

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

Fátima Inglês<sup>1</sup>, Mário Peixe<sup>1</sup>, Jorge Fradique<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Arsenal do Alfeite, Alfeite, 2810-001 Almada, Portugal

[fatima.ingles@arsenal-alfeite.pt](mailto:fatima.ingles@arsenal-alfeite.pt), [mario.peixe@arsenal-alfeite.pt](mailto:mario.peixe@arsenal-alfeite.pt)

<sup>2</sup>Direcção Regional 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](mailto:jorge.fradique@dre-lvt.min-economia.pt)

### Resumo

Esta comunicação apresenta os resultados de um Ensaio de Comparação Interlaboratorial (ECI) promovido pela Associação de Laboratórios Acreditados de Portugal (RELACRE), no domínio das Vibrações: Medição de vibrações transmitidas ao sistema mão-braço. Este ensaio foi realizado nas instalações da ARSENAL do ALFEITE, S.A.

Cada laboratório mediu o nível de vibrações em aceleração eficaz ponderada para cada eixo  $x$ ,  $y$  e  $z$ , em dois 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 efetuam 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 mão-braço.

### Abstract

This paper presents the results of an Interlaboratory Comparison Test promoted by the Association of Accredited Laboratories of Portugal (RELACRE) in the area of Vibration: Measurement of vibration transmitted to the hand-arm system. This test was conducted on the premises of ARSENAL do ALFEITE, S. A. 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 two 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, as it allows them to analyze their performance. Moreover, this participation is also increasingly a requirement from the accreditation bodies, which is particularly important for laboratories that perform this type of testing, given the legal requirement for their accreditation.

This paper analyses the results and main conclusions.

**Keywords:** interlaboratory comparison tests, accreditation, hand-arm vibration.

**Referência PACS:** 43.15.+s Normalização

## 1 INTRODUÇÃO

Os Ensaios de Comparação Interlaboratorial permitem avaliar o desempenho dos laboratórios para ensaios ou medições específicas através da comparação de resultados, e se necessário a implementação de ações preventivas ou corretivas.

De acordo com a NP EN ISO/IEC 17025 é obrigatório que os laboratórios acreditados participem nos ensaios de comparação interlaboratorial.

O ensaio de comparação interlaboratorial (ECI) relativo às vibrações – determinação da exposição diária dos trabalhadores às vibrações – medição de vibrações transmitidas ao sistema mão-braço, foi promovido pela RELACRE, e contou com a colaboração da ARSENAL DO ALFEITE, SA.

Em todos os ECI promovidos pela RELACRE, existiu uma comissão técnica, que no caso dos ensaios de vibrações é composta pela Arsenal do Alfeite, SA e pela Direção 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 identificadas oportunidades de melhoria.

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 Diretiva 2002/44/CE, que é a diretiva específica do agente físico vibrações. Foram estipulados valores de ação 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  $5 \text{ m/s}^2$  e o valor de exposição diária normalizada que desencadeia a ação é de  $2,5 \text{ m/s}^2$ .

Os ensaios de comparação interlaboratorial foram realizados nas instalações da Arsenal do Alfeite, SA.

## 2 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A metodologia adotada 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 (cor rosa), onde é analisada a variabilidade interlaboratorial e através do Teste de Cochran (cor lilás), 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:

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

onde:  $Var_{lab}$  é a variância de cada laboratório;  
 $p$  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 efetuados os Cálculos da Média e de Medidas de Dispersão:

A média das 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 cálculo 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 fator  $Z$ :

$|Z| \geq 3$  **Inaceitável**

$2 < |Z| < 3$  **Questionável**

$|Z| \leq 2$  **Aceitável**

No tratamento de dados é efetuada 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%) detetados, foram eliminados. Os valores suspeitos (95%) detetados foram apenas assinalados, mas não eliminados.

Não foi efetuada a deteção 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%.

### 3 AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO DOS TRABALHADORES ÀS VIBRAÇÕES

A avaliação da exposição dos trabalhadores às vibrações é diferente consoante a transmissão seja 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.

