

# **Avaliação da influência de vibrações em construções**

**(CARACTERIZAÇÃO DE SITUAÇÃO DE “TRABALHOS EM CURSO”)**

**(9ª CAMPANHA)**

Relatório n.ºMG712-9/10Ed3

**OBRECOL – Obras e Construções, S.A.**

Rua Joaquim António de Aguiar, n.º 41 – 4º Dto

1099-029 LISBOA

**Agosto 2011**

## ÍNDICE

|   |          |
|---|----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>                                    | <b>3</b> |
| <b>2. DADOS GERAIS DA EMPRESA CLIENTE .....</b>               | <b>6</b> |
| 2.1. ENDEREÇO.....  | 6        |
| 2.2. REGIME DE LABORAÇÃO.....                                 | 6        |
| <b>3. LOCAIS E PERÍODO DE MEDIÇÃO .....</b>                   | <b>6</b> |
| <b>4. EQUIPAMENTO UTILIZADO.....</b>                          | <b>7</b> |
| <b>5. METODOLOGIA .....</b>                                   | <b>7</b> |
| 5.1. VIBRAÇÕES IMPULSIVAS.....                                | 7        |
| <b>6. RESULTADOS .....</b>                                    | <b>9</b> |
| 6.1. MEDIÇÕES.....  | 9        |
| <b>7. CONCLUSÃO.....</b>                                      | <b>9</b> |
| 7.1. VALORES LIMITE A CUMPRIR PARA VIBRAÇÕES IMPULSIVAS ..... | 9        |
| 7.2. ANÁLISE DE CONFORMIDADE .....                            | 10       |

### ANEXOS

**Anexo 1:** LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM

**Anexo 2 :**REGISTOS

**Anexo 3 :**CERTIFICADOS DE CALIBRAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

---

## Análise de Vibrações

OBRECOL, S.A.

---

### 1. Introdução

A presente empreitada designada por “Empreitada Autónoma 1 para a Modernização da Linha do Norte e Quadruplicação da Linha de Cintura entre as estações do Areeiro e Oriente para compatibilização com as novas infra-estruturas da Rede de Alta Velocidade” está integrada no Projecto Global da “Ligação Ferroviária de Alta Velocidade entre Lisboa / Madrid, Subtroço Lisboa – Moita / via Terceira Travessia do Tejo (TTT) no Corredor Chelas / Barreiro, Modos Ferroviário e Rodoviário, adiante apenas denominado como Lote 3A2 – Lisboa – Moita / TTT”, cujo proponente é a RAVE – Rede Ferroviária de Alta Velocidade, S.A. e a entidade licenciadora a Rede Ferroviária Nacional – REFER, E.P.E., posteriormente referenciadas apenas por RAVE e REFER, respectivamente.

Este Projecto Global foi sujeito em Julho de 2008 ao procedimento de Avaliação de Impacte Ambiental (AIA), que culminou no dia 23 de Fevereiro de 2009 com a emissão, pelo Secretário de Estado do Ambiente, da Declaração de Impacte Ambiental (DIA) Favorável Condicionada à Solução B do Subtroço Lisboa – Moita / via Terceira Travessia do Tejo (TTT). Esta DIA obriga a RAVE, enquanto proponente do projecto, à implementação de um plano de monitorização das vibrações para a fase de construção.

No âmbito do procedimento de Pós – Avaliação, que decorre após a emissão da DIA, a RAVE, enquanto proponente do projecto, decidiu, devido à especificidade e complexidade do Lote 3A2 – Lisboa – Moita / TTT, dividir o projecto de execução em três grupos de projectos independentes, mas devidamente compatibilizados entre si, correspondendo o Grupo 1 à Secção Ferroviária entre Areeiro e Sacavém, o Grupo 2 à Secção Ferroviária entre Lisboa e Moita e infra-estruturas de sinalização partilhada e o Grupo 3 às Secções Rodoviárias Autonomizáveis. Para cada um dos grupos serão desenvolvidos os respectivos Relatórios de Conformidade Ambiental do Projecto de Execução (RECAPE) e processos de licenciamento, pelas entidades responsáveis por estes.

Para que fosse possível concretizar as intervenções previstas para o Grupo 1, onde se insere a presente empreitada, minimizando os impactes socioeconómicos resultantes das perturbações na circulação na Linha do Norte e na Linha de Cintura, infra-estruturas estruturantes responsáveis por uma

significativa capacidade do transporte ferroviário, suburbano, de longo curso e de mercadorias, a RAVE teve necessidade de individualizar e autonomizar os respectivos projectos de execução, sem que tal facto compromettesse a avaliação ambiental de cada parte bem como do projecto na sua globalidade. Para tal os projectos foram divididos em projectos com e sem interferência no serviço ferroviário.

Nos projectos sem interferência no serviço ferroviário incluem-se as obras preparatórias que correspondem às remodelações das passagens inferiores e superiores rodoviárias e pedonais e respectivos restabelecimentos e ao desvio de serviços afectados, enquanto que nos que têm interferência no serviço ferroviário se incluem a ampliação da Estação do Oriente, a construção do Parque de Material e Oficinas (PMO) do lado norte, a Empreitada geral 1 e a Empreitada geral 2.

Neste âmbito a RAVE promoveu, em paralelo com o Projecto de Execução PMO, a elaboração em Março de 2010, do Relatório de Conformidade Ambiental do Projecto de Execução (RECAPE) da “Linha do Norte / Linha de Cintura – Troço Areeiro – Sacavém – Quadruplicação e Inserção da Linha de Alta Velocidade – Parque de Material e Oficinas”, que terminou com a emissão em Junho de 2010, pela Agência Portuguesa do Ambiente, da conformidade do Projecto de Execução com a Declaração de Impacte Ambiental condicionada ao cumprimento do mencionado no respectivo parecer da Comissão de Avaliação.

A presente empreitada, adjudicada pela REFER em Setembro de 2010 à OBRECOL – Obras e Construções, S.A., compreende a execução de obras sem interferência do serviço ferroviário como o restabelecimento da Calçada da Picheleira, da Azinhaga da Salgada, da Rua Gonçalo Mendes da Maia, do acesso ao PMO, a ampliação da Passagem Superior da Av. Marechal Gomes da Costa, da Passagem Inferior da Av. de Pádua, da Passagem Inferior Pedonal da Travessa do Poço, o desvio e reforço do aqueduto do Alviela, as demolições da Passagem Superior da Rua do Corsário das Ilhas, de edificações diversas e do muro de Braço de Prata, bem como obras com interferência no serviço ferroviário como o caso da construção a 1ª fase do PMO do lado norte.

O Caderno de Encargos da presente empreitada obriga a OBRECOL a implementar um plano de monitorização das vibrações para a fase de construção para os projectos de **Construção do Parque de Material e Oficinas (PMO)** e **Desvio e Reforço do Aqueduto do Alviela**, onde foram pré-definidos pelo LNEC os pontos de medição. Este plano de monitorização foi apresentado no Manual de Gestão

Ambiental desta empreitada. De realçar que não foram realizadas medições das vibrações no âmbito da elaboração do RECAPE do PMO.

**Responsáveis pelas medições:** João Sousa

#### Notas

- Os resultados apresentados neste relatório referem-se exclusivamente ao observado nos respectivos período de medição
- Este relatório só pode ser reproduzido na íntegra, excepto quando haja autorização expressa do LMA da Pedamb.
- Esta edição substitui integralmente qualquer edição anterior

## 2. Dados gerais da empresa cliente

### 2.1. Endereço

**OBRECOL – Obras e Construções, S.A.**

Rua Joaquim António de Aguiar, n.º 41 – 4º Dto - [www.obrecol.pt](http://www.obrecol.pt)

1099-029 LISBOA

### 2.2. Regime de laboração

As operações avaliadas decorreram num dia normal da semana, sendo avaliada a contribuição conjunta da fontes usadas nas operações de obra com as vibrações geradas pela passagem de comboios nos pontos que se localizam próximos de linhas ferroviárias ou de zonas com tráfego rodoviário.

## 3. Locais e período de medição

Os resultados indicados neste relatório, referem-se as avaliações efectuadas no dia 9 de Agosto de 2011 durante cerca de uma hora, nos pontos de medição designados como **PA16**, **PA17** e **PA8**, sendo indicado na tabela seguinte os dados das avaliações (ver localização em anexo).

| Ponto | Local   | Fontes de vibração                                     |
|-------|---|--|
| PA8   | Plataforma via férrea, sob a obra de arte da<br>Av. Marechal Gomes da Costa / poente do vão central | Giratoria com martelo a partir betão armado<br>Tráfego |
| PA16  | Bairros dos dos Alfinetes - Marvila - junto a habitação   | Cilindro HAMM em compatacção do piso                   |
| PA17  | Bairros dos dos Alfinetes - Marvila - junto a habitação   | Cilindro HAMM em compatacção do piso                   |

Tabela 3.1. – Locais monitorizados fontes de vibração detectadas

## 4. Equipamento utilizado

- Analisador Svantek SV-948
- Acelerómetro triaxial Dytran 3233A
- Calibrador PCB 394C06
- GPS Garmin Geko 301

## 5. Metodologia

### 5.1. Vibrações impulsivas

De forma a determinar o risco de ocorrência de danos em edificações, efectuou-se a monitorização das vibrações de acordo com a Norma Portuguesa NP 2074 nos locais onde se encontra a frente de obra.

As campanhas foram efectuadas tendo sido obtido registos contínuos ao longo de um período de cerca de uma hora, sendo considerados não o valor médio de três medições, mas sim os valores máximos de velocidade registados ao longo da hora de medição em cada um dos eixos (“pioor caso”).

Determinou-se a velocidade de vibração utilizando um acelerómetro triaxial, fixo a um elemento solidário com a fundação, sempre que possível. A partir dos resultados das medições, é determinado o valor máximo de velocidade de vibração ( $v_R$ ), que é comparado com um valor limite ( $v_L$ ), sendo esta função de diversos parâmetros que podem influenciar o comportamento das construções.

