitudes de vibração (carga e descarga de uma escavadora) deverão ser efetuadas medições para cada uma das operações e o resultado obtém-se a partir da combinação destas.

4.2.3 DURAÇÃO DAS MEDIÇÕES

É importante estabelecer o número de medições a realizar, no mínimo de três, e a sua duração para que se possam obter valores representativos da exposição às vibrações durante as 8 horas de trabalho:

1. Operações longas e ininterruptas – recomenda-se realizar um número N de medições, de pelo menos 3 minutos cada;
2. Operações de curta duração que se repitam ciclicamente ao longo de uma jornada - cada medição abrangerá um ciclo completo (maior que três minutos), tendo em conta que o número de ciclos de trabalho sobre os quais são efetuadas medições deve ser suficiente para que o valor obtido a partir deles seja representativo do valor da exposição diária;
3. Inexistência de ciclos - as medições incidirão sobre cada uma das operações. Caso estas tenham uma duração inferior a três minutos podem ser repetidas de forma a perfazer este período ou pode simular-se a operação para conseguir obter amostras com esta duração.

O cálculo será realizado separadamente para cada um dos três eixos do sistema de coordenadas. A amplitude da aceleração, ponderada em frequência, determina-se de acordo com a expressão:

$$a_w = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N a_{wj}^2 t_j}{T}}$$

Onde:

a_{wj} – a amplitude da aceleração na medição j

t – é a duração da dita medição

T – é a duração total das medições ou seja a soma dos t

4.2.4 ESTIMATIVA DO TEMPO DE EXPOSIÇÃO

A duração diária da exposição, correspondente a cada operação ou ciclo, pode obter-se a partir de:

- a) Medição do tempo de exposição durante uma operação ou um ciclo de trabalho, e
- b) Informação sobre o número de operações ou ciclos de trabalho por dia.

A duração total diária da exposição obtém-se a partir da soma dos tempos de exposição das diferentes operações ou ciclos de trabalho.

Para determinar quanto tempo e a que fonte um operador está exposto às vibrações, durante um período de tempo especificado, podem-se usar várias técnicas como a análise de registos em vídeo, cronometragem ou amostragem da atividade.

Os registos de trabalho são uma fonte de informação muito útil, por exemplo, o número de carros carregados e descarregados pelos empilhadores.

A indicação ou validação dos tempos de exposição é da responsabilidade da entidade empregadora. O laboratório deverá prestar esclarecimentos sobre o que deve ser entendido como “tempo de exposição” em cada caso particular.

5 MEDIÇÃO EM CAMPO

5.1 INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO

O sistema de medição de vibração deve cumprir as especificações definidas na norma EN ISO 8041:2005. Human response to vibration. Measuring instrumentation. Este sistema, bem como o respectivo calibrador, termómetro e cronómetro, devem ser objeto de calibração em entidade competente.

O quadro 1 apresenta os instrumentos de medição e os equipamentos auxiliares necessários para a realização dos ensaios:

Quadro 1 – Instrumentos de medição

Vibrações transmitidas ao sistema mão-braço	Vibrações transmitidas ao sistema corpo inteiro
Analisador de vibrações; Termómetro; Máquina fotográfica e/ou de gravação de vídeo; Cronómetro (se aplicável).	
Calibrador de vibrações; Acelerómetro triaxial mão-braço; Acessórios de fixação: abraçadeiras metálicas (tamanhos adequados às ferramentas), fitas adesivas ou material similar para fixação do cabo, adaptadores manuais.	Acelerómetro triaxial corpo inteiro; Fita adesiva adequada para fixação do acelerómetro (“bolacha”).

5.1.1 CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO E PERIODICIDADE DE CALIBRAÇÃO

A norma ISO 8041:2005 estabelece os critérios de aceitação para a calibração do sistema de medição de vibrações e para o calibrador de vibrações, que devem ser considerados.

No que respeita aos termómetros a utilizar na caracterização da temperatura, recomenda-se que seja considerado um critério de aceitação de $\pm 1^{\circ}\text{C}$. Para os cronómetros, recomenda-se um critério de aceitação máximo de 1%.

A periodicidade de calibração do sistema de medição deve ser anual, de acordo com o DL 46/2006.

A periodicidade de calibração dos restantes instrumentos de medição deve ser naturalmente definida pelo laboratório, recomendando-se no entanto um prazo inicial de 1 ano, que poderá ser posteriormente adaptado em função da tendência dos resultados obtidos.

5.2 SISTEMA MÃO-BRAÇO

Os pontos essenciais a considerar na medição em campo são os seguintes:

- ✓ Parametrização do sistema de medição;
- ✓ Verificação da cadeia de medição (antes e depois da medição);
- ✓ Análise cuidadosa da situação a medir (posição de trabalho, variantes, etc.);
- ✓ Posicionamento e fixação do acelerómetro;
- ✓ Medição das grandezas relevantes;
- ✓ Registo de informação.

