

ENSAIOS DE COMPARAÇÃO INTERLABORATORIAL (ECI) – VIBRAÇÕES – DETERMINAÇÃO DA EXPOSIÇÃO DE TRABALHADORES ÀS VIBRAÇÕES

Fátima Inglês¹, Jorge Fradique²

¹Arsenal do Alfeite, Alfeite, 2810-001 Almada, Portugal
fatima.ingles@arsenal-alfeite.pt

²Direcção Regional do Ministério da Economia de Lisboa e Vale do Tejo, Estrada da Portela – Zambujal
Apartado 7546 – Alfragide, 2611-858 Amadora, Portugal
jorge.fradique@dre-lvt.min-economia.pt

Resumo

Esta comunicação apresenta os resultados de dois Ensaios de Comparação Interlaboratorial (ECI) promovidos pela Associação de Laboratórios Acreditados de Portugal (RELACRE), no domínio das Vibrações: Medição de vibrações transmitidas ao sistema corpo inteiro e Medição de vibrações transmitidas ao sistema mão-braço. Estes ensaios foram realizados nas instalações do ARSENAL do ALFEITE.

Cada laboratório mediu o nível de vibrações em aceleração eficaz ponderada para cada eixo x , y e z , em determinados postos de trabalho e determinou a exposição diária de um trabalhador às vibrações, $A(8)$, de acordo com o Decreto-Lei 46/2006.

A participação dos laboratórios em exercícios de intercomparação é uma ferramenta privilegiada para avaliar a sua competência técnica, pois permite analisar o seu desempenho. Esta participação é também, cada vez mais, uma exigência das entidades acreditadoras, o que se revela particularmente importante para os laboratórios que efectuam este tipo de ensaios, dada a exigência legal da sua acreditação.

Esta comunicação analisa os resultados obtidos e as principais conclusões.

Palavras-chave: vibrações, ensaios de comparação interlaboratorial, acreditação, sistema corpo inteiro, sistema mão-braço.

Abstract

This paper presents the results of two Interlaboratory Comparison Tests promoted by the Association of Accredited Laboratories of Portugal (RELACRE) in the area of Vibration: Measurement of vibration transmitted to the whole body system and measurement of vibration transmitted to the hand-arm system. These tests took place at the ARSENAL do ALFEITE facilities. Each laboratory measured the level of vibration in weighted root-mean-square (r.m.s.) acceleration for each axis x , y and z , in some workplaces and determined the daily exposure of the worker to vibration, $A(8)$, according to the Portuguese Legislation DL 46/2006.

The participation of laboratories in intercomparison exercises is a privileged tool to assess their technical competence, since it produces an evaluation of their performance. Moreover, this participation is also becoming a requirement from the accreditation bodies. As a result, it is of particular importance to every laboratory performing this type of testing, due to the legal obligation of their accreditation. This paper analyses the results and the main conclusions.

Keywords: interlaboratory comparison tests, accreditation, whole body vibration, hand-arm vibration

1 Introdução

Os ensaios de comparação interlaboratorial são uma ferramenta de controlo da qualidade externo, permitindo avaliar o desempenho dos laboratórios participantes através da comparação dos seus resultados e, caso necessário, implementar acções preventivas ou correctivas. A participação nestes ensaios de intercomparação é obrigatória para os laboratórios acreditados segundo a NP EN ISO/IEC 17025.

Até ao momento foram promovidos pela RELACRE dois ensaios de intercomparação na área de ensaios de vibrações: Determinação da exposição de Trabalhadores às vibrações – medição de vibrações transmitidas ao sistema mão-braço e medição de vibrações transmitidas ao corpo inteiro.

A metodologia para a determinação da exposição de Trabalhadores às vibrações está indicada nos anexos do decreto-lei 46/2006. Este decreto-lei é o resultado da transposição para o direito nacional da Directiva 2002/44/CE, que é a directiva específica do agente físico vibrações. Foram estipulados valores de acção e valores limite de exposição dos Trabalhadores às vibrações conforme é realizada a transmissão da vibração. No caso das vibrações transmitidas ao sistema mão-braço, o valor-limite de exposição diária normalizada, correspondente a um período de referência de 8 horas é de 5 m/s² e o valor de exposição diária normalizada que desencadeia a acção é de 2,5 m/s². No caso das vibrações transmitidas ao corpo humano, o valor-limite de exposição diária normalizada, correspondente a um período de referência de 8 horas é de 1,15 m/s² e o valor de exposição diária normalizada que desencadeia a acção é de 0,5 m/s².