Obtido um registo das três componentes da velocidade de vibração (nos eixos x, y e z) em função do tempo, determina-se o valor máximo registado ( $v_R$ ), através da seguinte expressão:

$$v_R = \max \left| \sqrt{v_x^2(t) + v_y^2(t) + v_z^2(t)} \right|$$

Para uma situação de cálculo e verificação de conformidade mais expeditos, note-se que:

$$v_R = \max \left| \sqrt{v_x^2(t) + v_y^2(t) + v_z^2(t)} \right| \leq \sqrt{\max v_x^2(t) + \max v_y^2(t) + \max v_z^2(t)}$$

Os resultados obtidos são comparados com o respectivo valor limite ( $v_L$ ), determinado pela seguinte expressão:

$$v_L = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot 10 \quad (mm/s)$$

em que:

- $\alpha$  - Coeficiente que, tendo em conta as características do terreno de fundação, assume os valores indicados na tabela 5.1 e se destina a acautelar os efeitos de assentamentos diferenciais das fundações;
- $\beta$  - Coeficiente que, tomando em consideração o tipo de construção, assume os valores indicados na tabela 5.2;
- $\gamma$  - Coeficiente que, fazendo intervir o número médio de solicitações, assume os valores indicados na tabela 5.3.

| Características do terreno   | $\alpha$ |
|--|----------|
| Rochas e solos coerentes rijos   | 2        |
| Solos coerentes muito duros, duros e de consistência média; solos incoerentes compactos; areias e misturas areia-seixo bem graduadas, areias uniformes | 1        |
| Solos incoerentes soltos: areias e misturas areia-seixo bem graduadas, areias uniformes, solos coerentes moles e muito moles                           | 0,5      |

Tabela 5.1. – Valores de coeficiente  $\alpha$

| Tipo de construção  | $\beta$ |
|---|---------|
| Construções que exigem cuidados especiais<br>(ex.: monumentos históricos, hospitais, depósitos de água, chaminés) | 0,5     |
| Construções correntes   | 1       |
| Construções reforçadas  | 3       |

Tabela 5.2. – Valores de coeficiente  $\beta$



| Nível médio diário de solicitações | $\gamma$ |
|------------------------------------|----------|
| < 3                                | 1        |
| > 3                                | 0,7      |

Tabela 5.3. – Valores de coeficiente  $\gamma$

## 6. Resultados

### 6.1. Medições

Apresentam-se de seguida os valores caracterizadores das vibrações, registados nos pontos de amostragem desta campanha.

| Ponto | Velocidade de vibração (mm/s) |       |      | $v_R$<br>(mm/s) |
|-------|-------------------------------|-------|------|-----------------|
|       | x                             | y     | z    |                 |
| PA8   | 28,3                          | 119,8 | 70,7 | 142,0           |
| PA16  | 35,4                          | 21,9  | 10,4 | 42,9            |
| PA17  | 25,7                          | 16,4  | 7,0  | 31,3            |

Tabela 6.1 – Valores medidos nos três eixos

## 7. Conclusão

### 7.1. Valores limite a cumprir para vibrações impulsivas

De forma a minimizar o impacto decorrente das vibrações produzidas no decurso de actividades potencialmente geradoras de vibrações, deverão ser observados os seguintes valores limite:

- Conforme determinado na NP2074:1983, deverão ser respeitados os seguintes valores limite, de forma a evitar a ocorrência de danos nas edificações:

| Valor limite da velocidade máxima de vibração (mm/s) |                                      |  |                 |
|--|--------------------------------------|--|-----------------|
| Tipo de construção                                   | Tipo de solo                         |  |                 |
|  | Incoerentes soltos e coerentes moles | Incoerentes compactos e coerentes duros e médios | Coerentes rijos |
| Sensível   | 1,75 - 2,5                           | 3,5 - 5  | 7 - 10          |
| Corrente   | 3,5 - 5                              | 7 - 10   | 14 - 20         |
| Reforçada  | 10,5 - 15                            | 21 - 30  | 42 - 60         |

**Nota:** os primeiros valores referem-se a situações de ocorrência de mais do que 3 solicitações diárias. Os segundos são aplicáveis nas restantes situações.

## 7.2. Análise de conformidade

Com base nas avaliações efectuadas, apresenta-se no quadro seguinte a análise comparativa dos resultados obtidos na *situação de obra* com os respectivos valores-limite.

Note-se que nos pontos avaliados considera-se que estes apresentam solos coerentes rijos, ocorrendo em média mais de 3 solicitações diárias a construção é de tipo corrente. Neste caso, o valor limite será de **14mm/s** (ver cap. 7.1).

| Ponto de medição | Resultado final $v_R$<br>(mm/s) | Coeficientes |         |          | Valor limite da vel. de vibração $v_L$<br>(mm/s) |
|------------------|---------------------------------|--------------|---------|----------|--|
|                  |                                 | $\alpha$     | $\beta$ | $\gamma$ |  |
| PA8              | <b>142,0</b>                    | 2            | 1       | 0,7      | <b>14</b>  |
| PA16             | <b>42,9</b>                     | 2            | 1       | 0,7      | <b>14</b>  |
| PA17             | <b>31,3</b>                     | 2            | 1       | 0,7      | <b>14</b>  |

Tabela 7.1 – Análise de conformidade nos pontos avaliados

Tendo sido efectuada uma abordagem conservativa dos resultados obtidos usando os três valores máximos registados em cada eixo ao longo do tempo de medição, e tendo-se verificado o incumprimento em todos os pontos, será efectuada uma nova análise (gráfica) que indique agora qual o “pior momento” registado em simultâneo nos três eixos. As figuras seguintes revelam então esse momento para cada ponto.

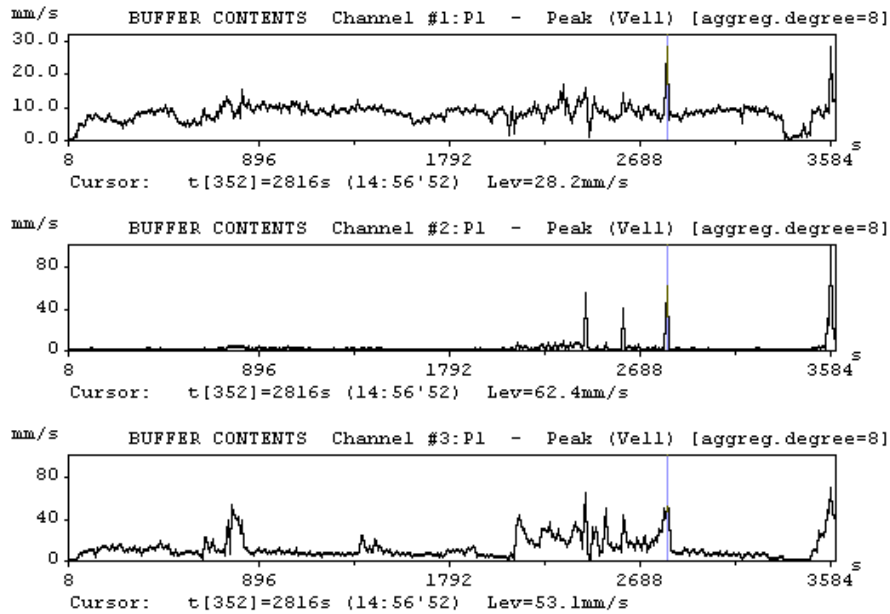


Fig. 1 - Picos observados em simultâneo no ponto PA8 nos três eixos

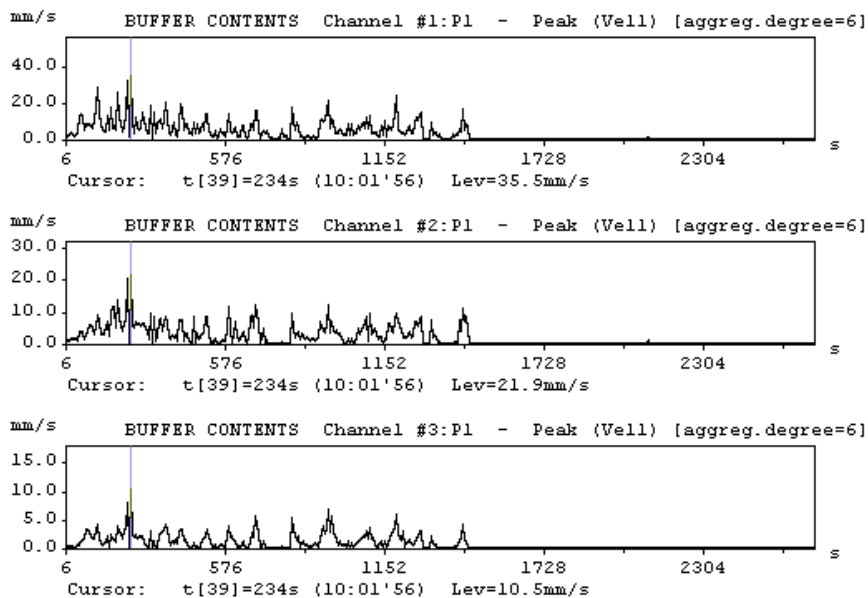


Fig. 2 - Picos observados em simultâneo no ponto PA16 nos três eixos

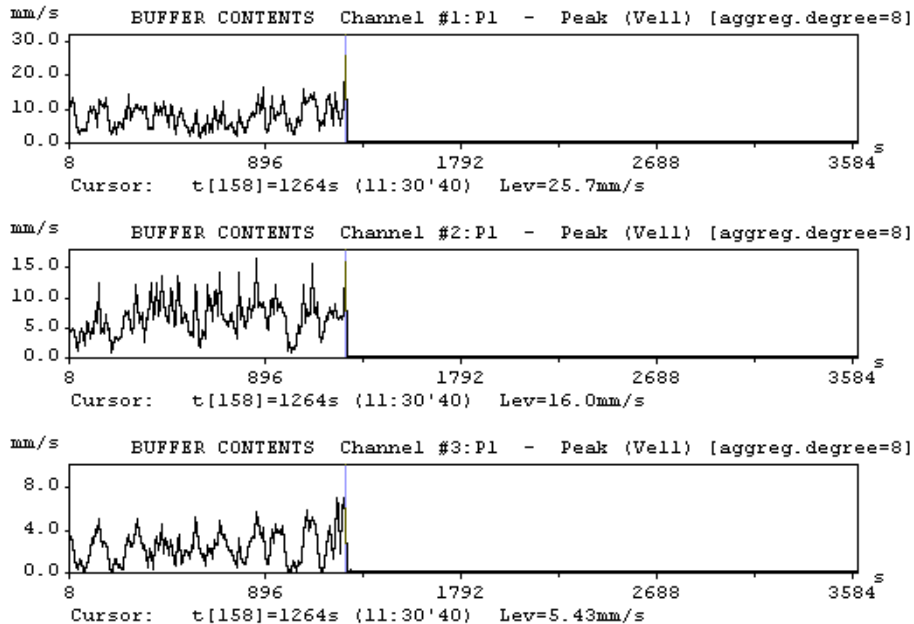


Fig. 3 - Picos observados em simultâneo no ponto PA17 nos três eixos

Usando agora os novos valores para cada ponto obtemos os seguintes novos resultados:

| Ponto de medição | Resultado final $v_R$<br>(mm/s) | Coeficientes |         |          | Valor limite da vel. de vibração $v_L$<br>(mm/s) |
|------------------|---------------------------------|--------------|---------|----------|--|
|                  |                                 | $\alpha$     | $\beta$ | $\gamma$ |  |
| PA8              | 86,7                            | 2            | 1       | 0,7      | 14   |
| PA16             | 43,0                            | 2            | 1       | 0,7      | 14   |
| PA17             | 30,8                            | 2            | 1       | 0,7      | 14   |

Tabela 7.2 – Análise de conformidade nos pontos avaliados (análise real)

Como conclusão temos o seguinte

- Nos pontos **PA8, PA16 e PA17** o limite (14mm/s) **não estará a ser cumprido** para construção de tipo “corrente”. Os valores obtidos na “situação de referência” para estes pontos, foram respectivamente, de 2.4mm/s, 8.7mm/s e 3.0mm/s.