5.2.1 PARAMETRIZAÇÃO DO SISTEMA DE MEDIÇÃO

O sistema de medição deve ser parametrizado considerando os seguintes itens:

- Seleção correta do transdutor;
- Amplitude dinâmica ajustada à variação da grandeza a medir;
- Resposta em frequência de acordo com curva de ponderação Wh ;
- Sensibilidades do acelerómetro triaxial;
- A grandeza medida deve corresponder ao valor eficaz da aceleração (RMS);
- A integração RMS deve ser linear.

5.2.2 VERIFICAÇÃO DA CADEIA DE MEDIÇÃO

A sensibilidade do acelerómetro em cada um dos eixos deve ser objeto de verificação antes e após as medições. Para o efeito é utilizado um calibrador de vibrações, podendo ser seguidas duas metodologias distintas:

- Leitura direta dos valores de aceleração e comparação com o valor constante no certificado de calibração do calibrador (ter em atenção a ponderação em frequência);
- Obtenção dos valores de sensibilidade do acelerómetro em modo de calibração, e comparação com os valores de referência da sensibilidade constantes dos respectivos certificados de calibração.

Recomenda-se que o critério de aceitação para a verificação inicial da cadeia de medição com o calibrador de vibrações seja, no máximo, de 4%.

Para o critério de aceitação entre a verificação inicial e final recomenda-se um valor de 1%.

Devem ser registados todos os valores obtidos nestas operações.

NOTA: Uma vez que não se efetua o ajuste da sensibilidade, este critério de aceitação deve ser aplicado à diferença entre os valores registados antes e após as medições e não diretamente ao valor da calibração final.

A fixação do acelerómetro ao calibrador de vibrações deve ser efetuada de forma rígida e independente do operador. Uma ligação aparafusada cumpre em geral este requisito.

Outros sistemas de fixação (por exemplo, cera de abelha) podem ser muito condicionados pela experiência do operador, pelas condições ambientais, pela frequência de ressonância e por outros fatores de influência.

Caso o laboratório opte por utilizar um destes outros sistemas, deve poder evidenciar estudos que demonstrem a repetibilidade e a reprodutibilidade dos resultados obtidos.

Quadro 2 - Fatores a considerar na seleção do método de fixação

	Frequência de ressonância	Temperatura	Massa do transdutor e rigidez da montagem	Factor Q de amplificação da ressonância	Importância da preparação da superfície
Aparafusado	●	●	●	●	●
Cola cianoacrilato	●	●	●	●	○
Cera de abelha	○	○	○	●	●
Legenda: ● - adequado; ○- razoável; ○- inadequado					

5.2.3 FIXAÇÃO DO ACELERÓMETRO NA MEDIÇÃO

Em regra, a fixação dos acelerómetros deve ser efetuada por meio de abraçadeiras metálicas, de modo a garantir uma ligação rígida à ferramenta a ensaiar. As abraçadeiras plásticas não permitem uma fixação adequada, não garantindo a repetibilidade e reprodutibilidade dos resultados. Deve ser evitado o uso de adaptadores de mão, com exceção dos casos em que não seja possível fixar o acelerómetro à ferramenta (por exemplo nos casos em que a ferramenta dispõe de um ponto de apoio para a mão, mas que não permite fixar o acelerómetro – ver figura)

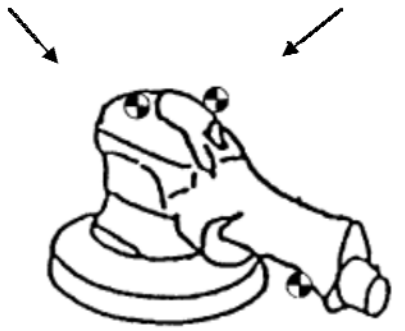


Figura 3 – Lixadeira orbital

A resposta em frequência do sistema de montagem, incluindo o adaptador, pode influenciar a medição, particularmente no caso em que a frequência de ressonância se aproxima do intervalo de frequências de interesse.

5.2.3.1 FIXAÇÃO DE ACELERÓMETROS A SUPERFÍCIES COM REVESTIMENTOS RESILIENTES

Quando a pega da ferramenta tiver um revestimento externo resiliente, as propriedades de transmissão de vibrações do revestimento vão depender da força com que o sistema de montagem é fixado. Nestes casos deve-se assegurar que a medição da vibração não é afetada pelo material resiliente. Se o revestimento não tiver como objetivo a redução da exposição às vibrações, os transdutores devem ser fixados com força suficiente para comprimir completamente o material resiliente.

Na maior parte dos casos esta abordagem será adequada. Contudo, não terá em conta as propriedades de transmissão de vibração do material resiliente.

Em geral, os materiais resilientes aplicados nas pegas das ferramentas não se destinam a reduzir a vibração mas a fornecer uma boa superfície de pega. Alguns revestimentos resilientes não afetarão a magnitude, ponderada em frequência, da vibração.

Se o revestimento resiliente puder proporcionar alguma redução da exposição às vibrações, por exemplo se for uma camada espessa de material resiliente, então o acelerómetro deve ser fixado num adaptador manual o qual será mantido pressionado contra a superfície pela mão do operador durante o funcionamento (o adaptador deve ser mantido na posição de medição utilizando fita adesiva enrolada de forma ligeira em volta da pega da ferramenta e do adaptador).

