U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

INCERTEZA NA MEDIÇÃO DO ÍNDICE DE ISOLAMENTO SONORO A RUÍDOS DE PERCUSSÃO

CARLA SOFIA SOUSA TAVEIRA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Professor Doutor António Pedro Oliveira de Carvalho

JULHO 2012

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2011/2012

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

http://www.fe.up.pt

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2011/2012 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2012*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

A meus Pais

Quando não está em nosso poder seguir o que é verdadeiro, deveríamos seguir o que é mais provável
René Descartes

AGRADECIMENTOS

Finalizada uma etapa particularmente importante da minha vida, não poderia deixar de expressar o mais profundo agradecimento a todos aqueles que me apoiaram nesta longa caminhada e contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao Professor Doutor António Pedro Oliveira de Carvalho, o meu maior agradecimento por toda a disponibilidade e orientação prestada, pelo apoio incondicional e compreensão que sempre manifestou.

Ao Administrador Engenheiro Nuno Monteiro da empresa IRG, S.A. que gentilmente cedeu os instrumentos necessários para a concretização deste trabalho e agradeço todo o apoio e disponibilidade que me proporcionou.

Agradeço ao Técnico João Monteiro do LEA da empresa IRG, S.A. que colaborou na realização dos ensaios, tornando possível este estudo.

À Engenheira Sofia Fontes, pelo saber técnico que me transmitiu.

Aos meus Pais e irmão, agradeço pelo amor incondicional, pelo apoio e coragem que sempre me transmitiram.

Ao Engenheiro Emanuel Lourenço, pela compreensão, dedicação e apoio nos momentos mais difíceis.

Ao Engenheiro Pedro Alves, agradeço pela amizade, apoio e boa disposição que sempre manifestou.

À Engenheira Carla Faria, pelo apoio estatístico, amizade, apoio e compreensão indispensável na concretização deste trabalho.

Ao Engenheiro Pedro Manso que me tem acompanhado e ajudado na sua invariável disponibilidade, e a quem devo muito entusiasmo, a ele retribuo o seu encorajamento.

Por último, mas não menos importante, agradeço aos meus amigos, colegas de curso e trabalho e a todos os professores que comigo partilharam do seu saber.

RESUMO

Este trabalho constitui a dissertação no âmbito do MIEC – Mestrado Integrado em Engenharia Civil – Especialização em Construção. Visa a análise e caracterização da Incerteza no resultado da medição do índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão.

Durante a avaliação de resultados, o cálculo da incerteza da medição é um importante parâmetro para definição do nível de qualidade e grau de confiança das medições. Cada vez mais os resultados são acompanhados de um intervalo de confiança, a incerteza do resultado. Este trabalho propõe o uso de um método simplificado com bases científicas para o cálculo das incertezas associadas nas medições do índice de isolamento sonoro a ruído de percussão.

Realizaram-se ensaios *in situ* do índice do isolamento sonoro de pavimentos a ruídos de percussão num edifício habitacional no distrito do Porto, de acordo com o previsto na norma NP EN ISO 717-2 [2], que permitiram obter um resultado num único descritor do isolamento sonoro ($L'_{nT,w}$). As medições foram efetuadas em bandas de 1/3 de oitava, no intervalo de frequências centradas de 100 a 3150 Hz. Os relatórios dos ensaios encontram-se adaptados da NP EN ISO 717-2 [2] e são apresentados no anexo A.

Os resultados são comparados com a legislação em vigor e tratados de forma a serem calculadas as incertezas padrão, combinada e expandida dos parâmetros associados às medições. Para tratamento destes dados, foram identificados métodos disponíveis na literatura e os procedimentos praticados em laboratórios de Acústica, para a identificação de todas as fontes de incerteza existentes nos ensaios realizados. Foi utilizado o modelo matemático descrito no GUM [8], normas e projetos para o cálculo das incertezas envolvidas.

São apresentadas as incertezas expandida para cada frequência de 100 – 3150 Hz, para o nível de isolamento sonoro a ruídos de percussão de cada laje ensaiada. Para satisfazer as necessidades de algumas aplicações é escolhido um fator de expansão K, baseado na probabilidade ou nível da confiança requerido do intervalo.