Os dois ensaios de comparação interlaboratorial foram realizados nas instalações do Arsenal do Alfeite.

2 Análise Estatística

A metodologia adoptada para o tratamento estatístico dos dados fornecidos nestes ensaios de intercomparação teve por base o estabelecido pela norma ISO 5725 [2] e [3].

2.1 Determinação de valores aberrantes

A identificação de valores aberrantes é realizada através do Teste de Grubbs, onde é analisada a variabilidade interlaboratorial e através do Teste de Cochran, onde é analisada a variabilidade intralaboratorial.

Para a análise do teste de Grubbs é necessário a determinação do valor de G , através da seguinte equação:

$$G = \frac{\max |y_i - \bar{y}_p|}{s} \quad (1)$$

onde y_i é o elemento da amostra, \bar{y}_p é a média da amostra de cada laboratório e s é o desvio padrão.

O valor G é comparado com os valores críticos da tabela estatística constante na norma ISO 5725 [1]. Considera-se o valor obtido pelo Laboratório como aberrante se o valor de G calculado através da equação (1) for superior ou igual ao valor de G retirado da tabela estatística.

Para a análise do Teste de Cochran é necessário a determinação do valor de C através da seguinte equação:

$$C = \frac{\max(Var_{lab})}{\sum_{i=1}^p Var_{labi}} \quad (2)$$

onde Var_{lab} é a variância de cada laboratório e p é o número de laboratórios.

O valor C é comparado com os valores críticos da tabela estatística constante na norma ISO 5725 [1]. Considera-se o valor obtido pelo Laboratório como aberrante se o valor de C calculado através da equação (2) for superior ou igual ao valor de C retirado da tabela estatística.

2.2 Cálculos da Média e Medidas de Dispersão

Segundo a norma ISO 5725 foram efectuados os Cálculos da Média e de Medidas de Dispersão:

A média de médias para cada parâmetro:

$$Y = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p y_i \quad (3)$$

onde p representa o número de Laboratórios,

Este valor é considerado como o verdadeiro valor amostral, após a eliminação de “aberrantes”.

O desvio padrão das médias obtidas pelos diferentes Laboratórios:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^p (Y_i - Y)^2}{p - 1}} \quad (4)$$

2.3 Avaliação do Desempenho

No calculo do z-score, não sendo possível a existência de valores de referência utilizou-se como valor comparativo a média obtida pela totalidade dos laboratórios após a eliminação dos valores considerados como “aberrantes” de acordo com a análise estatística.

O cálculo do Indicador de Desempenho – Z-Score é obtido através da expressão:

$$z_i = \frac{Y_i - Y}{s} \quad (5)$$

onde Y_i é a média individual do laboratório, Y é a média global dos laboratórios, após eliminação dos valores aberrantes e s é o desvio padrão, após eliminação dos valores aberrantes.

O desempenho do Laboratório é avaliado, por cada parâmetro ensaiado, de acordo com os seguintes critérios do valor numérico do factor Z :

$$|Z| \geq 3 \quad \text{Inaceitável} \qquad 2 < |Z| < 3 \quad \text{Questionável} \qquad |Z| \leq 2 \quad \text{Aceitável}$$

No tratamento de dados foi efectuada inicialmente a identificação de valores aberrantes utilizando os testes estatísticos de Cochran e de Grubbs.

O Teste de Cochran permite a eliminação de valores aberrantes com base na variabilidade intralaboratorial, enquanto o teste de Grubbs permite a eliminação de valores aberrantes com base na variabilidade interlaboratorial. Segundo o Teste de Cochran e o Teste de Grubbs, os resultados aberrantes (99%) detectados, foram eliminados. Os valores suspeitos (95%) detectados foram apenas assinalados, mas não eliminados.

3 Avaliação da exposição dos Trabalhadores às vibrações

A avaliação da exposição dos trabalhadores às vibrações é diferente conforme se trate da transmissão via mão-braço ou através do corpo inteiro.

Assim, no primeiro caso, a avaliação é realizada de acordo com os capítulos 4 e 5 e o anexo da norma EN ISO 5349-1. O método de medição está indicado na norma EN ISO 5349-2.

No segundo caso, ou seja, quando as vibrações são transmitidas ao corpo inteiro, a avaliação do nível de exposição é realizada de acordo com os capítulos 5,6 e 7 e com o anexo A e B da norma NP ISO 2631-1.