Este tipo de medição é difícil de executar mas poderá dar uma melhor indicação da exposição efetiva à vibração.

NOTA: É possível que materiais resilientes mal selecionados amplifiquem a vibração em determinadas frequências.

5.2.3.2 UTILIZAÇÃO DOS ADAPTADORES MANUAIS

Os sistemas de montagem com adaptadores manuais utilizam a força de prensão do operador para manter o adaptador e acelerómetro em posição durante a medição; contudo, o adaptador deve ser fixado à superfície de vibração, na posição de medição, com fita adesiva.



Figura 4 – Adaptadores manuais (imagens Svantek e Brüel & Kjaer)

Quadro 3 – Adaptador manual

	Vantagens	Desvantagens
Adaptador simples	Pode ser usado em casos onde uma fixação rígida não é aplicável, por exemplo, superfícies não rígidas ou resilientes	Apenas aplicável quando a mão é mantida numa posição fixa e o operador segura continuamente na pega A resposta em frequência depende da superfície do material A presença do adaptador pode alterar a operação da ferramenta e a amplitude de vibração resultante É necessária a utilização de fixação adicional (cola, por exemplo) para as medições de vibrações transversais

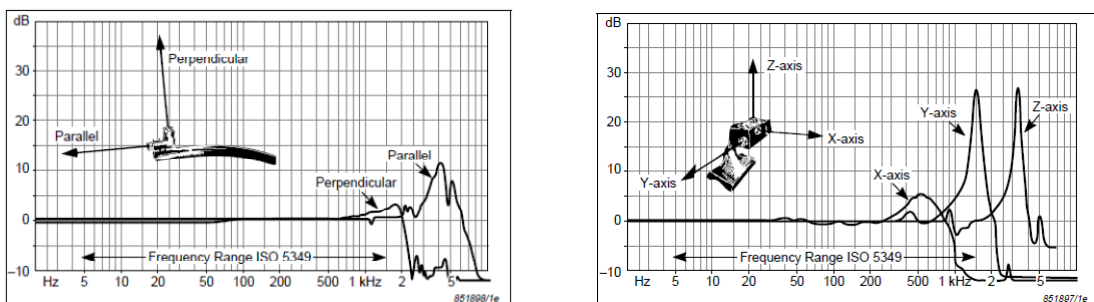


Figura 5 – Resposta em frequência típica de adaptadores manuais (imagens Brüel & Kjaer)

Alguns adaptadores manuais possuem ressonâncias em frequências dentro do intervalo de interesse. Por isso a sua utilização deve ser limitada a equipamentos com vibrações de baixa frequência, como por exemplo moto-serras.

5.2.4 FIXAÇÃO DO CABO

A fixação do cabo é uma forma de prevenir eventuais efeitos tribo-elétricos que podem influenciar os valores medidos. Assim, os cabos devem ser fixados de forma adequada à superfície em vibração ou à máquina, bem como ao trabalhador, se for o caso.

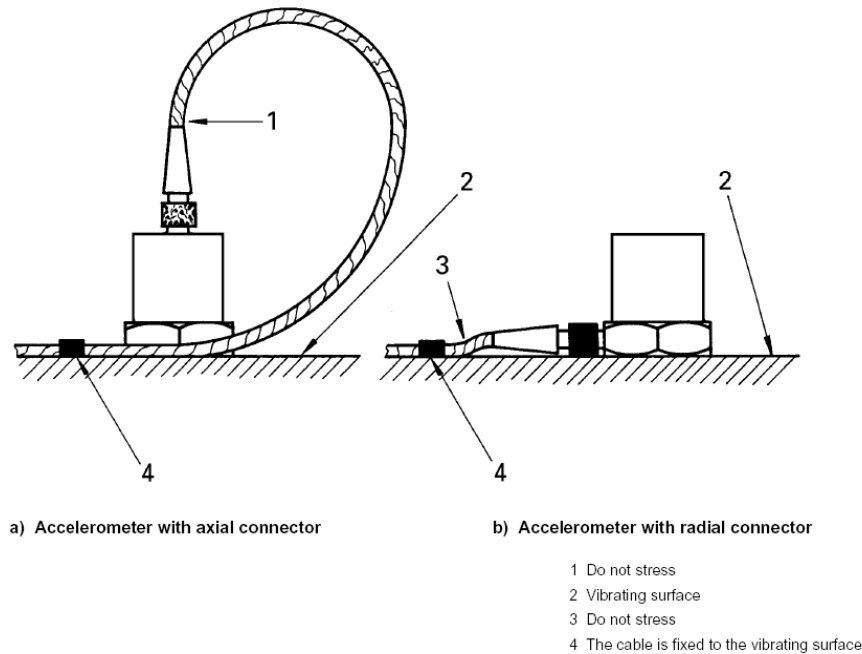


Figura 6 – Acelerómetros com ligação radial e axial

5.2.5 ORIENTAÇÃO DO ACCELERÓMETRO EM MEDIÇÕES NO SISTEMA MÃO-BRAÇO

A vibração transmitida às mãos é medida para as três direções do sistema ortogonal de coordenadas definido de acordo com a seguinte figura:

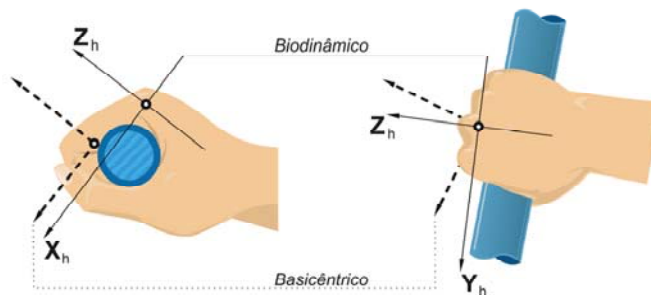


Figura 7 – Sistemas de eixos

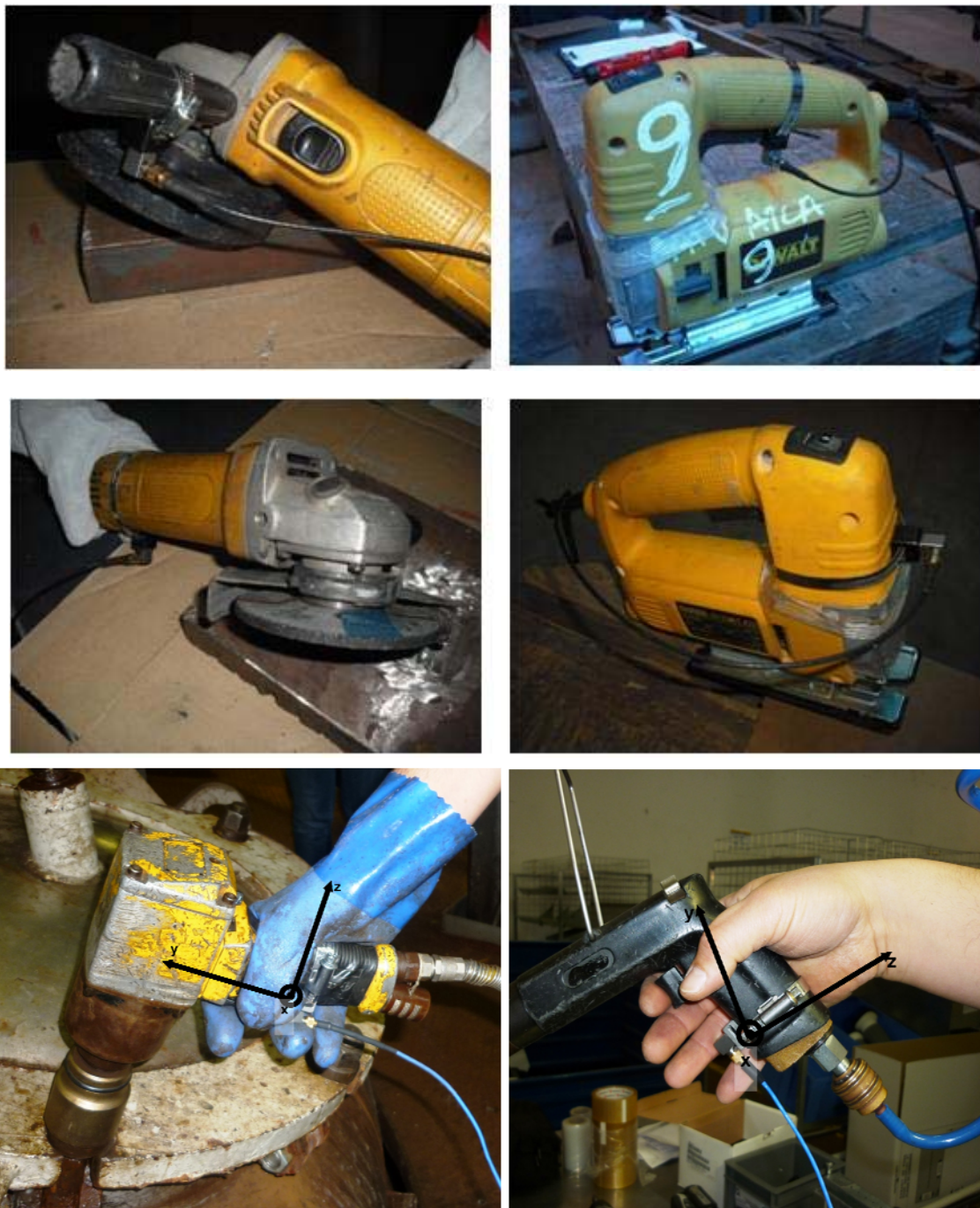


Figura 8 – Orientação dos eixos

A medição da vibração será efetuada nas três direções simultaneamente.