Os resultados das incertezas obtidas nos ensaios realizados são apresentados na totalidade no anexo B. São definidos Critérios para minorar as causas das incertezas nesta metodologia. São comparados os valores obtidos com os existentes na bibliografia sobre o tema. Estes resultados são alvo de comparação com os de trabalhos apresentados num Simpósio em *Le Mans*.

São apresentados os valores de reprodutibilidade e repetibilidade nos ensaios realizados e a comparação dos mesmos com as normas em vigor e com o artigo elaborado por António Pedro O. Carvalho apresentado no congresso em Viena, ICSV13.

Palavras-Chave: Acústica, incertezas, erros, percussão, ruído

ABSTRACT

This work is the dissertation within the MIEC - Master in Civil Engineering - Specialization in Construction. Concerns the analysis and characterization of uncertainty in the measurement result of the sound insulation index percussion noises.

Acoustics is the branch of physics that studies sound waves [4], and means for sound the results from the excitation of particles in a continuous medium that involves a source and a receiver as the basis of this disorder [20]. Noise is considered the set of sounds which could have a character for the man uncomfortable emotional and / or intolerable.

During the evaluation results, the calculation of measurement uncertainty is an important parameter for defining the quality and degree of confidence in the measurement. Increasingly, the results are accompanied by a confidence interval, the uncertainty of the result. This paper proposes the use of a simplified method with a scientific basis for the calculation of uncertainties in measurements of sound insulation index of the percussion noise.

Assays were performed in situ index of sound insulation of floors, the percussion sounds in a building housing in the district of Porto, in accordance with the provisions of EN ISO 717-2 standard [2], which achieved a result of a single descriptor of sound insulation ($L'_{nT,w}$). The measurements were made in bands 1 / 3 octave frequency range centered at 100 to 3150 Hz test reports are adapted from the NP EN ISO 717-2 [2].

The results are compared with the legislation in force and be treated to the standard uncertainties calculated, combined and expanded the parameters associated with the measurements. For processing such data, were identified in the literature available methods and procedures performed in the laboratory of Acoustics, to identify all sources of uncertainty existing in the tests have been used the mathematical model described in the GUM [8], standards and projects for the calculation of the uncertainties involved.

Expanded uncertainties are presented for each frequency 100 - 3150 Hz to the level of sound insulation to percussion noises of each slab tested. To meet the needs of some applications is chosen an expansion fator K, based on the probability or level of confidence required of the range.

The value obtained for each frequency band, the sound insulation index of the percussion noises, and assigned a grade of 95%, with K = 2. We present the calculation method for the single frequency of 100 Hz, for an element of the sample. The results are presented in full in an annex. Criteria are defined to reduce the causes of uncertainties in this methodology. Values obtained are compared with the existing literature on the subject. These results are compared with the target of papers presented at a symposium at *Le Mans*.

KEYWORDS: acoustic, uncertainties, errors, impact, noise

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS I

RESUMO III

ABSTRACT V

ÍNDICE DE FIGURAS IX

SIMBOLOGIA E ABREVIATURAS XII

1. INTRODUÇÃO 1

2. ACÚSTICA 3

2.1. BREVE HISTÓRIA DA ACÚSTICA 3

2.2. ENQUADRAMENTO GERAL EM PORTUGAL 6

3. O SOM E O RUÍDO 9

3.1. O SOM 9

3.2. O RUÍDO 11

3.3. RUÍDO BRANCO E RUÍDO ROSA 15

3.4. RUÍDO DE FUNDO 16

4. RUÍDO DE PERCUSSÃO 17

4.1. ENQUADRAMENTO GERAL 17

4.2. MEDIÇÃO DO ÍNDICE DE ISOLAMENTO SONORO A RUÍDOS DE PERCUSSÃO 18

4.3. INFLUÊNCIA DO RUÍDO AÉREO PRODUZIDO PELA MÁQUINA DE PERCUSSÃO 26

4.4. EQUIPAMENTO 27

4.5. IMPOSIÇÕES LEGAIS 28

5. INCERTEZAS NAS MEDIÇÕES 29

6. ESTADO DA ARTE DAS INCERTEZAS EM RUÍDOS DE PERCUSSÃO 37

7. ANÁLISE DE CASO 43

7.1. AMOSTRA EM ESTUDO 43

7.2. METODOLOGIA 51

7.2.1. MEDIÇÃO DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA DO RUÍDO DE FUNDO 54

7.2.2. DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO 54

7.2.3. DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE ISOLAMENTO SONORO 55

7.3. ANÁLISE DOS RESULTADOS 55

8. CONCLUSÕES 63
8.1. CONCLUSÕES 63
8.2. SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS 63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 65
ANEXOS 68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 – Variação da pressão sonora com o tempo [28] 9