3.1 Vibrações Transmitidas ao Sistema Mão-Braço

3.1.1 Metodologia

A avaliação baseia-se no cálculo do valor da exposição diária normalizada num período de referência de 8 horas, expressa como raiz quadrada da soma dos quadrados, denominado, valor total, $A(8)$, dos valores eficazes da aceleração ponderada em frequência, determinados segundo as coordenadas ortogonais (x, y, z).

As vibrações transmitidas ao sistema mão-braço devem ser medidas e registadas nos 3 eixos ortogonais.

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hvx}^2 + a_{hvy}^2 + a_{hvw}^2} \quad (6)$$

onde a_{hv} é o valor da vibração total, em m/s^2 , a_{hvx} , a_{hvy} , a_{hvw} são os valores eficazes de aceleração ponderados em frequência, em m/s^2 , determinados segundo as coordenadas ortogonais (x, y, z).

A exposição diária à vibração, $A(8)$:

$$A(8) = a_{hv} \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad (7)$$

onde T é a duração total diária da exposição à vibração, T_0 é a duração de referência de 8 h.

A exposição diária à vibração $A(8)$ deve ser avaliada separadamente para ambas as mãos do operador. A montagem do acelerómetro triaxial é muito importante e influencia as medições; no anexo D, da norma EN ISO 5349-2, existem indicações para a sua montagem.

3.1.2 Ensaio de Comparação Interlaboratorial

O ensaio consistiu na medição do nível de vibrações transmitido ao sistema mão-braço, em aceleração eficaz ponderada para cada eixo x, y e z (a_{wz} , a_{wy} , e a_{wx}) para dois postos de trabalho, determinação do valor total e determinação da exposição diária às vibrações, A(8).



Foram consideradas as seguintes tarefas:

Tarefa 1, cortar linearmente 2 troços em “L” de placas de platex utilizando uma serra de recortes com uma velocidade de 3200 rpm e foi atribuído um tempo estimado de exposição neste posto de trabalho de $1,4 \text{ h} \pm 0,5 \text{ h}$;

Tarefa 2, lixar uma face de uma fracção de madeira de pinho através de uma lixadeira eléctrica a 22000 rpm com tempo estimado de exposição de $2,2 \text{ h} \pm 0,25 \text{ h}$ durante um dia de trabalho.

As características das ferramentas estão indicadas na tabela 1.

Tabela 1 – Características das ferramentas

Serra de recortes (tico-tico)	Lixadeira eléctrica
Dewalt DW320k 20050859	Bosch GSS 280 AE 061293703
	

De modo a permitir ao máximo condições semelhantes para todos os laboratórios participantes no ensaio, as duas tarefas foram sempre realizadas pelo mesmo Técnico do Arsenal do Alfeite e foram-lhe dadas instruções para realizar as duas tarefas sempre de igual modo, ou seja, agarrar na ferramenta sempre na mesma posição e com a mesma pressão. Na lixadeira utilizou-se sempre uma lixa nova para cada laboratório e foram retiradas fotografias às posições e localizações dos acelerómetros de cada laboratório participante.

Foi fornecido a cada participante uma ficha de registo para a identificação do Laboratório, data do ensaio, sistema de medição utilizado, resultados obtidos e o balanço da incerteza. Com o objectivo de garantir a confidencialidade ficou conhecida só pela RELACRE a identificação dos Laboratórios.

Os laboratórios utilizaram os seguintes sistemas de medição:

- analisador Bruel & Kjaer 2260 com o Front-End 1700A e acelerómetro Bruel&Kjaer 4374;
- analisador Bruel & Kjaer 4447 utilizado com os acelerómetros Bruel&Kjaer 4524, 4520 e 4515;
- analisador Quest VI – 400 – PRO com o acelerómetro Dytran 3023M2;
- analisador Svantek – Scan 948 com os acelerómetros Dytran 3023 A2 e 3143M1.

Foram utilizados os calibradores Bruel & Kjaer 4294 e PCB 394C06.

Dos 18 laboratórios participantes encontravam-se, na altura da realização do ensaio, 9 laboratórios acreditados pela entidade de acreditação nacional, IPAC.

3.1.3 Resultados e análise

Não foi efectuada a detecção de valores aberrantes pelo Método de Cochran, em virtude da Comissão Técnica da RELACRE de Vibrações ter estabelecido para a validação dos resultados das medições o parâmetro, *Coefficiente de Variação*, definido como desvio padrão/média para cada laboratório, com o valor de 15%.