- Quanto a ocorrência de **danos nas edificações** e na ausência de outros limites indicados na norma ainda em vigor, o LNEC tem usado o seguinte critério:

| 1,4 x V <sub>ef</sub> (mm/s) | Efeitos  |
|------------------------------|--|
| V < 5                        | Praticamente nulos   |
| 5 < V < 10                   | Queda de cal, especialmente em edifícios antigos                               |
| 10 < V < 30                  | Fendilhação ligeira nos revestimentos  |
| 30 < V < 60                  | Fendilhação acentuada nos revestimentos e alvenarias                           |
| V > 60                       | Danos consideráveis; Possibilidade de fendilhação da estrutura de betão armado |

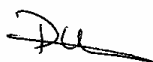
Nota: componente vertical ou horizontal se esta for mais significativa

Segundo este critério, e pela análise dos valores máximos eficazes (RMS) registados nas suas componentes, detectou-se no ponto PA8 a “*possibilidade de queda de cal, especialmente em edifícios antigos*”. Nos pontos PA16 e PA17 os riscos serão “*praticamente nulos*”.

- ✓ Face aos valores obtidos nos pontos avaliados recomenda-se a adopção de medidas mitigadoras destes impactes, tais como, e de uma forma genérica, as seguintes:
- Execução dos trabalhos com alternância das principais fontes geradoras de vibrações no local;
  - Redução da intensidade dos equipamentos principais geradores de vibrações;
  - Monitorização visual do edificado-alvo no final dos trabalhos.

Marinha Grande, 30 de Agosto de 2011

Elaborado por:



Eng. Pedro Silva

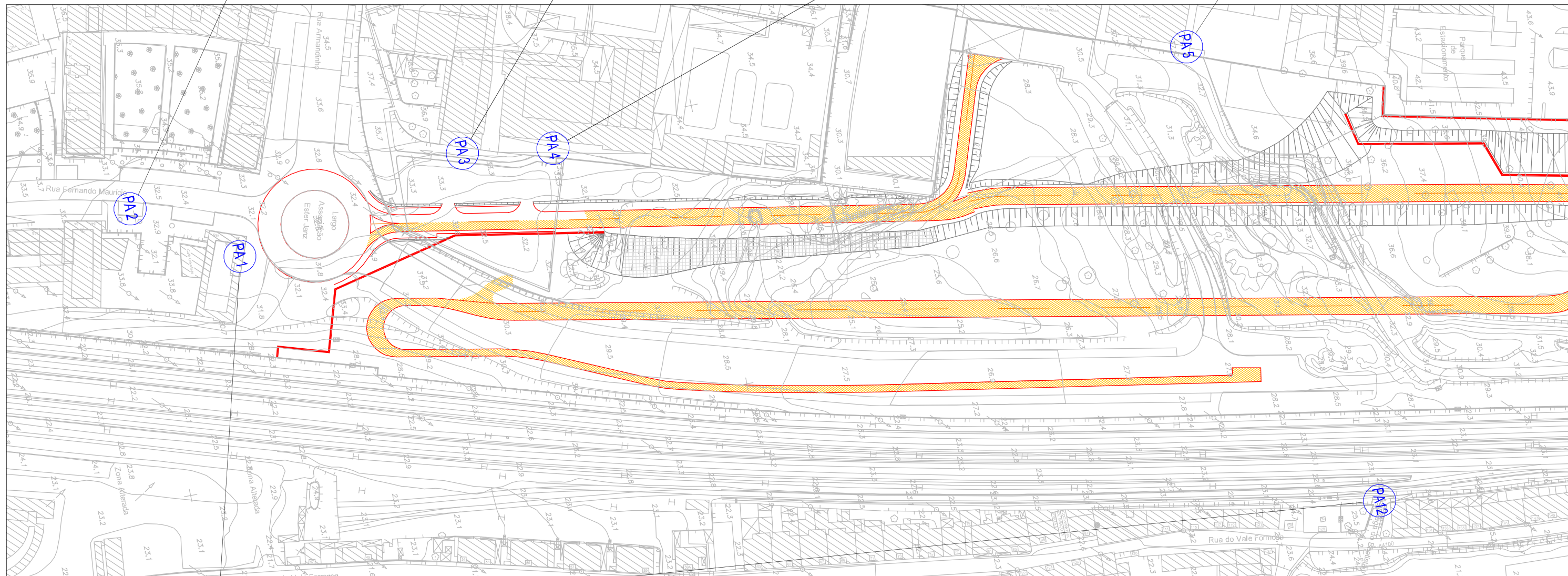
Director Técnico:



Eng. Jorge Branco

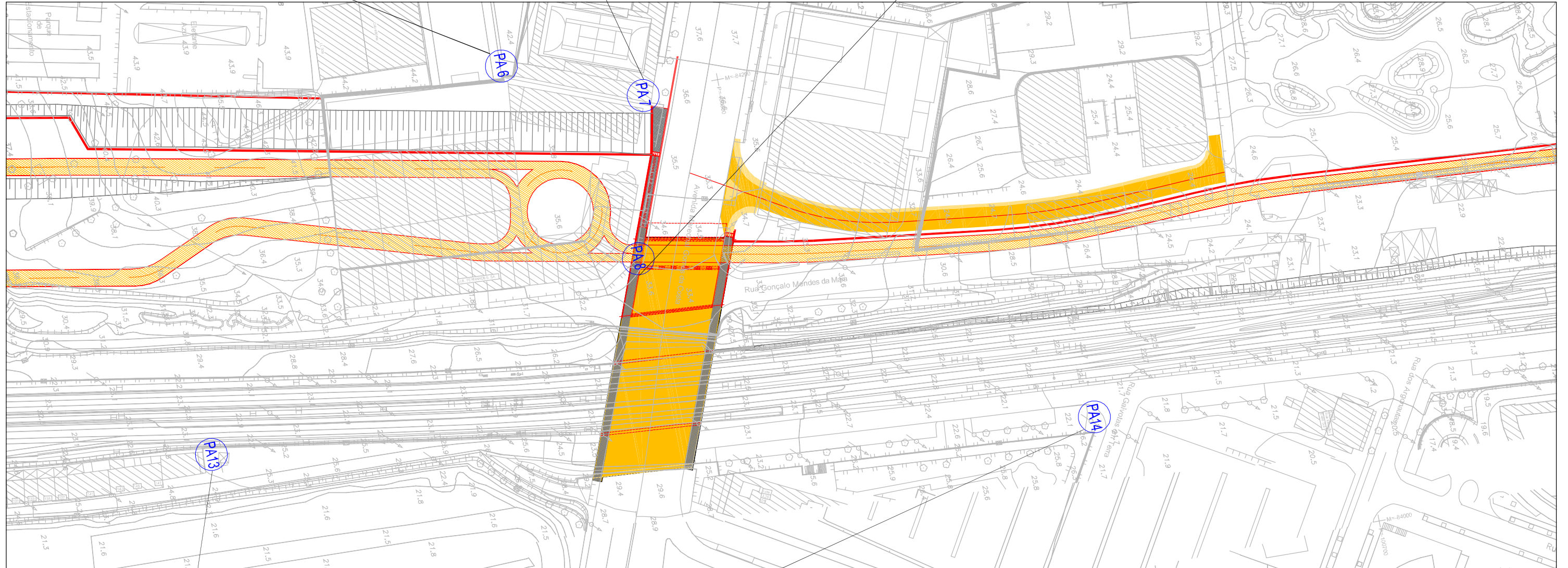
## **ANEXO 1**





| Alterações  |                      | Designação  | Assinatura | Data   |
|---|----------------------|---|------------|--|
| Data  | 21/10/2010           |   |            |  |
| DES.  | José António Moreira |   |            |  |
| APROV.  |                      |   |            |  |
| ESCALA:   | N/A                  |   |            |  |
| EMPREITADA AUTÓNOMA 1<br>QUADRUPLICAÇÃO L. DE CINTURA<br>AREIRO / ORIENTE |                      |    |            | N.º<br><b>482-110-01-002</b><br>SUBSTITUI:<br>SUBSTITUIDO POR: |
|   |                      | PROGRAMA DE MONITORIZAÇÃO DAS VIBRAÇÕES   |            |  |
|   |                      | PONTOS DE AMOSTRAGEM  |            |  |
|   |                      | PLANTA  |            |  |
|   |                      | 1/4   |            |  |

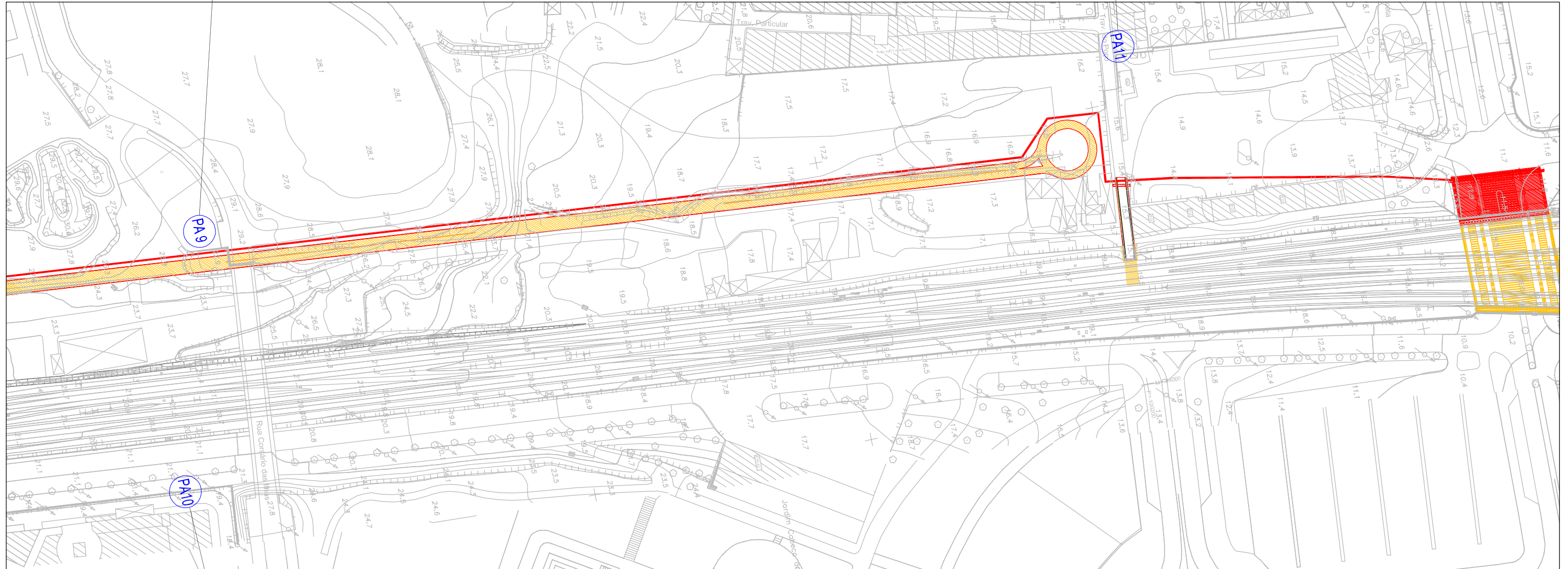




| Alterações  |                      | Designação   | Assinatura  | Data |
|---|----------------------|--|---|------|
| Data  | 21/10/2010           |  |   |      |
| DES.  | José António Moreira |  |   |      |
| APROV.  |                      |  |   |      |
| ESCALA:   | N/A                  |  |   |      |
| EMPREITADA AUTÓNOMA 1<br>QUADRUPLICAÇÃO L. DE CINTURA<br>AREIRO / ORIENTE |                      | PROGRAMA DE MONITORIZAÇÃO DAS VIBRAÇÕES<br>PONTOS DE AMOSTRAGEM<br>PLANTA<br>2/4 | N.º<br>482-110-01-002<br>SUBSTITUI:<br>SUBSTITUIDO POR: |      |