Figura 3.2 – Exemplo de um dosímetro sonoro (*Quest Technologies*) [4] 11

Figura 3.3 – Níveis de pressão sonora (*Brüel & Kjær*) 12

Figura 3.4 – Curvas de igual sensibilidade auditiva [29] 14

Figura 3.5 – Descrição das curvas de ponderação (filtros) A, B, C e D [29] 14

Figura 3.6 – Espectro de um ruído branco [29] 15

Figura 3.7 – Espectro de um ruído rosa em escala logaritmica [30] 15

Figura 4.1 – Fluxograma de procedimentos para cálculo do nível de percussão sonora, padronizado, L'_{nT} 16

Figura 4.2 – Resumo das condições de ensaio para a medição do nível de pressão sonora médio no recinto recetor, L_2 20

Figura 4.3 – Resumo das condições de ensaio para medição do nível de pressão sonora do ruído de fundo no recinto recetor, L_{B2} 21

Figura 4.4 – Definição de tempo de reverberação [11] 22

Figura 4.5 – Resumo das condições de ensaio para cálculo do T_{30} no âmbito da medição do índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão 23

Figura 4.6 – Gráfico do ajuste da curva de acordo com a norma NP EN ISO 717-2 [2] 25

Figura 4.7 –Esquemas das posições do equipamento nas medições *in situ* do índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão padronizado, L'_{nT} 25

Figura 5.1 – Diagrama causa e efeito de Ishikawa 36

Figura 5.2 – Ilustração gráfica da avaliação da incerteza padrão de uma grandeza a partir de observações repetidas [8] 36

Figura 7.1 – Fachada principal do edifício sito na Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, Rio Tinto Gondomar 43

Figura 7.2 – Localização da Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, Rio Tinto Gondomar, representado no ponto A [41] 43

Figura 7.3 – Planta do piso -1 da amostra 45

Figura 7.4 – Planta do piso 0 da amostra 45

Figura 7.5 – Planta do piso 1 da amostra 46

Figura 7.6 – Planta do piso 2 da amostra 46

Figura 7.7 – Planta tipo dos pisos 3, 4 e 5 da amostra 47

Figura 7.8 – Esquema da solução construtiva das paredes exteriores 48

Figura 7.9 – Envidraçado do quarto A da habitação AA da amostra 49

Figura 7.10 – Esquema da solução construtiva das paredes de compartimentação e entre fogos 50

Figura 7.11 – Esquema da solução construtiva das paredes dos fogos em contacto com zonas comuns e elevador 50

Figura 7.12 – Esquema da solução construtiva dos pavimentos intermédios dos fogos 51

Figura 7.13 – Fonte sonora da marca *Bertram Schapal* e modelo DO 12 utilizada nos ensaios realizados 53

Figura 7.14 – Sonómetro da marca *Brüel & Kjær*, modelo 2250 utilizado nos ensaios realizados 53

Figura 7.15 – Máquina de percussão da marca *Retec*, modelo RI-069 (utilizada nos ensaios realizados) 54

Figura 7.16 – Valores de L_2 médio obtidos nas medições realizadas às vinte lajes..... 56

Figura 7.17 – Valores de T_{30} médio obtidos nas medições realizadas às vinte lajes 57

Figura 7.18 – Valores do σL_2 obtidos nas medições realizadas às vinte lajes. A linha representada mostra os limites para um grau de confiança de 90 %. 58

Figura 7.19 – Valores de σT_{30} obtidos nas medições realizadas às vinte lajes. A linha representada a incerteza expandida para um grau de confiança de 90 %. 59