O ECI em análise refere-se às Vibrações Transmitidas ao Sistema Mão-Braço.

#### 3.1 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.

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2 + a_{hwz}^2} \quad (6)$$

onde:  $a_{hv}$  é o valor da vibração total, em  $m/s^2$ ;

$a_{hwx}$ ,  $a_{hwy}$ ,  $a_{hwz}$ , 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.

### 3.2 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 ( $a_{wx}$ ,  $a_{wy}$ , e  $a_{wz}$ ), 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** – rebaixo a 10 mm uma face de uma placa de MDF, numa extensão de 900 mm, com uma duração de cerca de 35 s, utilizando uma Tupia, com uma velocidade de 23000 rpm (máx.); para este posto de trabalho foi atribuído um tempo estimado de exposição de 4,0 h  $\pm$  0,5 h, durante um dia de trabalho.

**Tarefa 2** – movimentação de uma paleta com e sem carga (105 kg), utilizando um Empilhador elétrico, com uma velocidade de  $\pm$  5 km/h, duração de cerca de 1 min., sendo o pavimento em cimento; para este posto de trabalho foi atribuído um tempo estimado de exposição de 2,0 h  $\pm$  0,25 h, durante um dia de trabalho.

As características dos equipamentos estão indicadas na tabela 1.

Tabela 1 – Características dos equipamentos

Tupia	Características
	Marca: <b>Bosch</b> Modelo: <b>GOF 1700 ACE</b> N° Série: <b>3610021</b> Ano: <b>1993</b> Potência: <b>1700 W</b>
Empilhador	Características
	Marca: <b>Linde</b> Modelo: <b>E15</b> N° Série: <b>323103006015</b> Ano: <b>1981</b>

De modo a permitir condições semelhantes para todos os laboratórios participantes no ensaio, as duas tarefas foram sempre realizadas pelo mesmo técnico da Arsenal do Alfeite, SA 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 velocidade de deslocação. Na tupia utilizou-se uma fresa nova para cada conjunto de sete (7) laboratórios e foram tiradas 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 objetivo de garantir a confidencialidade ficou conhecida só pela RELACRE a identificação dos Laboratórios.

Os laboratórios utilizaram os seguintes sistemas de medição:

- Analisador Briel & Kjaer 4447, utilizado com os acelerómetros Briel&Kjaer 4524 e 4520;
  - Analisador Quest VI 400 - PRO, utilizado com o acelerómetro Dytran 3023M2;
  - Analisador Svantek - Svan 948/958 /106, utilizado com os acelerómetros Dytran 3023M2 e 3023 A2;
- Foram utilizados os calibradores: Briel & Kjaer 4294 e PCB 394C06.

Rastreabilidade: ISQ

Dos 23 laboratórios participantes, à data da realização do ensaio, 20 laboratórios são acreditados pela entidade de acreditação nacional, IPAC.

### 3.3 Resultados e análise

Relativamente à **tarafa 1**, os resultados são os que se indicam na seguinte tabela:

Tabela 2 – Tarefa 1 com a tupia

LABORATÓRIO	MÃO DIREITA			MÃO ESQUERDA		
	$y_i$	Coefficiente de variação	Z-score	$y_i$	Coefficiente de variação	Z-score
L1	6,83	0,02	<b>0,3</b>	7,36	0,05	<b>-0,5</b>
L3	9,41	0,06	<b>1,5</b>	8,70	0,03	<b>-0,1</b>
L7	4,63	0,04	<b>-0,8</b>	10,20	0,07	<b>0,3</b>
L9	4,28	0,01	<b>-1,0</b>	6,48	0,02	<b>-0,7</b>
L13	6,00	0,06	<b>-0,2</b>	10,06	0,04	<b>0,2</b>
L15	4,80	0,02	<b>-0,7</b>	5,70	0,12	<b>-0,9</b>
L20	4,33	0,04	<b>-1,0</b>	12,74	0,05	<b>0,9</b>
L21	8,20	0,04	<b>0,9</b>	13,90	0,02	<b>1,2</b>
L24	23,79	0,04	--	9,39	0,05	<b>0,1</b>
L25	2,80	0,18	--	9,04	0,12	<b>0,0</b>
L26	5,30	0,01	<b>-0,5</b>	8,71	0,01	<b>-0,1</b>
L27	4,76	0,03	<b>-0,8</b>	3,34	0,03	<b>-1,5</b>
L33	3,67	0,03	<b>-1,3</b>	5,43	0,04	<b>-1,0</b>
L40	4,49	0,04	<b>-0,9</b>	4,82	0,02	<b>-1,1</b>
L43	8,51	0,02	<b>1,1</b>	19,10	0,02	<b>2,6</b>
L45	9,99	0,02	<b>1,8</b>	25,93	0,05	--
L49	10,48	0,06	<b>2,0</b>	14,06	0,06	<b>1,3</b>
L54	7,43	0,04	<b>0,5</b>	11,99	0,03	<b>0,8</b>
L55	6,84	0,05	<b>0,3</b>	4,37	0,08	<b>-1,2</b>
L57	4,30	0,04	<b>-1,0</b>	12,57	0,04	<b>0,9</b>
L59	7,27	0,04	<b>0,5</b>	8,47	0,03	<b>-0,2</b>
L60	5,33	0,03	<b>-0,5</b>	8,97	0,08	<b>0,0</b>
L64	5,76	0,03	<b>-0,3</b>	5,02	0,13	<b>-1,1</b>

A tabela 2 apresenta os resultados das medições realizadas com a mão direita e com a mão esquerda relativa à tarefa 1.

A tabela 3 apresenta os parâmetros estatísticos - média e o desvio padrão, das referidas medições.

Tabela 3 – Tarefa 1 com a tupia – parâmetros estatísticos

PARÂMETRO	MÃO DIREITA	MÃO ESQUERDA
Média (Y)	6,32	9,11
Desvio padrão (s)	2,048	3,840

Análise gráfica:

• Mão Direita

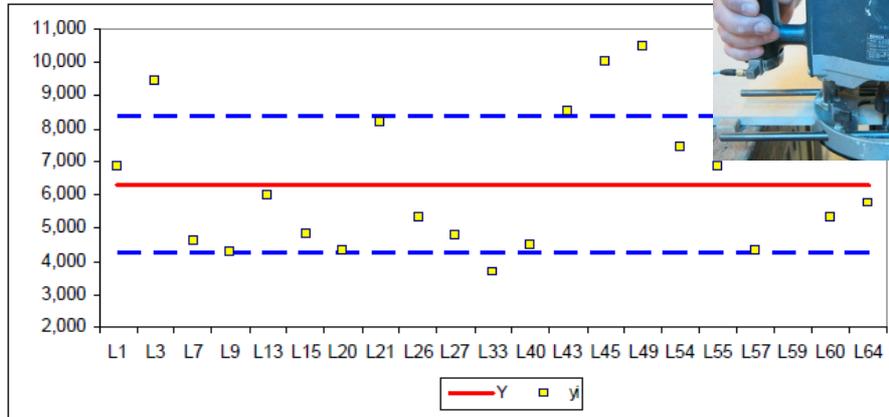


Gráfico 1 – Medições da tarefa 1 com a mão direita

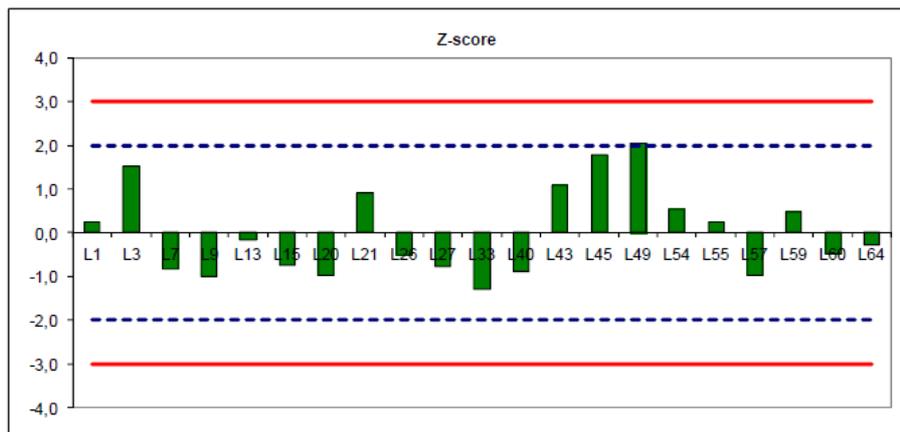


Gráfico 2 – Z-score da tarefa 1 com a mão direita

• Mão Esquerda

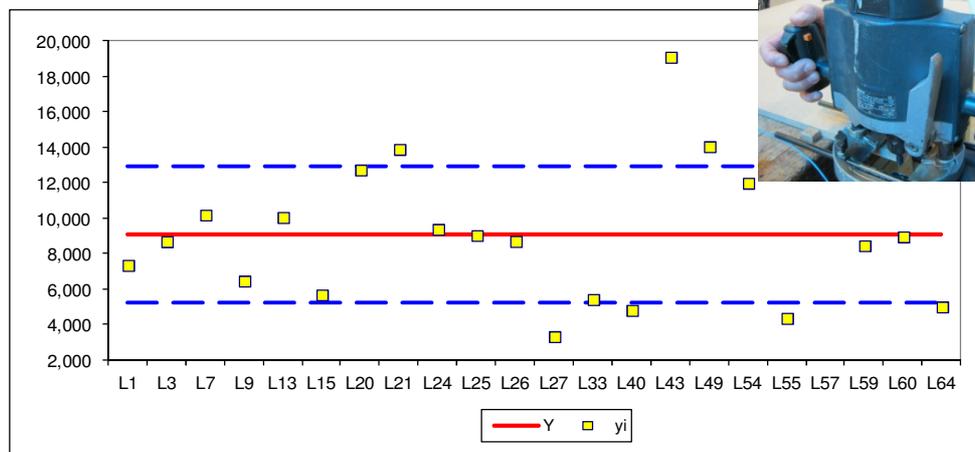


Gráfico 3 – Medições da tarefa 1 com a mão esquerda



Gráfico 4 – Z-score da tarefa 1 com a mão esquerda

Como se pode observar na tabela 2, tarefa 1, onde se utilizou a tupa, foram eliminados pelo método de Grubbs, que deteta valores aberrantes com base na variabilidade interlaboratorial, o Laboratório L24 (mão direita) e o Laboratório L45 (mão esquerda) e eliminado pelo coeficiente de variação o Laboratório L25 (mão direita). Todos os outros laboratórios apresentam um desempenho aceitável à exceção do laboratório L43 cujo desempenho é questionável na mão esquerda, conforme apresentado nos gráficos 2 e 4. A causa pode estar relacionada com a fixação do acelerómetro, embora o ponto de fixação escolhido tenha sido o utilizado pela maioria dos laboratórios. O Laboratório L25, na mão direita, apresenta um valor muito inferior ao dos outros Laboratórios. Os Laboratórios L24 (mão direita) e L45 (mão esquerda) apresentam sempre um mesmo nível de vibrações nas amostragens realizadas, sendo muito mais elevado do que os outros Laboratórios. Estas situações têm de ser avaliadas pelos laboratórios, podendo dever-se a problemas de configuração do analisador de vibrações, de incorreção na atribuição dos coeficientes de sensibilidade do acelerómetro ou de calibração, fixação deficiente do acelerómetro, acelerómetro com características não adequadas, etc.