Tabela 2 – Tarefa 1 com a serra de recortes

Laboratórios	Mão direita			Mão esquerda		
	yi	Coefficiente de Variação	Z-score	yi	Coefficiente de Variação	Z-score
L1	0,75	0,08		5,87	0,04	-0,6
L2	5,54	0,02	-0,2	11,31	0,11	2,7
L3	6,27	0,03	0,5	7,07	0,11	0,1
L4	4,78	0,02	-0,9	5,80	0,02	-0,7
L5	4,48	0,04	-1,2	5,99	0,02	-0,5
L6	6,06	0,02	0,3	4,33	0,02	-1,5
L7	6,58	0,03	0,8	5,42	0,02	-0,9
L8	5,90	0,03	0,1	7,06	0,10	0,1
L9	4,64	0,06	-1,1	7,31	0,05	0,2
L10	5,00	0,03	-0,7	7,54	0,02	0,4
L11	7,10	0,01	1,3	6,36	0,02	-0,3
L12	4,59	0,06	-1,1	7,05	0,05	0,1
L13	5,13	0,05	-0,6	5,12	0,05	-1,1
L14	4,73	0,03	-1,0	7,25	0,01	0,2
L15	31,59	0,01		31,86	0,00	
L16	7,43	0,01	1,6	8,97	0,01	1,2
L17	6,49	0,06	0,7	6,02	0,01	-0,5
L18	7,41	0,04	1,6	8,81	0,01	1,2

Na tabela nº 2 indicam-se os resultados das medições realizadas com a mão direita e com a mão esquerda para a tarefa nº 1 e na tabela nº 3 apresenta-se a média e o desvio padrão para as medições realizadas com a mão direita e com a mão esquerda.

Tabela 3 – Tarefa 1 com a serra de recortes – parâmetros estatísticos

Média	Y	5,76	6,90
Desvio Padrão	s	1,039	1,663

Como se pode ver pela tabela 2, na tarefa 1, onde se utilizou a serra de recortes, com a mão direita, foram eliminados pelo método de Grubbs, que detecta valores aberrantes com base na variabilidade interlaboratorial, os Laboratórios L1 e L15, estando todos os outros laboratórios com um desempenho satisfatório, conforme apresentado pela figura 1.

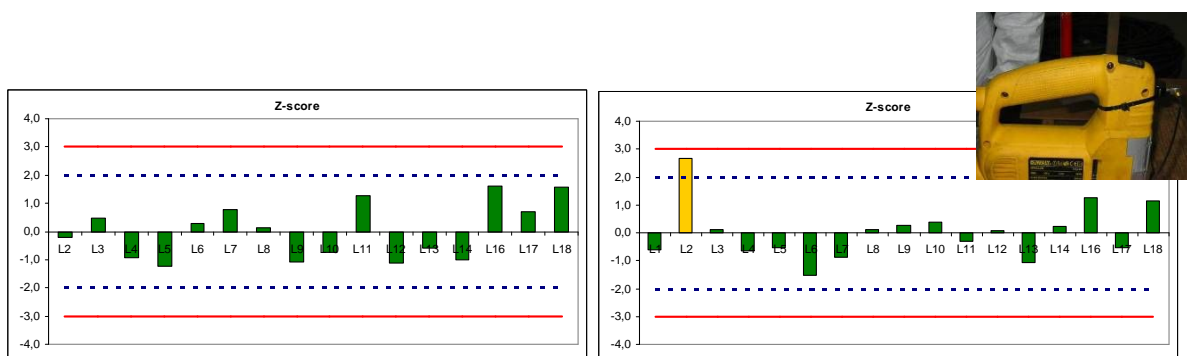


Figura 1 – Z-score da tarefa 1 com a mão direita e a mão esquerda

O Laboratório L1 apresenta na tarefa 1 - mão direita, um valor muito inferior do que os outros Laboratórios. O Laboratório L15 apresentou em todas as tarefas e nas duas mãos, sempre um mesmo nível de vibrações sendo muito mais elevado do que os outros Laboratórios. Estas situações têm de ser avaliadas pelos laboratórios, podem dever-se a problemas de configuração do analisador de vibrações, de incorrecção na atribuição dos coeficientes de sensibilidade dos acelerómetros ou de calibração.