NOTA: As medições realizadas sequencialmente ao longo de cada eixo serão aceitáveis, desde que a condição de operação seja similar para todas as três direções.

O acelerómetro deve ser colocado no meio do punho do equipamento, muito próximo da mão do operador, preferencialmente na parte inferior e em condições reais de operação. Deve ser fixo de maneira a não influenciar o trabalho normal do operador. Antes de se posicionar e instalar o acelerómetro deve-se observar o trabalhador na forma como realiza a tarefa, nomeadamente, qual a localização da superfície de contacto com as mãos e a direção que as mãos têm durante a realização da tarefa.

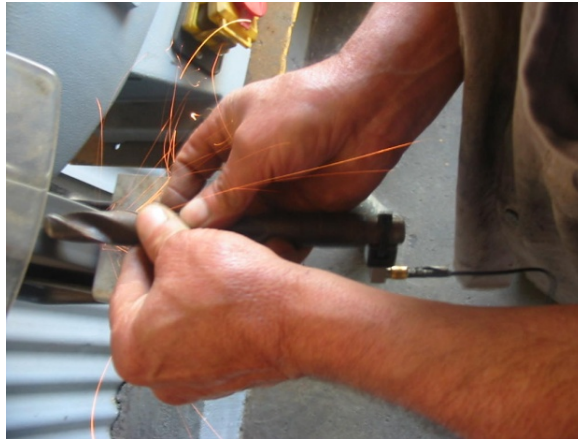


Figura 9 – Colocação do acelerómetro diretamente na peça a trabalhar

Quando o operador segura diretamente na peça a trabalhar, o acelerómetro será colocado preferencialmente na peça. Nas situações em que manifestamente tal não seja possível, então deverá optar pela seguinte sequência:

- 1º colocar o acelerómetro numa peça de material idêntico mas de maiores dimensões;
- 2º utilizar o adaptador de mão (com os cuidados já anteriormente referidos);
- 3º colocar o acelerómetro na máquina;

Na escolha do método de fixação ter em atenção os fatores referidos no quadro 2.

NOTA: Em princípio o acelerómetro não deve ser colado diretamente nos equipamentos ou superfícies de medição. Caso seja necessária a colagem, esta deve ser efetuada por meio de uma base adequada (disco metálico).

Na prática o sistema de coordenadas utilizado é o biodinâmico, geralmente no plano do YZ há uma rotação de modo que o eixo Y esteja paralelo à linha central do punho (eixo da mão do operador).

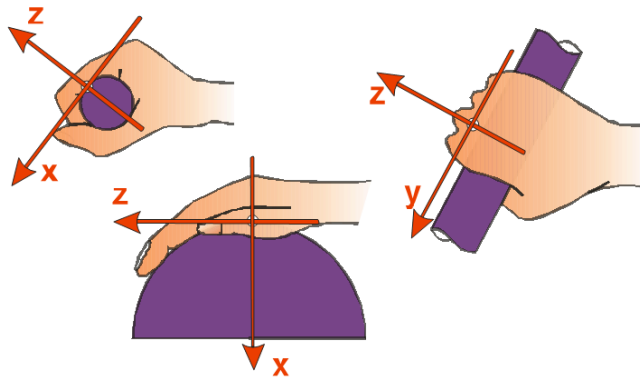


Figura 10 – Sistema de coordenadas biodinâmico

(Imagens de manual - HAV Good practice Guide V7.7 English 260506.doc)

5.2.6 INFORMAÇÕES A INCLUIR NO RELATÓRIO

O relatório deve incluir as informações seguintes:

1. Informações de carácter genérico:
 - Identificação da entidade responsável pela medição;
 - Identificação da empresa e respectiva atividade;
 - Identificação dos trabalhadores expostos às vibrações;
 - Data da medição;

2. Condições ambientais no local de trabalho:
 - Local das medições;
 - Temperatura ambiente;

3. Rotina de trabalho diário para cada tarefa analisada:

- Equipamento utilizado pelo trabalhador (tipo, modelo, potência, velocidade de rotação, ferramentas inseridas e o seu estado, etc);
- Materiais e peças trabalhadas;
- Informação sobre a duração da exposição do trabalhador;
- Equipamentos de proteção individual utilizados pelo trabalhador (luvas);

4. Sistema de medição:

- Instrumentos de medição:
 - Identificação dos instrumentos de medição utilizados;
 - Data da última calibração;

5. Condições de medição das acelerações:

- Localização e orientação dos acelerómetros, com fotografias ou representação esquemática;
- Métodos de fixação dos acelerómetros;
- Condições de operação;
- Postura do braço e posições da mão;

6. Resultados das medições:

- Valores das vibrações ponderadas em frequência segundo as direções x, y e z, para cada tarefa;
- Duração das medições;

7. Resultados da exposição diária às vibrações:

- Valores totais da vibração para cada tarefa;
- Duração da exposição às vibrações para cada tarefa;
- Exposição parcial às vibrações para cada tarefa;
- Exposição diária às vibrações;
- Estimativa da incerteza associada ao valor de exposição pessoal diária;
- Comparação com os valores legais, tendo em consideração a incerteza estimada.