Figura 7.20 – Valores de $L'_{nT,W}$ médio obtidos nas medições realizadas..... 60

Figura 7.21 – Valores da reprodutibilidade nas medições realizadas..... 60

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 3.1 – Correções devidas à malha A [4] 13

Quadro 4.1 – Número Mínimo de posições do microfone e fonte sonora para medição do tempo de reverberação no âmbito da medição do índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão 29

Quadro 5.1 – Principais diferenças entre o erro e incerteza 29

Quadro 5.2 – Valores de K em função do nível de confiança [8] 29

Quadro 5.3 – Principais diferenças entre o erro e incerteza 29

Quadro 6.1 – Valores do desvio padrão e incerteza expandida para o índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão 38

Quadro 6.2 – Valores do desvio padrão do índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão a 50 lajes. A linha contínua é a incerteza expandida para 90 % do nível de confiança. 39

Quadro 6.3 – Valores do desvio padrão do índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão a 50 lajes. A linha contínua é a incerteza expandida para 90 % do nível de confiança. 40

Quadro 7.1 – Descrição do edifico em estudo por piso 44

Quadro 7.2 – Constituição das paredes exteriores do edifício em estudo 48

Quadro 7.3 – Constituição das paredes entre os quartos 49

Quadro 7.4 – Descrição do equipamento utilizado nos ensaios 52

Quadro 7.5 – Valores do desvio padrão dos três ensaios 68

SIMBOLOGIA E ABREVIATURAS

A_0 – Área de absorção sonora de referência para as salas de dimensões correntes em edifícios de habitação ($A_0 = 10\ m^2$)

B - Largura da banda, em hertz

c – Velocidade de propagação do som no ar (m/s)

CR - Curva de referência

dB - Decibel

$D_{n,w}$ – Valor único diferença normalizada de níveis sonoros de elementos de separação de compartimentos (dB)

$D_{nT,\ w}$ – Valor único da diferença de níveis sonoros de elementos de separação de compartimentos padronizado (dB)

$D_{2m,n,w}$ – Valor único da diferença normalizada de níveis sonoros de fachadas (dB)

$D_{2m,nT,\ w}$ – Índice de isolamento sonoro a ruídos de condução área padronizado, com o exterior (dB)

f – Frequência da onda sonora (Hz)

L_i – Nível de pressão sonora em cada banda de frequência (dB)

L'_{nT} – Nível sonoro de percussão padronizado (dB)

L_n – Nível de pressão sonora normalizado (dB)

$L_{n,r,w}$ - Valor único do nível de pressão sonora de percussão normalizado de um pavimento de referência com um dado revestimento (dB)

$L_{n,w}$ – Índice de isolamento sonoro normalizado (dB)

$L'_{n,w}$ – Índice de isolamento sonoro a sons de percussão normalizado (dB)

$L'_{nT,w}$ – Índice de isolamento sonoro a sons de percussão padronizado (dB)

L_p – Nível médio de pressão sonoro no compartimento emissor (dB)

L_2 – Nível de pressão sonora, em dB, no compartimento recetor

L_{B2} – Nível de pressão sonora do ruído de fundo no recinto recetor

n – Normalizado (para 10 m^2 m de absorção sonora do compartimento recetor);

nT – Padronizado (para um T_0 em geral igual a 0,5 s)

Pa – Unidade de medida Pascal

PA – Pressão atmosférica no ponto A

P (t) – pressão sonora em função do tempo

R – Redução sonora dos elementos de construção (dB)

RA – Valor da divisão (VD), quando o mensurando apresenta flutuações

RMS – Valor da pressão sonora, medida em pascal

s – Unidade de medida de tempo, segundos

T - Tempo de reverberação no recinto recetor

T_0 – Tempo de reverberação de referência (T_0 = 0,5 s)

V - volume do compartimento (m^3)

w – *Weighted* (ajuste da curva de referência da norma NP EN 717)

$X_{A,i}$ – Diferença entre níveis de pressão sonora ponderados A, no compartimento emissor e no compartimento recetor, quando no compartimento emissor é emitido ruído rosa

X_w – Índice calculado com base na curva de referência

ΔL – Redução do nível de pressão sonora de percussão normalizado (dB)