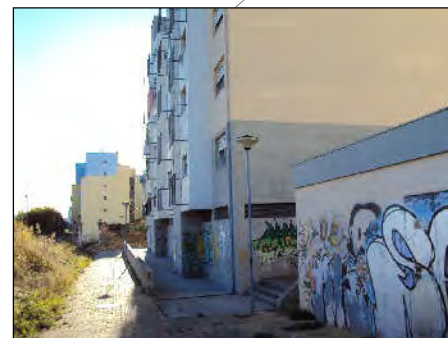
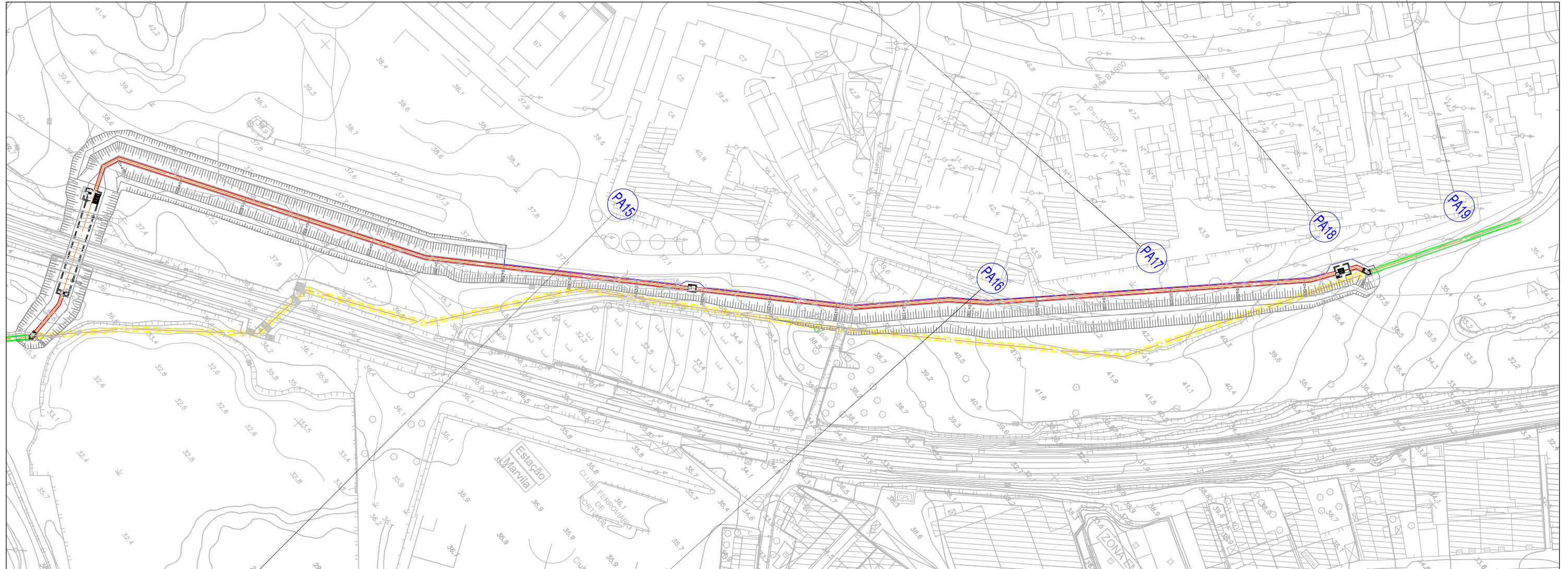




| Alterações  |  | Designação   | Assinatura | Data  |
|---|--|--|------------|---|
| Data  |  | 21/10/2010   |            |   |
| DES.  |  | José António Moreira   |            |   |
| APROV.  |  |  |            |   |
| ESCALA:   |  | N/A  |            |   |
| EMPREITADA AUTÓNOMA 1<br>QUADRUPLICAÇÃO L. DE CINTURA<br>AREIRO / ORIENTE |  | PROGRAMA DE MONITORIZAÇÃO DAS VIBRAÇÕES<br>PONTOS DE AMOSTRAGEM<br>PLANTA<br>3/4 |            | N.º<br>482-110-01-002<br>SUBSTITUI:<br>SUBSTITUIDO POR: |







| Alterações  |  | Designação   |  | Assinatura  | Data |
|---|--|--|--|---|------|
| Data  |  | 21/10/2010   |  |   |      |
| DES.  |  | José António Moreira   |  |   |      |
| APROV.  |  |  |  |   |      |
| ESCALA:   |  | N/A  |  |   |      |
| EMPREITADA AUTÓNOMA 1<br>QUADRUPLICAÇÃO L. DE CINTURA<br>AREIRO / ORIENTE |  | PROGRAMA DE MONITORIZAÇÃO DAS VIBRAÇÕES<br>PONTOS DE AMOSTRAGEM<br>PLANTA<br>4/4 |  | N.º<br>482-110-01-002<br>SUBSTITUI:<br>SUBSTITUÍDO POR: |      |





| Ponto de amostragem:   | Perspectiva da obra no ponto de medição:   |
|--|--|
| <p><b>PA 8</b></p> <p>PS da Av. Marechal Gomes da Costa</p> <p>Distância à obra: 2 m</p> |    |
| <p><b>PA 16</b></p> <p>Bairro dos Alfinetes</p> <p>Distância à obra: 10 m</p>            |   |
| <p><b>PA 17</b></p> <p>Bairro dos Alfinetes</p> <p>Distância à obra: 10 m</p>            |  |

## **ANEXO 2**

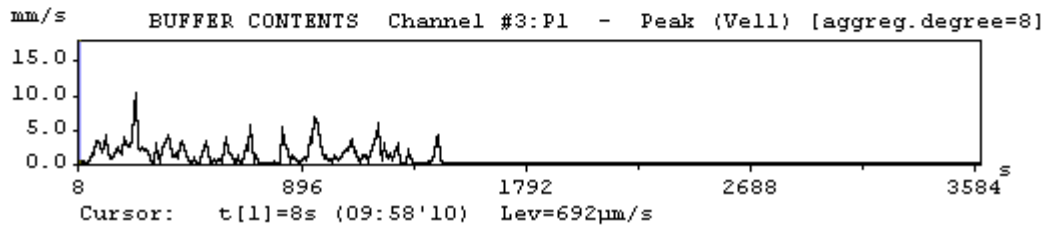
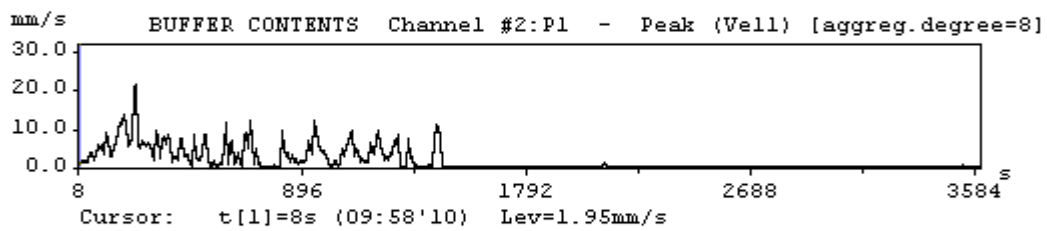
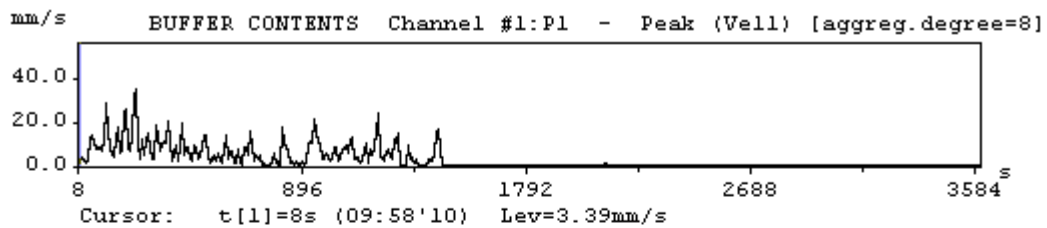
## PA16

Main results for vibration:

| Start<br>yy/mm/dd | Chan | Prof | Filter | Detect | Time     | units | Peak  | P-P   | MTVV  | RMS  | VDV   | OvlT |
|-------------------|------|------|--------|--------|----------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|
| hh:mm:ss          |      |      |        | 1s     | hh:mm:ss |       |       |       |       |      | m/sx  | %    |
| 11/08/09 09:58'06 | #1   | P1   | Vel1   | 1s     | 01:00'00 | mm/s  | 35.44 | 66.68 | 14.08 | 1.97 | ----- | 2.58 |
| 11/08/09 09:58'06 | #2   | P1   | Vel1   | 1s     | 01:00'00 | mm/s  | 21.98 | 39.86 | 6.78  | 1.17 | ----- | 2.81 |
| 11/08/09 09:58'06 | #3   | P1   | Vel1   | 1s     | 01:00'00 | mm/s  | 10.42 | 18.32 | 2.37  | 0.50 | ----- | 2.64 |

sx = s^1.75

#1=x #2=y #3=z



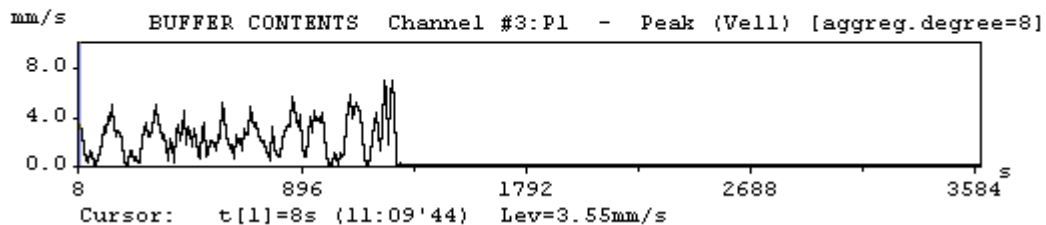
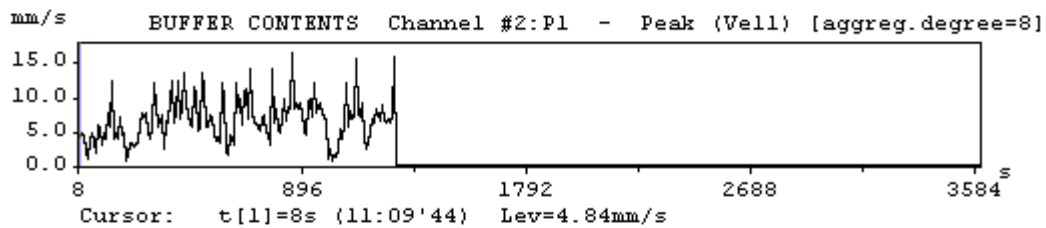
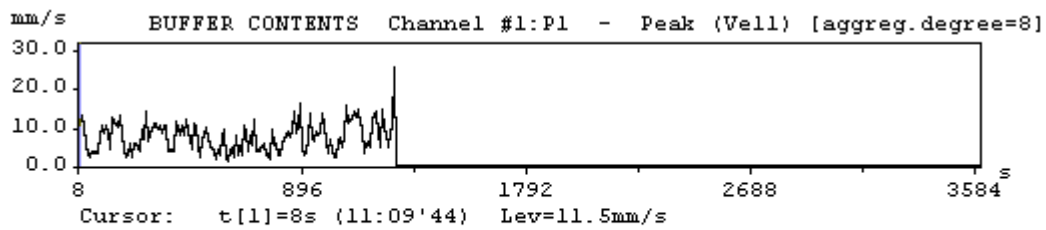
## PA17