Ao analisarmos os resultados obtidos com as medições realizadas com a mão esquerda, um dos laboratórios obteve um desempenho questionável, podendo ser a causa mais provável proveniente da localização do acelerómetro, que se encontra colocado num nível mais elevado, em comparação com os outros laboratórios.

Na tarefa 2, realizada com a lixadeira, realizou-se a análise para as medições realizadas com a mão direita, não tendo sido realizado qualquer tratamento de dados para a análise das medições realizadas com a mão esquerda, por se ter detectado que alguns laboratórios usaram adaptadores de mão e de punho sem qualquer fixação adicional e que a maioria dos Laboratórios posicionou incorrectamente o acelerómetro, colocando-o junto ao corpo da ferramenta e não no local onde o operador coloca habitualmente a mão, não sendo possível identificar esta situação nos relatórios e nos registos.

Nas medições realizadas com a mão direita, o laboratório L10 obteve um desempenho questionável, podendo ser devido a ter colocado o sensor na parte superior do punho contrariando a zona recomendada pela norma.

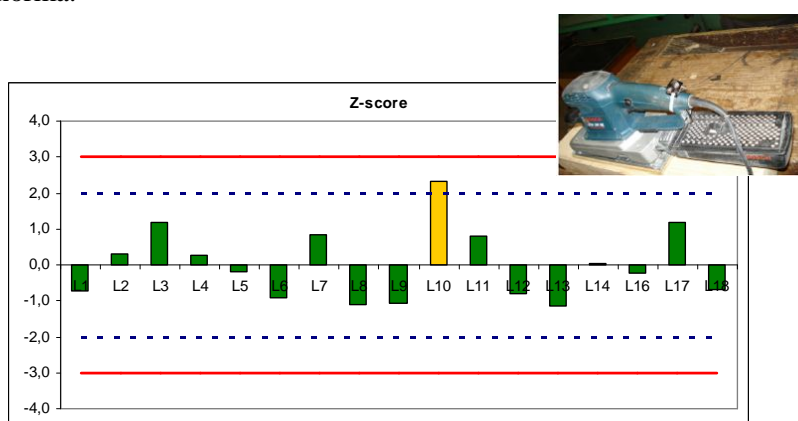


Figura 2 – Z-score da tarefa 2 com a mão direita

Tabela 4 – Tarefa 2 com a lixadeira com a mão direita

Laboratórios	yi	Coefficiente de Variação	Z-score
L1	6,44	0,03	-0,7
L2	9,29	0,02	0,3
L3	11,67	0,05	1,2
L4	9,22	0,02	0,3
L5	7,91	0,05	-0,2
L6	6,00	0,05	-0,9
L7	10,73	0,04	0,8
L8	5,40	0,02	-1,1
L9	5,53	0,01	-1,1
L10	14,87	0,01	2,3
L11	10,61	0,08	0,8
L12	6,30	0,02	-0,8
L13	5,29	0,06	-1,2
L14	8,63	0,03	0,0
L15	31,58	0,00	
L16	7,57	0,14	-0,2
L17	11,65	0,04	1,2
L18	6,57	0,00	-0,7
Média	8,46		
Desvio padrão	2,74		

Apresenta-se em seguida a exposição diária às vibrações, A(8) e a incerteza associada, não tendo sido realizado qualquer tratamento estatístico, a sua apresentação tem a única finalidade de ser um mero indicativo da ordem das incertezas estimadas pelos Laboratórios.

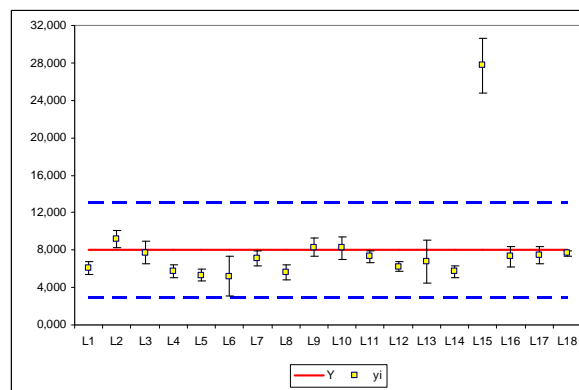


Figura 3 – Apresentação de A(8) com as estimativas de incerteza

Verificamos que a incerteza expandida calculada pelos laboratórios varia de 0,32 m/s² até ao valor máximo de 2,9 m/s². Daqui a primeira conclusão que se retira é que existe uma grande variabilidade

relativamente à escolha das componentes de incerteza incluídas pelos laboratórios no balanço da incerteza e no seu cálculo.