Relativamente à **tarefa 2**, os resultados são os que se indicam na seguinte tabela:

Tabela 4 – Tarefa 2 com o empilhador

LABORATÓRIO	MÃO DIREITA			MÃO ESQUERDA		
	$y_i$	Coefficiente de variação	Z-score	$y_i$	Coefficiente de variação	Z-score
L1	--	--	--	1,68	0,04	<b>-0,5</b>
L3	2,33	0,04	<b>0,0</b>	1,92	0,06	<b>0,0</b>
L7	1,90	0,05	<b>-0,2</b>	2,10	0,00	<b>0,3</b>
L9	1,79	0,00	<b>-0,5</b>	1,78	0,07	<b>-0,3</b>
L13	1,70	0,07	<b>-0,8</b>	1,76	0,05	<b>-0,3</b>
L15	1,90	0,03	<b>-0,2</b>	1,90	0,02	<b>-0,1</b>
L20	<b>3,70</b>	0,10	--	3,70	0,14	<b>3,3</b>
L21	2,05	0,03	<b>0,2</b>	--	--	--
L24	2,53	0,10	<b>1,6</b>	2,76	<b>0,25</b>	--
L25	0,96	<b>0,43</b>	--	1,02	<b>0,35</b>	--
L26	1,89	0,03	<b>-0,2</b>	1,87	0,04	<b>-0,1</b>
L27	1,75	0,05	<b>-0,6</b>	1,90	0,05	<b>-0,1</b>
L33	1,87	0,03	<b>-0,3</b>	1,70	0,00	<b>-0,5</b>
L40	1,23	0,01	<b>-2,1</b>	1,17	0,02	<b>-1,5</b>
L43	2,02	0,05	<b>0,1</b>	2,15	0,09	<b>0,4</b>
L45	2,39	0,12	<b>1,2</b>	2,26	0,09	<b>0,6</b>
L49	2,15	0,04	<b>0,5</b>	1,97	0,11	<b>0,0</b>
L54	2,43	0,08	<b>1,3</b>	--	--	--
L55	1,61	0,06	<b>-1,0</b>	1,70	0,09	<b>-0,5</b>
L57	1,44	0,03	<b>-1,5</b>	1,20	0,04	<b>-1,4</b>
L59	2,28	0,02	<b>0,9</b>	--	--	--
L60	2,34	0,04	<b>1,1</b>	2,35	0,12	<b>0,7</b>
L64	1,78	0,05	<b>-0,5</b>	1,96	0,03	<b>0,0</b>

A tabela 4 apresenta os resultados das medições realizadas com a mão direita e com a mão esquerda relativa à tarefa 2. O Laboratório L1 não apresentou valores para a mão direita e os laboratórios L21, L54 e L59 não apresentaram valores para a mão esquerda.

A tabela 5 apresenta os parâmetros estatísticos - média e o desvio padrão, das referidas medições.

Tabela 5 – Tarefa 1 com a tupa – parâmetros estatísticos

PARÂMETRO	MÃO DIREITA	MÃO ESQUERDA
Média (Y)	1,97	1,95
Desvio padrão (s)	0,346	0,531

Análise gráfica:

- Mão Direita

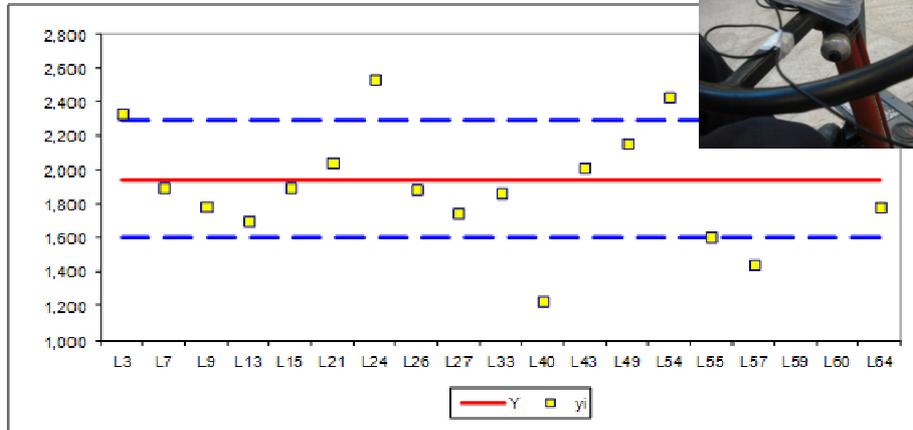


Gráfico 5 – Medições da tarefa 2 com a mão direita

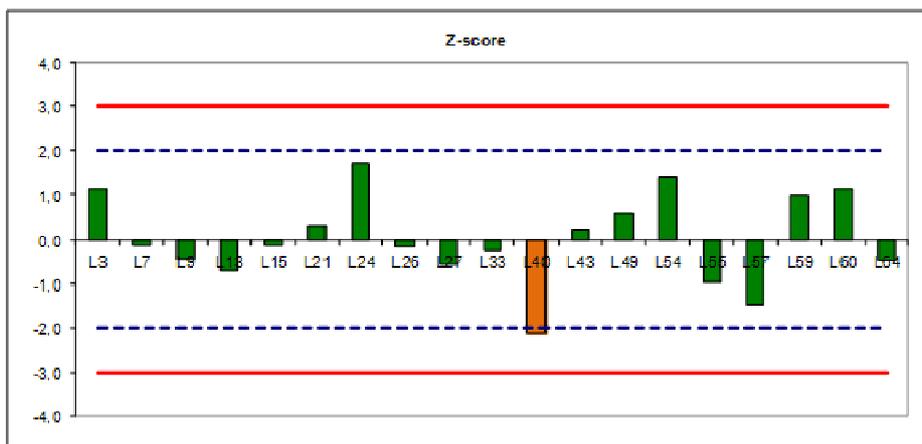


Gráfico 6 – Z-score da tarefa 2 com a mão direita

- Mão Esquerda

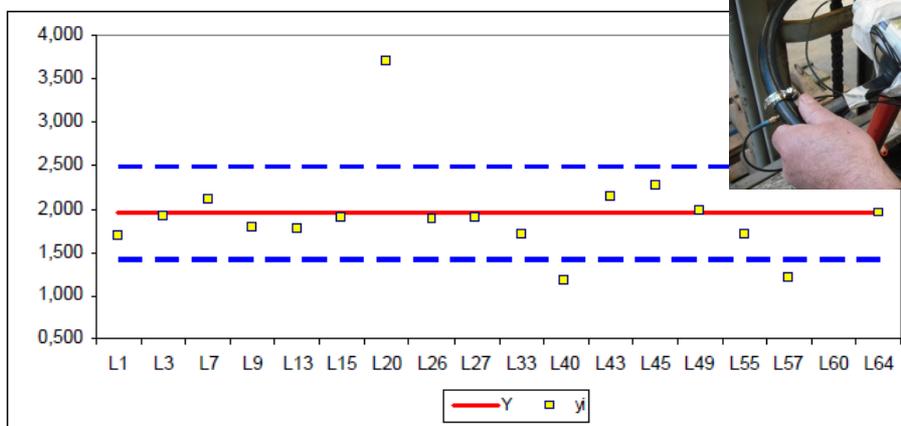


Gráfico 7 – Medições da tarefa 2 com a mão esquerda



Gráfico 8 – Z-score da tarefa 2 com a mão esquerda

Relativamente à tarefa 2, realizada com o empilhador, foi eliminado pelo método de Grubbs, o Laboratório L20 (mão direita) e eliminados pelo coeficiente de variação os Laboratórios L24 (mão esquerda) e L25 (em ambas as mãos). Na mão direita, todos os laboratórios avaliados apresentam um desempenho aceitável à exceção do laboratório L40 cujo desempenho é questionável, conforme apresentado no gráfico 6. Relativamente à mão esquerda, todos os laboratórios apresentam um desempenho aceitável à exceção do laboratório L20 cujo desempenho é inaceitável, conforme apresentado no gráfico 8. A causa pode estar relacionada com a fixação do acelerómetro, embora o ponto de fixação escolhido tenha sido o utilizado pela maioria dos laboratórios.