Main results for vibration:

| Start<br>yy/mm/dd | Chan<br>hh:mm:ss | Prof | Filter | Detect | Time<br>hh:mm:ss | units    | Peak | P-P   | MTVV  | RMS  | VDV<br>m/sx | Ov1T<br>% |
|-------------------|------------------|------|--------|--------|------------------|----------|------|-------|-------|------|-------------|-----------|
| 11/08/09          | 11:09'38         | #1   | P1     | Vel1   | 1s               | 01:00'00 | mm/s | 25.67 | 42.95 | 9.09 | 2.02        | 0.64      |
| 11/08/09          | 11:09'38         | #2   | P1     | Vel1   | 1s               | 01:00'00 | mm/s | 16.42 | 32.85 | 7.12 | 1.56        | 0.89      |
| 11/08/09          | 11:09'38         | #3   | P1     | Vel1   | 1s               | 01:00'00 | mm/s | 7.04  | 14.06 | 3.55 | 0.61        | 0.92      |

sx = s^1.75

#1=x #2=y #3=z



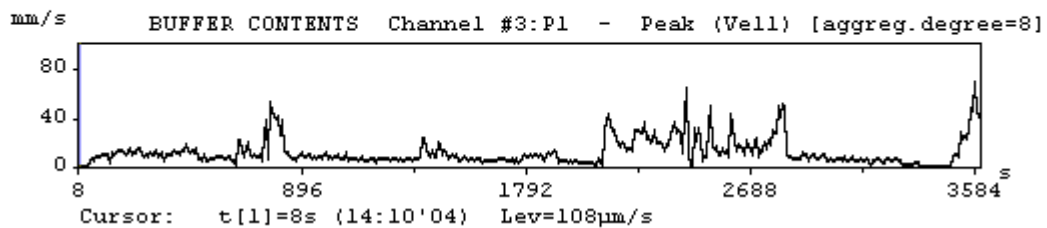
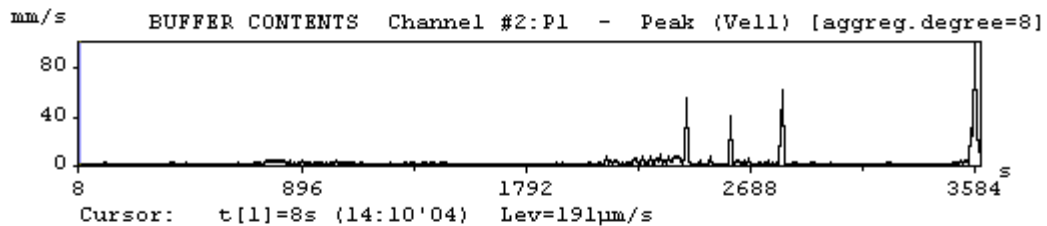
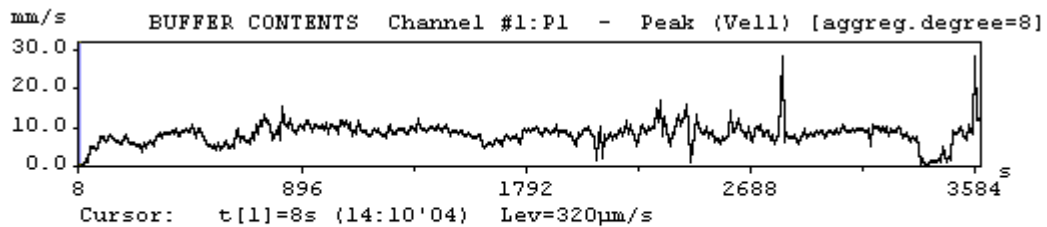
## PA8

Main results for vibration:

| Start<br>yy/mm/dd | hh:mm:ss | Chan | Prof | Filter | Detect | Time<br>hh:mm:ss | units | Peak  | P-P   | MTVV  | RMS  | VDV<br>m/sx | Ov1T<br>% |
|-------------------|----------|------|------|--------|--------|------------------|-------|-------|-------|-------|------|-------------|-----------|
| 11/08/09          | 14:09'58 | #1   | P1   | Vel1   | 1s     | 01:00'00         | mm/s  | 28.25 | 54.33 | 14.47 | 2.40 | -----       | 21.7      |
| 11/08/09          | 14:09'58 | #2   | P1   | Vel1   | 1s     | 01:00'00         | mm/s  | 119.8 | 206.8 | 63.9  | 2.2  | -----       | 22.2      |
| 11/08/09          | 14:09'58 | #3   | P1   | Vel1   | 1s     | 01:00'00         | mm/s  | 70.7  | 123.5 | 27.5  | 4.0  | -----       | 76.8      |

sx = s^1.75

#1=x #2=y #3=z



## **ANEXO 3**





**IPAC**  
acreditação

M0059  
Calibração

Laboratório de Calibração em  
Metrologia Electro-Física

# Certificado de Calibração

Data de emissão 2011-01-18

Certificado Nº: CACV614/11

Página 1 de 12

Equipamento **Sistema de medição de vibração corpo humano - edificios**

## UNIDADE DE LEITURA

Marca: Svantek  
Modelo: 958

Nº de série: **1641**  
Nº de ident.: --

## ACELERÓMETRO

Marca: Dytran  
Modelo: 3233A

Nº de série: **22813**

Cliente **PEDAMB - Engenharia Ambiental, Lda.**  
Rua da Indústria, 13  
Marinha Grande

Data de Calibração 2011-01-12

Ciñdições Ambientais Temperatura: 22,8 °C Humidade relativa: 54 %HR Pressão atmosf.: 99 kPa

Procedimento O Sistema de Vibração foi calibrado de acordo com os procedimentos PO.M-DM/VIB 01; PO.M-DM/ELEC 01; 06; 11; tendo por base o documento Norma ISO 8041:2005.

Rastreabilidade Sensibilidade de Vibração, Acelerómetro padrão tipo 8305 S rastreado ao Laboratório Primário de Acústica Dinamarquês - DPLA (Dinamarca)  
Tensão alternada, Fluke 5790A, Fluke A40 / A40A, rastreado à Fluke, Kassel (Deutschland - DKD).  
Tempo e Frequência, Hewlett Packard 58503A, rastreado ao Instituto Português da Qualidade (IPQ), Portugal.

Estado do equipamento Não foram identificados aspectos relevantes que afectassem os resultados.

Resultados Encontram-se apresentados na(s) folha(s) em anexo.  
A incerteza expandida apresentada, está expressa pela incerteza-padrão multiplicada pelo factor de expansão  $k=2$ , o qual para uma distribuição normal corresponde a uma probabilidade de, aproximadamente, 95%. A incerteza foi calculada de acordo com o documento EA-4/02.

Calibrado por

Luís Ferreira

Responsável pela Validação

Luís Ferreira (Responsável Técnico)



**IPAC**  
acreditação

M0059  
Calibração

Laboratório de Calibração em  
Metrologia Electro-Física

# Certificado de Calibração

n.º CACV614/11

Página 2 de 12

## Inscrições no equipamento e informação documentada

### REQUISITOS

|  |               |
|--|---------------|
| Referência para a norma que é aplicável                  | ISO 8041:2005 |
| Indicação do fabricante do equipamento                   | CONFORME      |
| Indicação do modelo do equipamento                       | CONFORME      |
| Indicação do número de série do equipamento              | CONFORME      |
| Documentação referente às diversas partes do equipamento | CONFORME      |
| Referências às especificações em unidades SI             | CONFORME      |
| Documentação referente às funcionalidades do equipamento | CONFORME      |
| Informação geral   | CONFORME      |
| Funcionalidades  | CONFORME      |
| Sensibilidade de vibração                                | CONFORME      |
| Sensibilidade à variação das condições ambientais        | CONFORME      |
| Fonte de alimentação                                     | CONFORME      |
| Transductor de vibração                                  | CONFORME      |
| Acessorios   | CONFORME      |
| Utilização do equipamento                                | CONFORME      |
| Informação adicional para teste                          | CONFORME      |
| Informação suplementar                                   | CONFORME      |

Calibrado por

Luís Ferreira

Responsável pela Validação

Luís Ferreira (Responsável Técnico)



**IPAC**  
acreditação

M0059  
Calibração

Laboratório de Calibração em  
Metrologia Electro-Física

# Certificado de Calibração

n.º CACV614/11

Página 3 de 12

## Funcionalidades imperativas e genéricas

### REQUISITOS - Características generales

|  |          |
|--|----------|
| Apresenta o valor de medição de aceleração ponderada em média no tempo             | CONFORME |
| Apresenta o valor de medição de aceleração em limitação de banda em média no tempo | CONFORME |
| Apresenta o valor de duração da medição  | CONFORME |
| Apresenta indicação de sobrecarga em qualquer altura da medição                    | CONFORME |
| Permite o ajuste de sensibilidade de vibração                                      | CONFORME |
| Referência às gamas de medição e qual a gama de referência                         | CONFORME |
| Referência ao uso da função "hold"   | CONFORME |
| Referência à possibilidade de substituição do transdutor por sinal eléctrico       | CONFORME |
| Referência ao valor máximo que poderá ser aplicado nos estes eléctricos            | CONFORME |

### REQUISITOS - Linearidade de amplitude

|  |          |
|--|----------|
| Gama de linearidade de referência maior do que 60 dB                               | CONFORME |
| Referência à gama de linearidade de valores com erros de linearidade inferior a 6% | CONFORME |
| Referência ao limite inferior e superior de medição de cada gama                   | CONFORME |