Tabela 5 – Exposição diária às vibrações, A(8) e a incerteza associada. (m/s^2)

Laboratórios	Exposição diária às vibrações, A (8)	Incerteza
L1	6,1	0,7
L2	9,2	0,93
L3	7,7	1,2
L4	5,7	0,71
L5	5,3	0,63
L6	5,2	2,15
L7	7,1	0,8
L8	5,66	0,8
L9	8,3	0,99
L10	8,23	1,18
L11	7,3	0,6
L12	6,24051138	0,511652631
L13	6,8	2,3
L14	5,7	0,65
L15	27,3	2,88576651
L16	7,3	1,1
L17	7,5	0,93
L18	7,64	0,32

Na tabela 5 apresentam-se os resultados tal como indicado pelos laboratórios, verificando-se que a maioria apresenta correctamente os resultados, com dois algarismos significativos.

Os Laboratórios participantes apresentaram as seguintes fontes para as incertezas:

Repetibilidade – sistema de medição – duração da exposição – fixação e localização – verificação da cadeia de medição – arredondamentos – resolução – cálculo de a_{hv} – calibrador de vibrações – condições ambientais – calibração acelerómetro – calibração do calibrador – variabilidade condições de trabalho.

3.2 Vibrações transmitidas ao Sistema Corpo Inteiro

3.2.1 Metodologia

A avaliação do nível de exposição é realizada com base no cálculo da exposição diária expressa como aceleração contínua equivalente para um período de 8 horas, mas agora é considerado o mais elevado dos valores eficazes das acelerações ponderadas em frequência medidas segundo os três eixos ortogonais ($1,4 a_{wx}$, $1,4 a_{wy}$, $1,0 a_{wz}$).

A avaliação da vibração é realizada através do método básico de avaliação usando o valor eficaz ponderado da aceleração.

3.2.2 Ensaio de Comparação Interlaboratorial

Este ECI consistiu na determinação da exposição de um trabalhador às vibrações, através da medição de vibrações transmitidas ao corpo inteiro. O ensaio consistiu na medição do nível de vibrações transmitido ao corpo inteiro, em aceleração eficaz ponderada para cada eixo x, y e z (a_{wx} , a_{wy} , e a_{wz}) e na determinação da exposição diária às vibrações, $A(8)$.