Conforme já referido para a tarefa 1, estas situações têm de ser avaliadas pelos laboratórios.

Quanto à **exposição diária às vibrações, A(8) e à incerteza associada**, apresentam-se os resultados na seguinte tabela.

Tabela 6 – Exposição diária às vibrações, A(8) e incerteza associada

Laboratórios	Exposição diária às vibrações, A (8)		Incerteza		
	A(8)	Mão	Lab	Calculado pela CT	
			U	Direita	Esquerda
L1	6,2**	Direita***	0,8	0,80*	0,88
L3	6,8	Direita	1,4	1,2	1,0
L7	7,3		0,54	0,56	1,3
L9	4,7		0,8	0,50	0,76
L13	7,2	Esquerda	1,2	0,72	1,2
L15	4,9	Esquerda	0,84	0,56	0,84
L20	9,2		1,5	0,49	1,5
L21	10,0		0,587	0,98	1,6*
L24	16,9		2,7	2,9	1,1
L25	6,3		1,14	0,58	1,2
L26	6,2	Direita***	0,62	0,62	1,0
L27	3,5		0,56	0,56	0,39
L33	3,9	Esquerda	0,6	0,43	0,65
L40	3,4		0,45	0,54	0,57
L43	13,6		2,26	1,0	2,3
L45	18,4	Esquerda	3,07	1,2	3,1
L49	10,0		1,03	1,3	1,7
L54	7,4**		0,7	0,87	1,4*
L55	4,9		0,8	0,81	0,53
L57	8,9		1,5	0,52	1,5
L59	6,1		0,95	0,87	1,0*
L60	6,5		1,2	0,62	1,2
L64	4,2		0,7	0,68	0,66

- \* - valores inseridos (considerando os mesmos da outra mão);
- \*\* - diferente do calculado pela CT;
- \*\*\* - identificação da mão diferente.

O cálculo da estimativa da incerteza calculado pela Comissão Técnica (CT), foi realizado de acordo com o Guia da RELACRE 21.

Tabela 7– Exposição diária às vibrações, A(8) e Z-score

Laboratório	Exposição diária às vibrações, A (8)	Z-score
L1	6,2	-0,4
L3	6,8	-0,2
L7	7,3	-0,1
L9	4,7	-0,7
L13	7,2	-0,1
L15	4,9	-0,7
L20	9,2	0,4
L21	10,0	0,6
L24	16,9	2,3
L25	6,3	-0,3
L26	6,2	-0,4
L27	3,5	-1,1
L33	3,9	-0,9
L40	3,4	-1,1
L43	13,6	1,5
L45	18,4	2,7
L49	10,0	0,6
L54	7,4	-0,1
L55	4,9	-0,7
L57	8,9	0,3
L59	6,1	-0,4
L60	6,5	-0,3
L64	4,2	-0,9

A tabela 8 apresenta os parâmetros estatísticos - média e o desvio padrão, das referidas avaliações

A(8). Tabela 8 – Exposição diária às vibrações, A(8) - parâmetros estatísticos

PARÂMETRO	EXPOSIÇÃO DIÁRIA ÀS VIBRAÇÕES, A (8)
Média (Y)	7,67
Desvio padrão (s)	3,975

Através da tabela 6, verifica-se que a incerteza expandida calculada pelos laboratórios varia de 0,45 m/s<sup>2</sup> até ao valor máximo de 3,07 m/s<sup>2</sup>.

Os resultados são exatamente os indicados pelos laboratórios, verificando-se que a maioria apresenta corretamente os resultados, com dois Algarismos significativos.

Os laboratórios L24 e L45, apresentam um desempenho questionável, enquanto os restantes laboratórios têm um desempenho aceitável, conforme apresentado no gráfico 10 / tabela 7.