### REQUISITOS - Indicação do parâmetro de medição

|  |          |
|--|----------|
| Indetificação inequívoca do parâmetro de medição                                   | CONFORME |
| Descrição no manual dos diversos parâmetros de medição                             | CONFORME |
| Indicação da ponderação em frequência do parâmetro a analisar                      | CONFORME |
| Indicação dos factores multiplicativos usados na medição em combinação de eixos    | CONFORME |
| Referência hardware e métodos usados para a transferência de dados por comunicação | CONFORME |
| Indicação do valor medido com resolução inferior a 1%                              | CONFORME |
| Tempo apropriado de actualização do ecran  | CONFORME |
| Referência aos diversos tempos de actualização de ecran disponíveis                | CONFORME |
| Tempo de estabilização e "warm up" inferior a 2 minutos                            | CONFORME |
| Indicação de pronto a usar   | CONFORME |
| Tempo de actuação de início de medição inferior a 0,5 segundos                     | CONFORME |
| Indicação inequívoca de inicialização ou de medição em progresso                   | CONFORME |
| Referência às características de saída eléctrica de sinal, quando aplicável        | CONFORME |
| Referência ao tipo de baterias a usar no equipamento                               | CONFORME |
| Existência de filtro de limitação de banda   | CONFORME |

Calibrado por

Luís Ferreira

Responsável pela Validação

Luís Ferreira (Responsável Técnico)



IPAC  
accreditação

M0059  
Calibração

Laboratório de Calibração em  
Metrologia Electro-Física

# Certificado de Calibração

n.º CACV614/11

Página 4 de 12

## TESTES MECÂNICOS

### Indicação à frequência de referência sobre condições de referência

Determinação da sensibilidade de vibração do transductor, à frequência de referência

#### SISTEMA MÃO-BRACO

| Frequência | Canal / Eixo de medição | Sensibilidade             | Incerteza |
|------------|-------------------------|---------------------------|-----------|
| 159,2 Hz   | Canal 1 / X             | 110,8 mV/m/s <sup>2</sup> | ± 1 %     |
|            | Canal 2 / Y             | 106,5 mV/m/s <sup>2</sup> | ± 1 %     |
|            | Canal 3 / Z             | 105,2 mV/m/s <sup>2</sup> | ± 1 %     |
| 15,9 Hz    | Canal 1 / X             | 113,0 mV/m/s <sup>2</sup> | ± 1 %     |
|            | Canal 2 / Y             | 108,8 mV/m/s <sup>2</sup> | ± 1 %     |
|            | Canal 3 / Z             | 107,3 mV/m/s <sup>2</sup> | ± 1 %     |

### Cadeia de medição

#### W<sub>m</sub> - malha de ponderação corpo-inteiro - Eixo Y

| Frequência analisada | Amplitude de referência | Valor de referência   | Valor do equipamento  | Erro   | Especificação | Incerteza expandida | Resultado |
|----------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--------|---------------|---------------------|-----------|
| 0,5 Hz               | 0,482 m/s <sup>2</sup>  | 0,18 m/s <sup>2</sup> | 0,18 m/s <sup>2</sup> | 3,4 %  | +26%, -100%   | ± 3 %               | OK        |
| 1,0 Hz               | 1 m/s <sup>2</sup>      | 0,83 m/s <sup>2</sup> | 0,84 m/s <sup>2</sup> | 1,2 %  | +26%, -21%    | ± 3 %               | OK        |
| 2,0 Hz               | 1 m/s <sup>2</sup>      | 0,93 m/s <sup>2</sup> | 0,94 m/s <sup>2</sup> | 0,6 %  | +26%, -21%    | ± 3 %               | OK        |
| 4,0 Hz               | 1 m/s <sup>2</sup>      | 0,82 m/s <sup>2</sup> | 0,82 m/s <sup>2</sup> | 0,0 %  | +12%, -11%    | ± 3 %               | OK        |
| 7,9 Hz               | 1 m/s <sup>2</sup>      | 0,58 m/s <sup>2</sup> | 0,58 m/s <sup>2</sup> | -0,2 % | +12%, -11%    | ± 3 %               | OK        |
| 15,9 Hz              | 1 m/s <sup>2</sup>      | 0,34 m/s <sup>2</sup> | 0,34 m/s <sup>2</sup> | -0,9 % | +12%, -11%    | ± 3 %               | OK        |
| 31,6 Hz              | 1 m/s <sup>2</sup>      | 0,18 m/s <sup>2</sup> | 0,17 m/s <sup>2</sup> | -1,1 % | +12%, -11%    | ± 3 %               | OK        |
| 63,1 Hz              | 1 m/s <sup>2</sup>      | 0,08 m/s <sup>2</sup> | 0,08 m/s <sup>2</sup> | -0,1 % | +12%, -11%    | ± 3 %               | OK        |
| 125,9 Hz             | 1 m/s <sup>2</sup>      | 0,02 m/s <sup>2</sup> | 0,02 m/s <sup>2</sup> | 3,3 %  | +26%, -21%    | ± 3 %               | OK        |
| 158,5 Hz             | 1 m/s <sup>2</sup>      | 0,01 m/s <sup>2</sup> | 0,01 m/s <sup>2</sup> | 6,8 %  | +26%, -21%    | ± 3 %               | OK        |

Calibrado por

Luís Ferreira

Responsável pela Validação

Luís Ferreira (Responsável Técnico)

# Certificado de Calibração

n.º CACV614/11

Página 5 de 12

## Indicação à frequência de referência sobre condições de referência

### Maior diferença encontrada nas medições - Testes mecânicos

| Sistema | Frequência de referência | Amplitude de referência | Diferença | Especificação | Incerteza expandida | Resultado |
|---------|--------------------------|-------------------------|-----------|---------------|---------------------|-----------|
| Canal X | 15,92 Hz                 | 1 m/s <sup>2</sup>      | 0,0 %     | < 3 %         | ± 2 %               | OK        |
| Canal Y | 15,92 Hz                 | 1 m/s <sup>2</sup>      | 0,3 %     | < 3 %         | ± 2 %               | OK        |
| Canal Z | 15,92 Hz                 | 1 m/s <sup>2</sup>      | 0,3 %     | < 3 %         | ± 2 %               | OK        |

### Erro de medição - Ponderação

| Frequência de referência | Amplitude de referência | Valor de referência    | Valor en el equipo     | Error  | Especificação | Incerteza expandida | Erro % Especificação |
|--------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|--------|---------------|---------------------|----------------------|
| 15,92 Hz                 | 1 m/s <sup>2</sup>      | 0,336 m/s <sup>2</sup> | 0,333 m/s <sup>2</sup> | -1,0 % | ± 3 %         | ± 2 %               | ± 32 %               |

### Erro de medição - Ponderação - com plataforma de medição SA027

| Frecuencia de referencia | Amplitude de referência | Valor de referência    | Valor do equipamento   | Erro   | Especificação | Incerteza expandida | Erro % Especificação |
|--------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|--------|---------------|---------------------|----------------------|
| 15,92 Hz                 | 1 m/s <sup>2</sup>      | 0,336 m/s <sup>2</sup> | 0,333 m/s <sup>2</sup> | -1,0 % | ± 3 %         | ± 2 %               | ± 32 %               |

### Variação encontrada

| Frequência analisada | Erro sem plataforma | Erro com plataforma | Diferença |
|----------------------|---------------------|---------------------|-----------|
| 15,92 Hz             | -1,0 %              | -1,0 %              | 0,0 %     |

Calibrado por



Luís Ferreira

Responsável pela Validação



Luís Ferreira (Responsável Técnico)



**IPAC**  
acreditação

M0059  
Calibração

Laboratório de Calibração em  
Metrologia Electro-Física

# Certificado de Calibração

n.º CACV614/11

Página 6 de 12

## Cross-talk

| Valor de referência            | Canal em teste | Valor do equipamento   | Diferença encontrada | Especificação da norma | Resultado |
|--------------------------------|----------------|------------------------|----------------------|------------------------|-----------|
| Canal 1<br>24 m/s <sup>2</sup> | Canal 2        | 0,003 m/s <sup>2</sup> | 0,01 %               | < 0,5 %                | OK        |
|                                | Canal 3        | 0,000 m/s <sup>2</sup> | 0,00 %               | < 0,5 %                | OK        |
| Canal 2<br>24 m/s <sup>2</sup> | Canal 1        | 0,003 m/s <sup>2</sup> | 0,01 %               | < 0,5 %                | OK        |
|                                | Canal 3        | 0,002 m/s <sup>2</sup> | 0,01 %               | < 0,5 %                | OK        |
| Canal 3<br>24 m/s <sup>2</sup> | Canal 1        | 0,002 m/s <sup>2</sup> | 0,01 %               | < 0,5 %                | OK        |
|                                | Canal 2        | 0,002 m/s <sup>2</sup> | 0,01 %               | < 0,5 %                | OK        |



Calibrado por

Luís Ferreira

Responsável pela Validação

Luís Ferreira (Responsável Técnico)



IPAC  
acreditação

M0059  
Calibração

Laboratório de Calibração em  
Metrologia Electro-Física

# Certificado de Calibração

n.º CACV614/11

Página 7 de 12

## Linearidade em amplitude e indicação a baixo da gama

| Frequência analisada | Valor gerado | Leitura no equipamento | Erro  | Tolerância | Incerteza | Erro % Tolerância |
|----------------------|--------------|------------------------|-------|------------|-----------|-------------------|
| 1 Hz                 | 60 dB        | 60,2 dB                | 2,3 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 39 %            |
|                      | 61 dB        | 61,1 dB                | 1,2 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 19 %            |
|                      | 62 dB        | 62,1 dB                | 1,2 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 19 %            |
|                      | 63 dB        | 63,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 64 dB        | 64,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 65 dB        | 65,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 70 dB        | 70,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 75 dB        | 75,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 80 dB        | 80,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 85 dB        | 85,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 90 dB        | 90,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 95 dB        | 95,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 100 dB       | 100,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 105 dB       | 105,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 110 dB       | 110,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 115 dB       | 115,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 120 dB       | 120,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 125 dB       | 125,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 130 dB       | 130,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 131 dB       | 131,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 132 dB       | 132,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 133 dB       | 133,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 134 dB       | 134,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 133 dB       | 133,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 132 dB       | 132,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 131 dB       | 131,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 130 dB       | 130,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 125 dB       | 125,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 120 dB       | 120,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 115 dB       | 115,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
| 110 dB               | 110,0 dB     | 0,0 %                  | ± 6 % | ± 2 %      | ± 0 %     |                   |
| 105 dB               | 105,0 dB     | 0,0 %                  | ± 6 % | ± 2 %      | ± 0 %     |                   |
| 100 dB               | 100,0 dB     | 0,0 %                  | ± 6 % | ± 2 %      | ± 0 %     |                   |
| 95 dB                | 95,0 dB      | 0,0 %                  | ± 6 % | ± 2 %      | ± 0 %     |                   |
| 90 dB                | 90,0 dB      | 0,0 %                  | ± 6 % | ± 2 %      | ± 0 %     |                   |
| 85 dB                | 85,0 dB      | 0,0 %                  | ± 6 % | ± 2 %      | ± 0 %     |                   |
| 80 dB                | 80,0 dB      | 0,0 %                  | ± 6 % | ± 2 %      | ± 0 %     |                   |
| 75 dB                | 75,0 dB      | 0,0 %                  | ± 6 % | ± 2 %      | ± 0 %     |                   |
| 70 dB                | 70,0 dB      | 0,0 %                  | ± 6 % | ± 2 %      | ± 0 %     |                   |
| 65 dB                | 65,0 dB      | 0,0 %                  | ± 6 % | ± 2 %      | ± 0 %     |                   |
| 64 dB                | 64,0 dB      | 0,0 %                  | ± 6 % | ± 2 %      | ± 0 %     |                   |
| 63 dB                | 63,0 dB      | 0,0 %                  | ± 6 % | ± 2 %      | ± 0 %     |                   |
| 62 dB                | 62,0 dB      | 0,0 %                  | ± 6 % | ± 2 %      | ± 0 %     |                   |
| 61 dB                | 61,1 dB      | 1,2 %                  | ± 6 % | ± 2 %      | ± 19 %    |                   |
| 60 dB                | 60,2 dB      | 2,3 %                  | ± 6 % | ± 2 %      | ± 39 %    |                   |