ΔLw – Parâmetro de avaliação do desempenho acústico a ruído de percussão

ΔRw – Valor único da variação da redução sonora (dB)

σ - Desvio padrão

K - Fator de expansão

λ - Comprimento de onda

U - Incerteza expandida

u_c - Incerteza padrão combinada

$u(x_i)$ - Incerteza padrão associada

$U_c(y)$ - Incerteza padrão combinada

ω – Frequência ou velocidade angular de uma onda sonora (rad/s)

XPS - Poliestireno expandido extrudido

$\overline{T}_{20}$ - Tempo de reverberação, em segundos, baseado num decaimento de 20 dB

$\overline{T}_{30}$ - Tempo de reverberação, em segundos, baseado num decaimento de 30 dB

ºC – Graus centígrados

2m – Medido a 2 metros do elemento em contacto com o exterior

APGC – Associação Portuguesa de Gestão Cultural

AVAC - Sistema de aquecimento, ventilação e ar condicionado

BIPM - Bureau Internacional de Pesos e Medidas

CATIM – Centro de Apoio Tecnológico à Indústria de Metalomecânica

CIPM - Comité Internacional de Pesos e Medidas

CEE – Comunidade Económica Europeia

CEN – Comité Europeu de Normalização

CT – Comissão Técnica

CTCV – Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro

DEC – Departamento de Engenharia Civil

ESTG – Escola Superior de Tecnologia

IEC – Comissão Eletrotécnica Internacional

IEP – Instituto Eletrónico Português

IPQ – Instituto Português da Qualidade

ISEP – Instituto Superior de Engenharia do Porto

ISO – Organização Internacional de Normalização

GUM – Guia para a Expressão da Incerteza de Medição

LEA (LNEC) – Laboratório de Ensaios de Acústica do LNEC

LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil

LNETI – Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, I.P.

RRAE – Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios

VIM - Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia

1

INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho é a análise e caracterização da Incerteza no Resultado da Medição do Índice de Isolamento Sonoro a Ruídos de Percussão. Para concretizar este objetivo iniciou-se por um estudo geral da evolução da acústica desde o reconhecimento do som até aos tempos atuais.

Verificou-se o enquadramento geral do tema atualmente, toda a legislação aplicável e imposições legais.

Identificaram-se as normas NP EN ISO 140-7:2008 [1] e NP EN ISO 717-2:2008 [2] bem como os requisitos legais aplicáveis previstos no "Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios" (RRAE) [3] para realização dos ensaios de medição do índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão.

Foram escolhidas vinte lajes homogéneas de um edifício habitacional em Gondomar. Os ensaios foram realizados de acordo com a literatura identificada

Para cada laje ensaiada obtiveram-se os parâmetros do nível de pressão sonora, nível de pressão sonora do ruído de fundo e tempo de reverberação. O tratamento de dados foi realizado de acordo com a norma NP EN ISO 717- 2:2008 [1], através do ajuste à curva de referência. Os resultados obtidos são apresentados no anexo A e anexo B.

O valor do índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão, de acordo com o Regulamento dos Requisitos Acústicos do Edifícios (RRAE) foi afetado de 3dB [3].

Os ensaios foram planeados ao pormenor de forma a identificar todas as fontes de incerteza envolvidas. Foram caraterizadas e tratadas de acordo com o modelo matemático descrito no Guia para Expressão da Incerteza de Medição [8].

Nenhum dos resultados da amostra apresentou características desprezáveis e por tal todos os resultados foram considerados válidos.

Desta forma, foi calculado o desvio padrão do nível de pressão sonora, o nível de pressão sonora do ruído de fundo e do tempo de reverberação. Os valores foram comparados com ensaios realizados no simpósio de *Le Mans*.

Avaliando o objetivo deste trabalho, tem-se que considerar que para esta pesquisa a única variável dependente é o valor da incerteza de medição.

2

ACÚSTICA

2.1. BREVE HISTÓRIA DA ACÚSTICA

Acústica é o ramo da Física que estuda as ondas sonoras [4], sendo que, entende-se por som o resultado da excitação de partículas num meio contínuo que envolve um recetor e uma fonte como base dessa perturbação [20].