Para efeitos de comparação com os valores de acção e valor limite legalmente definidos, ao valor calculado deve ser adicionado o módulo da incerteza, $y + U$, com este resultado arredondado para 1 casa decimal.

5.3 SISTEMA CORPO INTEIRO

Os pontos essenciais a considerar na medição em campo são os seguintes:

- ✓ Parametrização do sistema de medição;
- ✓ Análise cuidadosa da situação a medir (percurso, tipo de pavimento, etc.);
- ✓ Posicionamento e fixação do acelerómetro;
- ✓ Medição das grandezas relevantes;
- ✓ Registo de informação.

5.3.1 PARAMETRIZAÇÃO DO SISTEMA DE MEDIÇÃO

O sistema de medição deve ser parametrizado considerando os seguintes itens:

- Seleção correta do transdutor;
- Amplitude dinâmica ajustada à variação da grandeza a medir;
- Resposta em frequência de acordo com as curvas de ponderação W_d para as direcções x e y e W_k para a direcção z ;
- Sensibilidades do acelerómetro triaxial para a frequência de referência de 15,9 Hz;

- A grandeza medida deve corresponder ao valor eficaz da aceleração (RMS);
- A integração RMS deve ser linear;
- Como opção poderão ser colocados os fatores multiplicativos e o tempo de exposição no instrumento de medição para a determinação do $A(8)_i$.

5.3.2 VERIFICAÇÕES INTERMÉDIAS

A realização de verificações intermédias é aconselhável também no sistema de medição utilizado nas medições de vibração do corpo inteiro. Neste caso, a referência a utilizar pode ser o próprio calibrador de vibrações, embora isso implique a desmontagem da “bolacha”.

A operação de montagem deve ser realizada com especial cuidado relativamente à direção dos eixos.

No entanto, é possível utilizar uma outra fonte de vibração, não calibrada, desde que se destine exclusivamente a esta função e se garanta a sua estabilidade ao longo do tempo.

5.3.3 FIXAÇÃO DO ACELERÓMETRO NA MEDIÇÃO

A montagem do acelerómetro deve garantir a sua imobilização à superfície vibrante, o que pode ser conseguido através da fixação do adaptador (“bolacha”) com recurso a fita adesiva adequada.

5.3.4 FIXAÇÃO DO CABO

A fixação do cabo é uma forma de prevenir eventuais efeitos tribo-elétricos que podem influenciar os valores medidos. Assim, os cabos devem ser fixados de forma adequada à superfície em vibração ou à máquina.

5.3.5 ORIENTAÇÃO DO ACCELERÓMETRO EM MEDIÇÕES NO SISTEMA CORPO INTEIRO

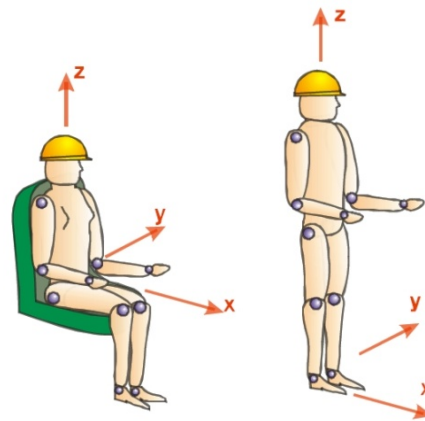


Figura 11 – Sistema de coordenadas biodinâmico

(Imagens de manual - WBV Good practice Guide V6.7 g English 20070606)

A medição da vibração será efetuada nas três direções simultaneamente. Os eixos devem ficar orientados de acordo com as figuras.

A medição deve ser realizada com o adaptador interposto entre a pessoa e as áreas de contacto da superfície.

5.3.6 INFORMAÇÕES A INCLUIR NO RELATÓRIO

O relatório deve incluir as informações seguintes:

1. Informações de carácter genérico:
 - Identificação da entidade responsável pela medição;
 - Identificação da empresa e respectiva atividade;
 - Identificação dos trabalhadores expostos às vibrações;
 - Data da medição;

2. Condições ambientais no local de trabalho:

- Local das medições;
- Temperatura ambiente;

3. Rotina de trabalho diário para cada tarefa analisada:

- Designação do local de medição;
- Posição ocupada pelo trabalhador;
- Detalhes das fontes de vibração;
- Descrição do veículo (tipo, fabricante, modelo, nº de série e ano) , se aplicável;
- Tipo de pavimento, se aplicável;
- Velocidade de circulação, se aplicável;
- Informação sobre a duração da exposição do trabalhador;
- Equipamentos de proteção individual utilizados pelo trabalhador;

4. Instrumentos de medição:

- Identificação dos instrumentos de medição utilizados;
- Data da última calibração;

5. Condições de medição das acelerações:

- Localização e orientação dos acelerómetros, com fotografias ou representação esquemática;
- Condições de operação;

6. Resultados das medições:

- Valores das vibrações ponderadas em frequência segundo as direções x, y e z, para cada tarefa;
- Duração das medições;

7. Resultados da exposição diária às vibrações:

- Valores da vibração afetados dos fatores multiplicativos para cada eixo e para cada tarefa;
- Duração da exposição às vibrações para cada tarefa;
- Exposição parcial às vibrações para cada tarefa;
- Exposição diária às vibrações;
- Estimativa da incerteza associada ao valor de exposição pessoal diária;
- Comparação com os valores legais, tendo em consideração a incerteza estimada.