Calibrado por

Luís Ferreira

Responsável pela Validação

Luís Ferreira (Responsável Técnico)



Laboratório de Calibração em  
Metrologia Electro-Física

M0059  
Calibração

# Certificado de Calibração

n.º CACV614/11

Página 8 de 12

## Linearidade em amplitude e indicação a baixo da gama

| Frequência analisada | Valor gerado | Leitura no equipamento | Erro  | Tolerância | Incerteza | Erro % Tolerância |
|----------------------|--------------|------------------------|-------|------------|-----------|-------------------|
| 4 Hz                 | 60 dB        | 60,1 dB                | 1,2 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 19 %            |
|                      | 61 dB        | 61,1 dB                | 1,2 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 19 %            |
|                      | 62 dB        | 62,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 63 dB        | 63,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 64 dB        | 64,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 65 dB        | 65,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 70 dB        | 70,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 75 dB        | 75,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 80 dB        | 80,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 85 dB        | 85,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 90 dB        | 90,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 95 dB        | 95,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 100 dB       | 100,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 105 dB       | 105,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 110 dB       | 110,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 115 dB       | 115,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 120 dB       | 120,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 125 dB       | 125,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 130 dB       | 130,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 131 dB       | 131,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 132 dB       | 132,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 133 dB       | 133,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 134 dB       | 134,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 133 dB       | 133,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 132 dB       | 132,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 131 dB       | 131,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 130 dB       | 130,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 125 dB       | 125,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 120 dB       | 120,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 115 dB       | 115,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 110 dB       | 110,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 105 dB       | 105,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 100 dB       | 100,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 95 dB        | 95,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 90 dB        | 90,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 85 dB        | 85,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 80 dB        | 80,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 75 dB        | 75,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 70 dB        | 70,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 65 dB        | 65,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 64 dB        | 64,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 63 dB        | 63,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 62 dB        | 62,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 61 dB        | 61,1 dB                | 1,2 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 19 %            |
|                      | 60 dB        | 60,1 dB                | 1,2 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 19 %            |

Calibrado por

Luís Ferreira

Responsável pela Validação

Luís Ferreira (Responsável Técnico)

O IPAC é signatário do Acordo de Reconhecimento Mútuo da EA e do ILAC para ensaios, calibrações e inspeções. IPAC is a signatory to the EA MLA and ILAC MRA for testing, calibration and inspection. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra, excepto quando autorização por escrito do ISQ. This document may not be reproduced other than in full, except with the prior written approval of the issuing laboratory.

DM/064-2/07





**IPAC**  
acreditação

M0059  
Calibração

Laboratório de Calibração em  
Metrologia Electro-Física

# Certificado de Calibração

n.º CACV614/11

Página 9 de 12

## Linearidade em amplitude e indicação a baixo da gama

| Frequência analisada | Valor gerado | Leitura no equipamento | Erro  | Tolerância | Incerteza | Erro % Tolerância |
|----------------------|--------------|------------------------|-------|------------|-----------|-------------------|
| 16 Hz                | 60 dB        | 60,3 dB                | 3,5 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 59 %            |
|                      | 61 dB        | 61,2 dB                | 2,3 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 39 %            |
|                      | 62 dB        | 62,2 dB                | 2,3 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 39 %            |
|                      | 63 dB        | 63,1 dB                | 1,2 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 19 %            |
|                      | 64 dB        | 64,1 dB                | 1,2 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 19 %            |
|                      | 65 dB        | 65,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 70 dB        | 70,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 75 dB        | 75,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 80 dB        | 80,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 85 dB        | 85,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 90 dB        | 90,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 95 dB        | 95,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 100 dB       | 100,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 105 dB       | 105,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 110 dB       | 110,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 115 dB       | 115,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 120 dB       | 120,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 125 dB       | 125,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 130 dB       | 130,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 131 dB       | 131,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 132 dB       | 132,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 133 dB       | 133,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 134 dB       | 134,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 133 dB       | 133,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 132 dB       | 132,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 131 dB       | 131,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 130 dB       | 130,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 125 dB       | 125,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 120 dB       | 120,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 115 dB       | 115,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 110 dB       | 110,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 105 dB       | 105,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 100 dB       | 100,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 95 dB        | 95,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 90 dB        | 90,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 85 dB        | 85,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 80 dB        | 80,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 75 dB        | 75,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 70 dB        | 70,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 65 dB        | 65,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 64 dB        | 64,1 dB                | 1,2 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 19 %            |
|                      | 63 dB        | 63,1 dB                | 1,2 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 19 %            |
|                      | 62 dB        | 62,2 dB                | 2,3 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 39 %            |
|                      | 61 dB        | 61,2 dB                | 2,3 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 39 %            |
|                      | 60 dB        | 60,3 dB                | 3,5 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 59 %            |

Calibrado por

Luís Ferreira

Responsável pela Validação

Luís Ferreira (Responsável Técnico)

O IPAC é signatário do Acordo de Reconhecimento Mútuo da EA e do ILAC para ensaios, calibrações e inspeções. IPAC is a signatory to the EA MLA and ILAC MRA for testing, calibration and inspection. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra, excepto quando autorização por escrito do ISQ. This document may not be reproduced other than in full, except with the prior written approval of the issuing laboratory.

DM/064-2/07



IPAC  
acreditação

M0059  
Calibração

Laboratório de Calibração em  
Metrologia Electro-Física

# Certificado de Calibração

n.º CACV614/11

Página 10 de 12

## Linearidade em amplitude e indicação a baixo da gama

| Frequência analisada | Valor gerado | Leitura no equipamento | Erro  | Tolerância | Incerteza | Erro % Tolerância |
|----------------------|--------------|------------------------|-------|------------|-----------|-------------------|
| 63 Hz                | 60 dB        | 60,2 dB                | 2,3 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 39 %            |
|                      | 61 dB        | 61,1 dB                | 1,2 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 19 %            |
|                      | 62 dB        | 62,1 dB                | 1,2 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 19 %            |
|                      | 63 dB        | 63,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 64 dB        | 64,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 65 dB        | 65,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 70 dB        | 70,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 75 dB        | 75,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 80 dB        | 80,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 85 dB        | 85,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 90 dB        | 90,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 95 dB        | 95,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 100 dB       | 100,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 105 dB       | 105,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 110 dB       | 110,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 115 dB       | 115,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 120 dB       | 120,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 125 dB       | 125,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 130 dB       | 130,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 131 dB       | 131,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 132 dB       | 132,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 133 dB       | 133,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 134 dB       | 134,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 133 dB       | 133,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 132 dB       | 132,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 131 dB       | 131,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 130 dB       | 130,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 125 dB       | 125,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 120 dB       | 120,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 115 dB       | 115,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 110 dB       | 110,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 105 dB       | 105,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 100 dB       | 100,0 dB               | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 95 dB        | 95,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 90 dB        | 90,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 85 dB        | 85,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 80 dB        | 80,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 75 dB        | 75,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 70 dB        | 70,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 65 dB        | 65,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 64 dB        | 64,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 63 dB        | 63,0 dB                | 0,0 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 0 %             |
|                      | 62 dB        | 62,1 dB                | 1,2 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 19 %            |
|                      | 61 dB        | 61,1 dB                | 1,2 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 19 %            |
|                      | 60 dB        | 60,2 dB                | 2,3 % | ± 6 %      | ± 2 %     | ± 39 %            |

Calibrado por

Luís Ferreira

Responsável pela Validação

Luís Ferreira (Responsável Técnico)

O IPAC é signatário do Acordo de Reconhecimento Mútuo da EA e do ILAC para ensaios, calibrações e inspeções. IPAC is a signatory to the EA MLA and ILAC MRA for testing, calibration and inspection. Este documento só pode ser reproduzido na íntegra, excepto quando autorização por escrito do ISQ. This document may not be reproduced other than in full, except with the prior written approval of the issuing laboratory.

DM/064-2/07



IPAC  
acreditação

M0059  
Calibração

Laboratório de Calibração em  
Metrologia Electro-Física

# Certificado de Calibração

n.º CACV614/11

Página 11 de 12

## Resposta em frequência - malha de ponderação $W_m$

### Testes mecânicos

| Frequência analisada | Valor do equipamento   | Factor de ponderação | Valor de referência    | Erro   | Especificação | Incerteza expandida | Resultado |
|----------------------|------------------------|----------------------|------------------------|--------|---------------|---------------------|-----------|
| 0,50 Hz              | 0,169 m/s <sup>2</sup> | 0,3684               | 0,159 m/s <sup>2</sup> | 6,3 %  | +26%, -100%   | ± 3 %               | OK        |
| 1,00 Hz              | 0,338 m/s <sup>2</sup> | 0,8329               | 0,328 m/s <sup>2</sup> | 3,0 %  | +26%, -21%    | ± 3 %               | OK        |
| 2,00 Hz              | 0,338 m/s <sup>2</sup> | 0,9319               | 0,340 m/s <sup>2</sup> | -0,6 % | +26%, -21%    | ± 3 %               | OK        |
| 3,98 Hz              | 0,338 m/s <sup>2</sup> | 0,8184               | 0,340 m/s <sup>2</sup> | -0,6 % | +12%, -11%    | ± 3 %               | OK        |
| 7,94 Hz              | 0,338 m/s <sup>2</sup> | 0,5819               | 0,340 m/s <sup>2</sup> | -0,6 % | +12%, -11%    | ± 3 %               | OK        |
| 15,85 Hz             | 0,338 m/s <sup>2</sup> | 0,3375               | 0,339 m/s <sup>2</sup> | -0,3 % | +12%, -11%    | ± 3 %               | OK        |
| 31,62 Hz             | 0,338 m/s <sup>2</sup> | 0,176                | 0,339 m/s <sup>2</sup> | -0,3 % | +12%, -11%    | ± 3 %               | OK        |
| 63,10 Hz             | 0,338 m/s <sup>2</sup> | 0,08336              | 0,341 m/s <sup>2</sup> | -0,9 % | +12%, -11%    | ± 3 %               | OK        |