Análise gráfica:

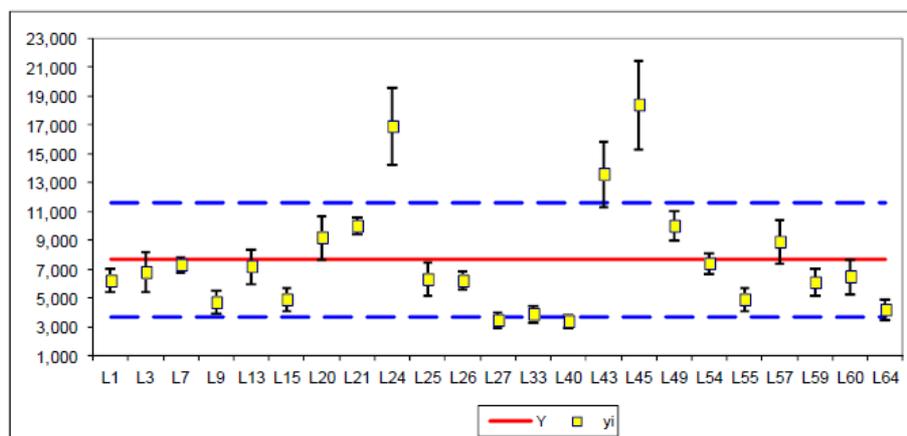


Gráfico 9 – Exposição diária às vibrações, A(8) e incerteza associada

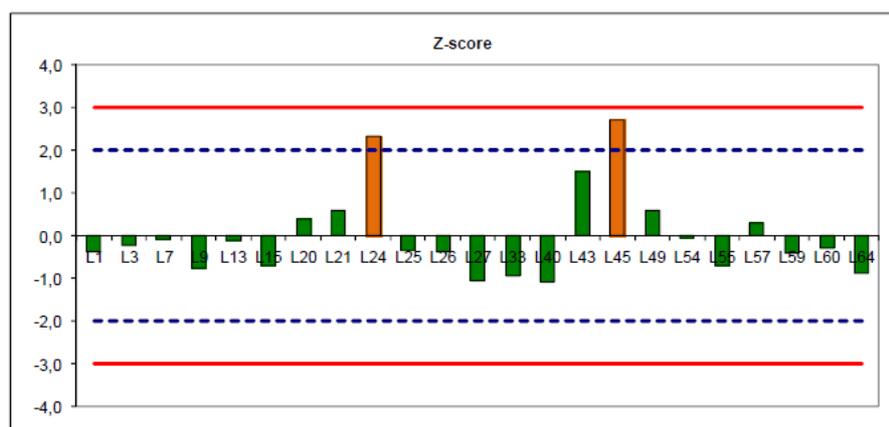


Gráfico 10 – Z-score da exposição diária às vibrações, A(8)

Os Laboratórios participantes apresentaram as seguintes fontes para as incertezas:

- Repetibilidade das medições;
- Duração da exposição;
- Sistema de medição;
- Fixação e localização do sensor;
- Verificação da cadeia de medição;
- Arredondamentos;
- Calibrador de vibrações.

## 4 CONCLUSÕES

Neste Ensaio de Comparação Interlaboratorial (ECI), foram detetados valores aberrantes, um desempenho inaceitável e alguns questionáveis.

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 ações corretivas.

## AGRADECIMENTOS

Agradece-se à Arsenal do Alfeite, SA, pela cedência das instalações onde decorreram os ensaios. Agradece-se igualmente ao técnico Armandino Costa da Arsenal do Alfeite, SA, pelo contributo dado 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] 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.
- [5] 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.
- [6] GUIA RELACRE 21 - Exposição dos Trabalhadores às Vibrações - Apontamentos sobre Estimativa das incertezas de Medição, janeiro, 2006.
- [7] Inglês, Fátima e Fradique, Jorge. Ensaio de Comparação Interlaboratorial (ECI) – Vibrações – Determinação da Exposição de Trabalhadores às Vibrações. Congresso Acústica 2008, Coimbra, Outubro de 2008.