Para efeitos de comparação com os valores de acção e valor limite legalmente definidos, ao valor calculado deve ser adicionado o módulo da incerteza, $y + U$, com este resultado arredondado para 2 casas decimais.

5.4 VALIDAÇÃO DAS MEDIÇÕES

É tecnicamente recomendável que os laboratórios definam critérios objetivos para validação das medições, garantindo que, para uma determinada avaliação, as mesmas foram realizadas em condições de repetibilidade.

Conforme foi anteriormente detalhado, na caracterização de um determinado fenómeno de exposição, devem ser cuidadosamente definidos aspetos como o número de medições a efetuar e a duração das mesmas. O objetivo será sempre o de obter valores representativos das grandezas em avaliação - aceleração eficaz ponderada para cada um dos eixos ortogonais, para uma determinada tarefa / exposição.

Significa isto que a obtenção de resultados com variabilidade significativa deve determinar um ajustamento da abordagem de medição, designadamente por aumento do tempo de medição e/ou do número de medições.

A definição concreta de um critério quantitativo para o que se deve considerar medições em “condições de repetibilidade” reveste-se de complexidade, uma vez que a norma metodológica do ensaio nada define a este respeito.

Considerando os resultados obtidos no ECI de medição de vibrações transmitidas ao corpo inteiro (2007) e sistema mão-braço (2008), deve ser utilizado um critério de validação das medições de 15 % (desvio padrão/média); excetuam-se situações em que os níveis medidos se situem muito abaixo do nível de acção, situação em que podem ser aceitáveis valores superiores.