### Testes eléctricos

| Frequência analisada | Valor do equipamento   | Factor de ponderação | Valor de referência    | Erro   | Especificação | Incerteza expandida | Resultado |
|----------------------|------------------------|----------------------|------------------------|--------|---------------|---------------------|-----------|
| 0,50 Hz              | 0,169 m/s <sup>2</sup> | 0,3684               | 0,031 m/s <sup>2</sup> | 7,7 %  | +26%, -100%   | ± 3 %               | OK        |
| 1,00 Hz              | 0,034 m/s <sup>2</sup> | 0,8329               | 0,033 m/s <sup>2</sup> | 3,0 %  | +26%, -21%    | ± 3 %               | OK        |
| 2,00 Hz              | 0,034 m/s <sup>2</sup> | 0,9319               | 0,034 m/s <sup>2</sup> | -0,6 % | +26%, -21%    | ± 3 %               | OK        |
| 3,98 Hz              | 0,034 m/s <sup>2</sup> | 0,8184               | 0,034 m/s <sup>2</sup> | -0,7 % | +12%, -11%    | ± 3 %               | OK        |
| 7,94 Hz              | 0,034 m/s <sup>2</sup> | 0,5819               | 0,034 m/s <sup>2</sup> | -0,7 % | +12%, -11%    | ± 3 %               | OK        |
| 15,85 Hz             | 0,034 m/s <sup>2</sup> | 0,3375               | 0,034 m/s <sup>2</sup> | -0,3 % | +12%, -11%    | ± 3 %               | OK        |
| 31,62 Hz             | 0,034 m/s <sup>2</sup> | 0,176                | 0,034 m/s <sup>2</sup> | -0,5 % | +12%, -11%    | ± 3 %               | OK        |
| 63,10 Hz             | 0,034 m/s <sup>2</sup> | 0,08336              | 0,034 m/s <sup>2</sup> | -0,8 % | +12%, -11%    | ± 3 %               | OK        |

### Varição encontrada

| Frequência analisada | Erro mecânico | Erro eléctrico | Diferença |
|----------------------|---------------|----------------|-----------|
| 0,50 Hz              | 6,3 %         | 7,7 %          | 1,4 %     |
| 1,00 Hz              | 3,0 %         | 3,0 %          | 0,0 %     |
| 2,00 Hz              | -0,6 %        | -0,6 %         | 0,0 %     |
| 3,98 Hz              | -0,6 %        | -0,7 %         | 0,1 %     |
| 7,94 Hz              | -0,6 %        | -0,7 %         | 0,1 %     |
| 15,85 Hz             | -0,3 %        | -0,3 %         | 0,0 %     |
| 31,62 Hz             | -0,3 %        | -0,5 %         | 0,2 %     |
| 63,10 Hz             | -0,9 %        | -0,8 %         | 0,1 %     |

Calibrado por

Luís Ferreira

Responsável pela Validação

Luís Ferreira (Responsável Técnico)



**IPAC**  
accreditação

M0059  
Calibração

Laboratório de Calibração em  
Metrologia Electro-Física

# Certificado de Calibração

n.º CACV614/11

Página 12 de 12

## Ruído interno

### Malha de ponderação Wm - tempo de integração de 5 minutos

Valor de ruído determinado 0,0021 m/s<sup>2</sup>

## Indicação de sobrecarga

| Sinal aplicado   | Indicação de sobrecarga | Diferença entre medições | Especificação | Incerteza expandida | Erro % Espec. |
|------------------|-------------------------|--------------------------|---------------|---------------------|---------------|
| Pulsos positivos | 40,7 m/s <sup>2</sup>   | 0,1 %                    | ± 15 %        | ± 2 %               | ± 14 %        |
| Pulsos negativos | 40,6 m/s <sup>2</sup>   |                          |               |                     |               |

## Medição combinada entre eixos

### Malha de ponderação Wm

| Sinal aplicado | Amplitude de referência | Valor de referência    | Valor do equipamento   | Erro   | Especificação | Incertidumbre expandida | Erro % Espec. |
|----------------|-------------------------|------------------------|------------------------|--------|---------------|-------------------------|---------------|
| Canal 1        | 1 m/s <sup>2</sup>      | 0,585 m/s <sup>2</sup> | 0,585 m/s <sup>2</sup> | -0,1 % | ± 3 %         | ± 1 %                   | 2 %           |
| Canal 2        | 1 m/s <sup>2</sup>      |                        |                        |        |               |                         |               |
| Canal 3        | 1 m/s <sup>2</sup>      |                        |                        |        |               |                         |               |

Calibrado por

Luís Ferreira

Responsável pela Validação

Luís Ferreira (Responsável Técnico)



**IPAC**  
acreditação

M0059  
Calibração

Laboratório de Calibração em  
Metrologia Electro-Física

# Certificado de Calibração

Data de emissão: 29-04-2011

Certificado Nº: CACV615/11

Página 1 de 2

|                              |  |  |
|------------------------------|--|--|
| <b>EQUIPAMENTO</b>           | <b>Calibrador de Aceleração</b><br>Marca: PCB<br>Modelo: 394C06<br>Nº de série: <b>3813</b><br>Nº de ident.: ---   | Aceleração Nominal: 9,8 m/s <sup>2</sup><br>Frequência de Referência: 159,2 Hz |
| <b>Cliente</b>               | <b>PEDAMB - Engenharia Ambiental, Lda.</b><br>Rua da Indústria, 13<br>2430-069 Marinha Grande  |  |
| <b>Data de Calibração</b>    | 28-04-2011   |  |
| <b>Condições Ambientais</b>  | Temperatura: 22,4 °C    Humidade relativa: 51 %HR    Pressão atmosférica: 99,2 kPa   |  |
| <b>Procedimento</b>          | O Calibrador foi calibrado de acordo com o procedimento PO.M-DM/VIB 01.  |  |
| <b>Local do Serviço</b>      | Laboratório de Calibração em Metrologia Electro-Física, Oeiras   |  |
| <b>Rastreabilidade</b>       | Sensibilidade de Vibração, Acelerómetro padrão tipo 8305 S rastreado ao Laboratório Primário de Acústica Dinamarquês - DPLA (Dinamarca)<br>Tensão alternada, Fluke 5720A rastreado à Fluke Nederland B.V., Eindhoven (Nederland) - NMI<br>Tempo e Frequência, Hewlett Packard 58503A, rastreado ao Instituto Português da Qualidade (IPQ), Portugal, |  |
| <b>Estado do equipamento</b> | Não foram identificados aspectos relevantes que afectassem os resultados.  |  |
| <b>Resultados</b>            | Encontram-se apresentados na(s) folha(s) em anexo.<br>A incerteza expandida apresentada, está expressa pela incerteza-padrão multiplicada pelo factor de expansão k=2, o qual para uma distribuição normal corresponde a uma probabilidade de, aproximadamente, 95%. A incerteza foi calculada de acordo com o documento EA-4/02.                    |  |

Calibrado por

Luís Ferreira

Responsável pela Validação

Luís Ferreira (Responsável Técnico)



**IPAC**  
acreditação

M0059  
Calibração

Laboratório de Calibração em  
Metrologia Electro-Física

# Certificado de Calibração

n.º CACV615/11

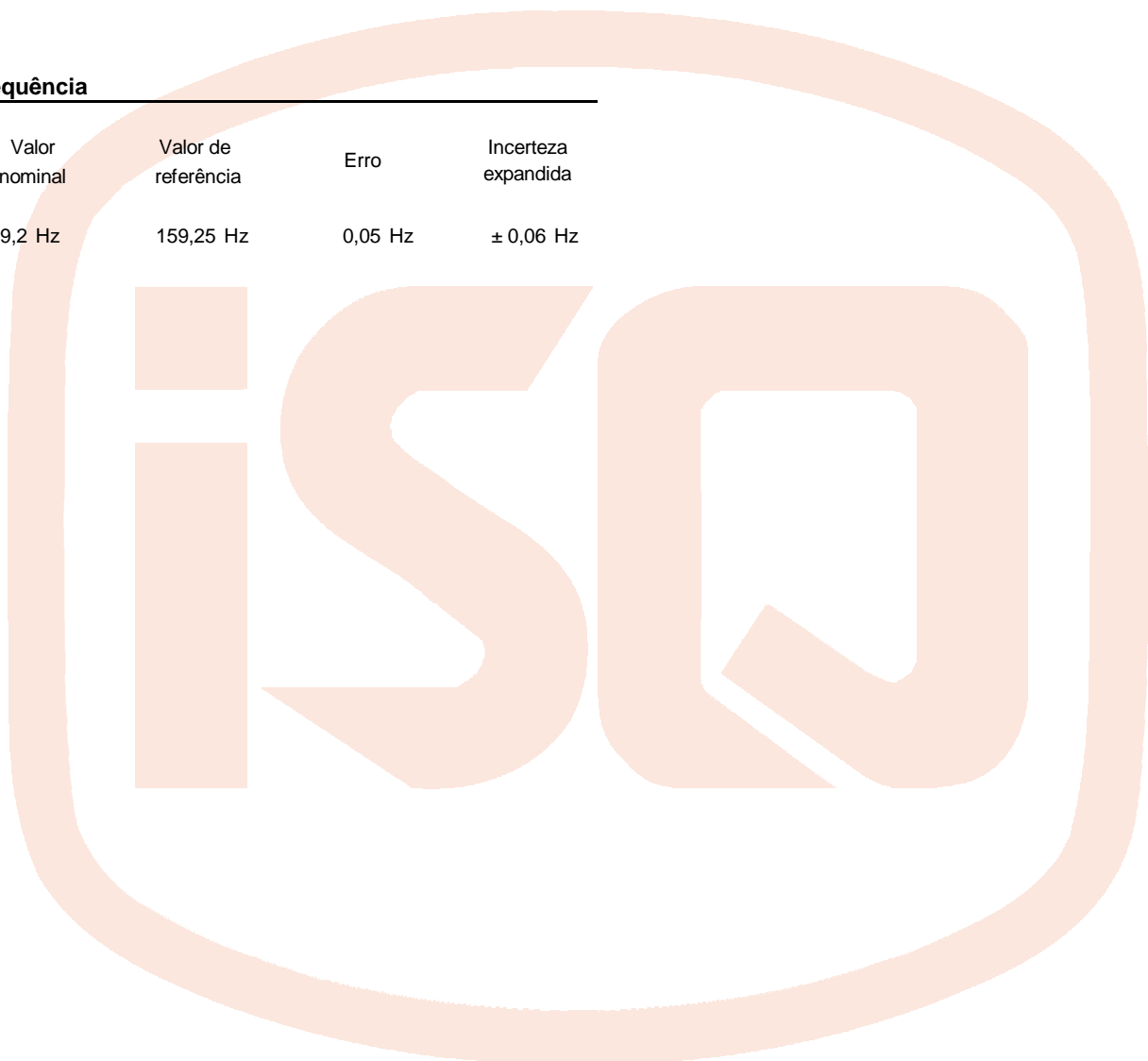
Página 2 de 2

## Aceleração à frequência de referência 159,2 Hz

| Valor nominal        | Valor de referência   | Erro                   | Incerteza expandida     |
|----------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------|
| 9,8 m/s <sup>2</sup> | 9,93 m/s <sup>2</sup> | -0,13 m/s <sup>2</sup> | ± 0,10 m/s <sup>2</sup> |

## Frequência

| Valor nominal | Valor de referência | Erro    | Incerteza expandida |
|---------------|---------------------|---------|---------------------|
| 159,2 Hz      | 159,25 Hz           | 0,05 Hz | ± 0,06 Hz           |



Calibrado por

Luís Ferreira

Responsável pela Validação

Luís Ferreira (Responsável Técnico)