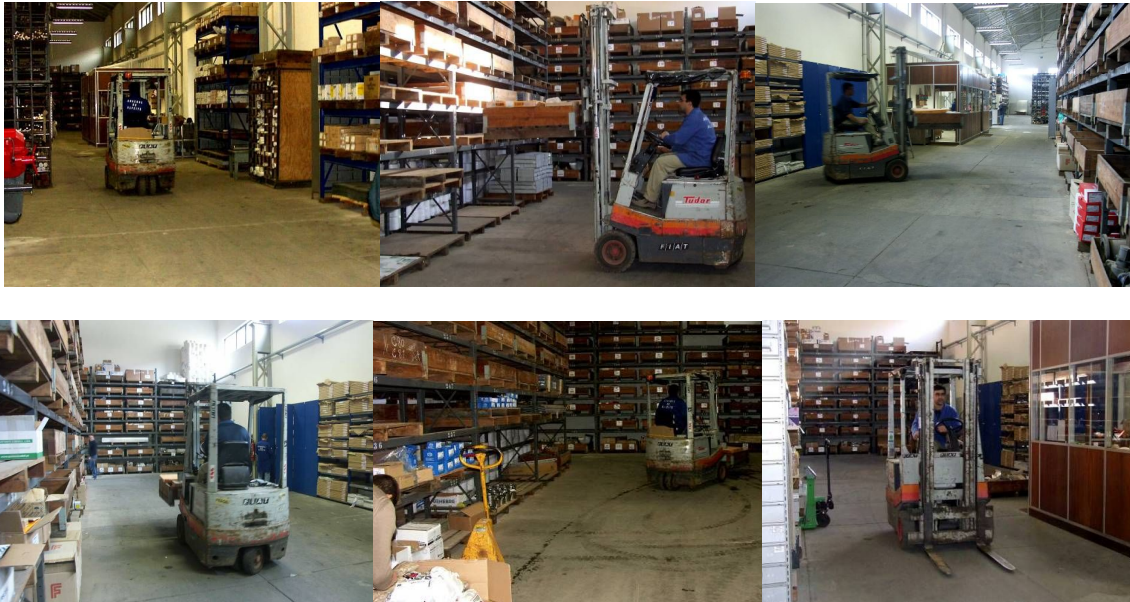


Figura 4 – Circuito realizado com o empilhador

As medições realizaram-se no condutor de um empilhador num percurso previamente definido no interior de um Armazém, Depósito n.º 2. Definiu-se como tempo estimado de exposição $6 \text{ h} \pm 0,5 \text{ h}$. O circuito com uma duração aproximada de 2 minutos consistiu na movimentação do empilhador sem carga, em seguida carregou uma palete, realizou um pequeno percurso com carga, indo colocar a palete numa prateleira. Retirou a palete da prateleira e efectuou um pequeno percurso com carga. Por fim, descarregou a palete e executou um percurso sem carga para retorno ao ponto inicial. As medições foram realizadas localizando o sensor triaxial no banco do empilhador ficando o condutor sentado em cima do sensor, encontrando-se este inserido num invólucro de borracha.

Foi utilizado um empilhador eléctrico, FIAT, modelo E/3 15 N, com o número de série 3166585524 do ano 1990. O tipo de pavimento onde se deslocou o empilhador foi de betão e foi conduzido a uma velocidade média de 5 km/h. A carga transportada foi de 109 kg e o peso do trabalhador era de 84 kg,

Neste ECI participaram 17 laboratórios, estando na altura deste ensaio, 3 laboratórios acreditados.

Os laboratórios utilizaram os seguintes sistemas de medição:

- analisador Bruel & Kjaer 2260 com o Front-End 1700 e com os acelerómetros Endevo 2560 e 65-100 e com o acelerómetro Bruel & Kjaer 4322;
- analisador Bruel & Kjaer 4447 utilizado com o acelerómetro Bruel&Kjaer 4515-B-002;
- analisador Quest VI – 400 – PRO com o acelerómetro Quest, 072-127;
- analisador Svantek – Scan 948 com o acelerómetro Dytran 3143M1 - SV 39A;
- analisador MMF-VM30-H com acelerómetro MMF e
- sistema de aquisição National Instruments/software LabView com o acelerómetro Bruel & Kjaer 4322.

3.2.3 Resultados e análise

Nas medições da aceleração eficaz ponderada na direcção y, o resultado do laboratório L4 foi excluído segundo o teste de Cochran devido à variabilidade intralaboratorial. E nas medições no eixo dos z, o resultado do laboratório L34 foi excluído segundo o teste de Grubbs devido à variabilidade interlaboratorial, sendo visível a sua diferença relativamente aos outros valores laboratórios.

Tabela 6 – Aceleração eficaz ponderada nos três eixos x, y e z (m/s^2)

Laboratórios	a_{wx}		a_{wy}		a_{wz}	
	y_i	Z-score	y_i	Z-score	y_i	Z-score
L2	0,2176	0,6	0,2086	0,5	0,3786	0,3
L4	0,2633	1,8	0,2767		0,4200	0,9
L9	0,1500	-1,0	0,1367	-1,3	0,3667	0,1
L14	0,2292	0,9	0,1992	0,3	0,3824	0,3
L15	0,2085	0,4	0,2555	1,7	0,3885	0,4
L23	0,2368	1,1	0,2400	1,3	0,3813	0,3
L32	0,1000	-2,2	0,1000	-2,2	0,2000	-2,6
L33	0,1878	-0,1	0,1870	0,0	0,3638	0,0
L34	0,1587	-0,8	0,1810	-0,2	0,6917	
L35	0,1338	-1,4	0,1323	-1,4	0,2915	-1,1
L37	0,1895	0,0	0,2018	0,3	0,2725	-1,4
L38	0,2040	0,3	0,2123	0,6	0,4387	1,2
L39	0,1593	-0,8	0,1693	-0,5	0,3133	-0,8
L45	0,1900	0,0	0,1917	0,1	0,4150	0,8
L48	0,1933	0,1	0,1793	-0,2	0,3737	0,2
L50	0,2000	0,2	0,2167	0,7	0,3800	0,3
L51	0,2280	0,9	0,2080	0,5	0,4300	1,1
Média	0,191		0,189		0,362	
Desvio Padrão	4,086E-02		0,0398		0,064	

O laboratório L32 apresentou um desempenho questionável em todos os parâmetros determinados, a_{wx} , a_{wy} , a_{wz} e $A(8)$, reflectindo nas suas leituras uma uniformidade irreal.