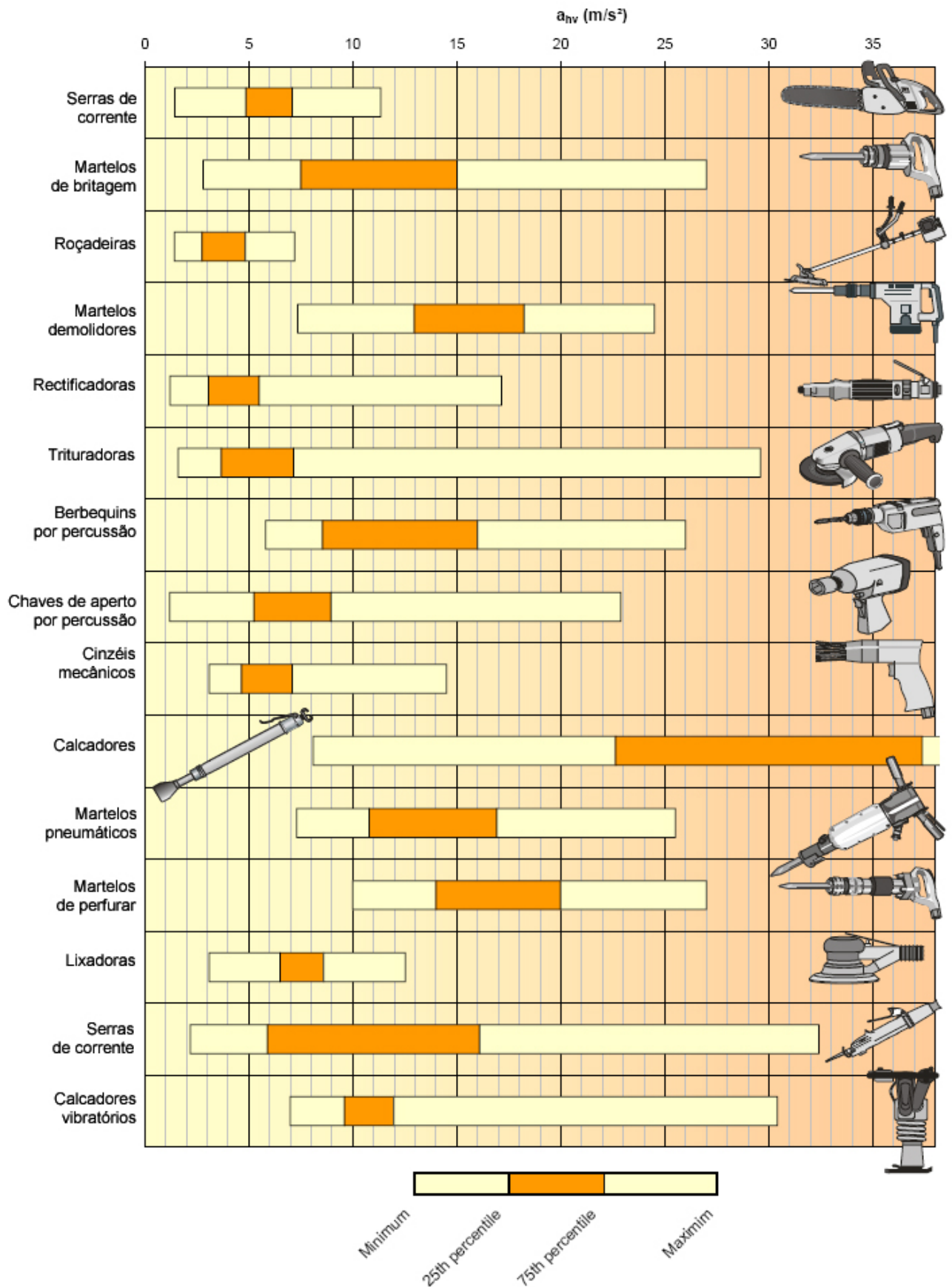


Figura 12 – Exemplos de amplitudes de vibrações (Fonte EU Good Practice Guide HAV v7.7)

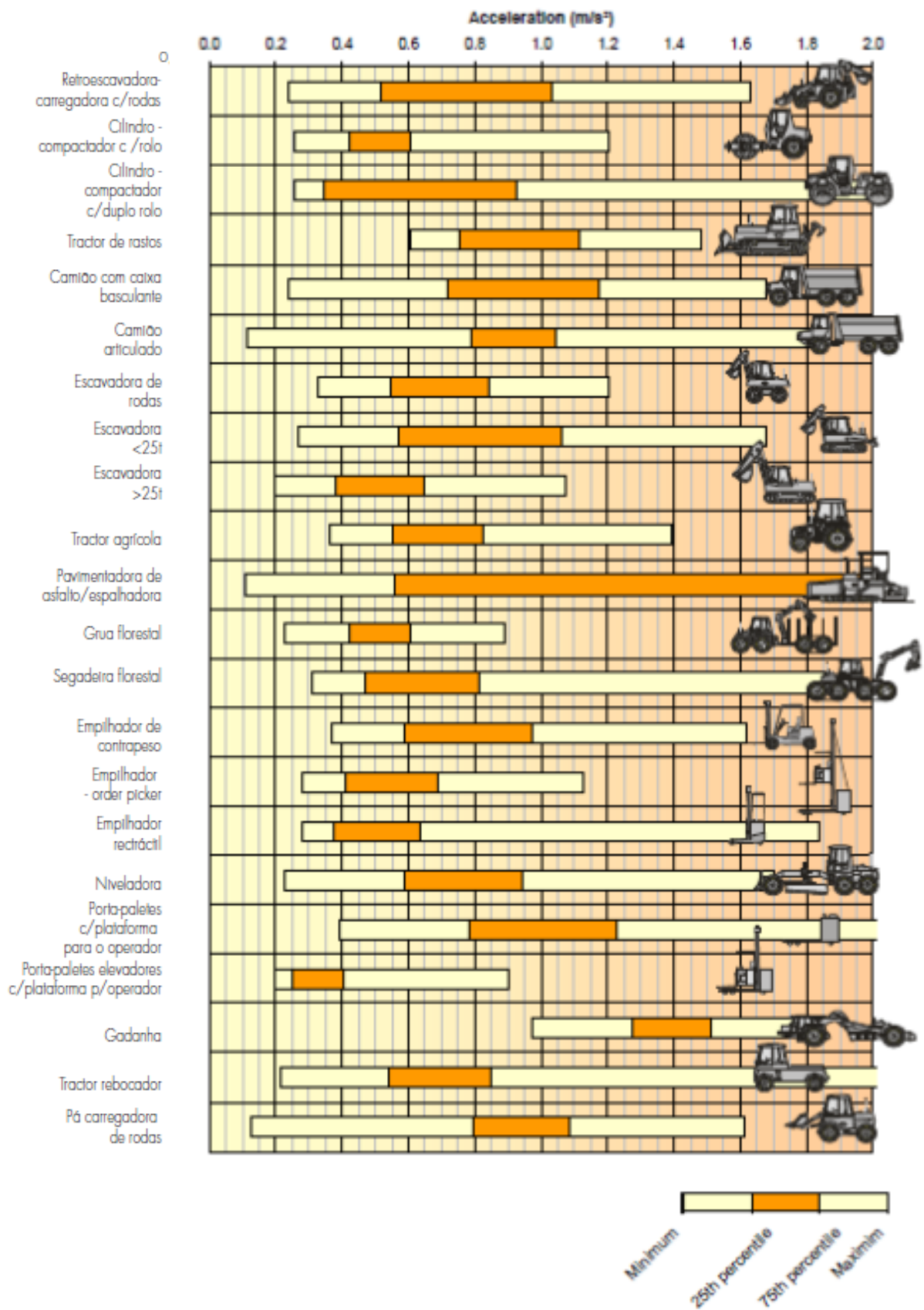


Figura 13 – Exemplos de amplitudes de vibrações (Fonte EU Good Practice Guide WBV v6.7)