Laboratórios	y_i	Z-score	Incerteza U
L2	0,33	0,3	0,04
L4	0,36	0,8	0,03
L9	0,32	0,2	0,05
L14	0,34	0,5	
L15	0,340	0,5	
L23	0,330	0,3	
L32	0,17	-2,4	
L33	0,32	0,2	0,03
L34	0,61		0,0347
L35	0,252	-1,0	0,02
L37	0,2	-1,8	0,05
L38	0,38	1,2	0,04
L39	0,27	-0,7	0,03
L45	0,36	0,8	0,06
L48	0,32	0,2	0,04
L50	0,3	-0,2	0,03
L51	0,37	1,0	0,03
Média (Y)	0,31		
Desvio Padrão (s)	0,060		

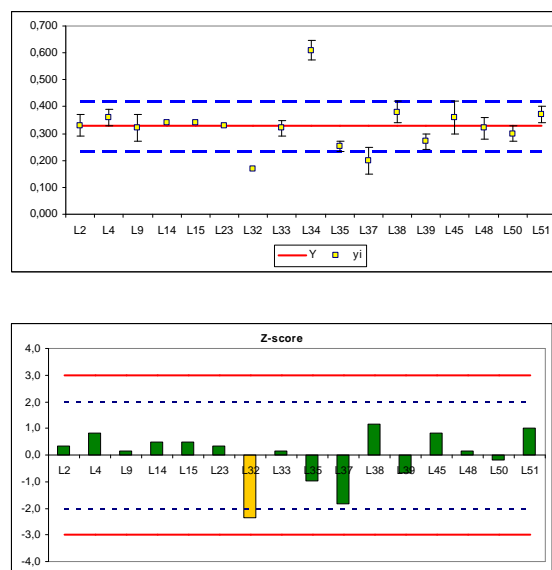


Figura 5 – Exposição diária às vibrações – Z-score - Incerteza

Na exposição diária às vibrações, A (8) o resultado do laboratório L34 foi excluído segundo o teste de Grubbs. A causa destes desvios pode ser proveniente das configurações do analisador.

Os Laboratórios apresentaram a incerteza com a excepção dos Laboratórios L14, L15, L23 e L33. As fontes de incerteza declaradas pelos participantes foram as seguintes:

Repetibilidade – sistema de medição – duração da exposição – arredondamento – linearidade - resolução – sensibilidade – temperatura – humidade relativa.

4 Conclusões

Nestes Ensaios de Comparação Interlaboratorial (ECI), não foram detectados desempenhos insatisfatórios, no entanto foram detectados valores aberrantes e valores questionáveis.

Em todos os ECI promovidos pela RELACRE, existiu uma comissão técnica, que no caso dos ensaios de vibrações é composta pelo Arsenal do Alfeite e pela Direcção Regional do Ministério da Economia de Lisboa e Vale do Tejo, que prepara todos os meios necessários para a realização dos ensaios e no final após o tratamento estatístico realizado pela RELACRE analisa e valida os dados, emitindo a RELACRE um relatório para cada exercício que é apresentado e analisado em reunião final com todos os participantes, onde são identificados oportunidades de melhoria.

A análise dos resultados dos ensaios e o tratamento estatístico que é indicado nestes exercícios possibilitará aos laboratórios realizarem uma reflexão acerca do seu desempenho, nomeadamente, em relação à técnica de medição, à verificação da cadeia de medição, à calibração, aos valores das sensibilidades do acelerómetro triaxial, às configurações e gamas de medição dos seus sistemas, à localização dos sensores, à sua fixação (usando de preferência as abraçadeiras metálicas devido à sua grande estabilidade em termos de aperto), aos cálculos e apresentação de resultados, para posterior análise crítica de desvios e implementação de acções correctivas.

Agradecimentos

Agradece-se ao Arsenal do Alfeite pela cedência das instalações onde decorreram os ensaios. Agradece-se igualmente aos técnicos Artur Rocha e Jorge Costa do Arsenal do Alfeite pelo contributo que deram para a realização das medições.

Referências

- [1] ISO 5725 - 2: 1994, Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results – Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method
- [2] ISO 5725 – 3: 1994, Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results – Part 3: Intermediate measures of the precision of a standard measurement method.
- [3] Decreto-lei 46/2006, de 24 de Fevereiro, Lisboa, 2006.
- [4] Inglês, Fátima. Exposição dos Trabalhadores às Vibrações. *Congresso Acústica 2004*, Guimarães, Setembro de 2004.