Para melhor compreensão destes conceitos é importante recuar na História até ao reconhecimento do sentido do som.

A vida na terra iniciou-se há cerca de 500 milhões de anos no meio aquático e há 65 milhões no meio terreste [20].

Já nessa altura todos os animais comunicavam entre si através de sons mas apenas existem registos de instrumentos musicais de à 3 milhões de anos.

Com a evolução do sedentarismo, há cerca de 80000 anos, o Homo Sapiens dispunha de mais tempo e dedicou-se mais à música e estudo da Acústica.

Com a invenção da roda e a consequente descoberta de novos materiais surgiram novos sons e a sua aplicação no dia-a-dia humano. Eram utilizados instrumentos para emitir sons para divertimento como para garantir uma sociedade organizada.

Muitos registos que se julgam ter existido, foram destruídos por catástrofes naturais e artificiais, sendo que as primeiras referências registadas para explicar o fenómeno do som, surgiram com estudos de Pitágoras (570-497 a.C.), filósofo e matemático grego, com a introdução da matemática na cultura grega [6].

O estudo do som associado ao comprimento de cordas em vibração e o som que estas produziam, permitiu concluir que, quando duas cordas de comprimentos diferentes eram tocadas simultaneamente, o som produzido era agradável se a relação fosse de 2:1 [5]. Não deixou nenhum registo escrito e o que dele se conhece é através de obras de Aristóteles (384-322 a.C.) e Platão (429-347 a.C.) [6].

Há cerca de 2500 anos, na Grécia antiga descreveram o som como um fenómeno ondulatório, idêntico ao que ocorre na superfície livre de um líquido, quando é perturbado. Aristóteles foi um dos primeiros, a tentar explicar o som como o resultado do movimento do ar produzido pela fonte sonora: "*…impulsionando o ar à sua volta, de maneira a que o som viaja de forma inalterada, em qualidade, até onde a perturbação do ar chegue."* [18].

O filósofo chinês Fohi (30 a. C.) relacionou a altura dos tons aos cinco elementos fundamentais, Terra, Ar, Fogo, Água e Vento. Numa perspetiva estritamente musical, os Hindus dividiram uma oitava em vinte e dois tons e os Árabes em dezassete [7].

No século IV, apenas quem frequentava os mosteiros tinha acesso a instrumentos de som e à música.

No século VII, com base no sistema teórico de música ocidental (heptatonismo) com o domínio dos Romanos, surgiu a lira tradicional Grega (*phormix*) com oito cordas, possibilitando executar uma oitava completa [20].

No século XII, a música é divulgada por trovadores que compunham e cantavam melodias acompanhas de instrumentos.

Em 1636, *Harmonicorum Liber*, livro de Marin Mersenne (1588-1648), independentemente do defendido por Galileo Galilei (1564-1642), associou definitivamente o som à frequência de vibração. É em *Harmonicorum Liber* que há registos da comparação da frequência de vibração de duas cordas tensa idênticas, com comprimento [20].

No século XVII, Galileu Galilei dedicou-se a estudar o movimento oscilatório e a velocidade do som [5]. Publicou em 1638 o tratado conhecido por "Duas Novas Ciências", em que expôs a dedução quantitativa das leis das cordas, estabelecendo as relações entre as frequências, comprimento, diâmetro, densidade e tensão [6].

Athanasius Kircher (1601-1680), sete anos antes de falecer, explico, com bases em estudos de Euclides o fenómeno do eco e da reflexão sonora, mediante a utilização de raios acústicos, dando inicio à Acústica Geométrica [20].

Christiaan Huygens (1629-1665) definiu o modelo ondulatório da luz, em oposição a Isaac Newton. Huygens no seu livro, publicado em 1678, *Traité de la Lumière* enuncia: *"…qualquer ponto do "éter" onde a perturbação luminosa incide pode ser entendido como centro de uma nova perturbação que se propaga esfericamente…*", princípio que ficou conhecido por Princípio de Huygens [21].

Ainda no mesmo século, surge a primeira teoria matemática da propagação sonora no ar com Isaac Newton (1642-1727) no seu livro *The Principia: Mathematical Principles of Natural Philosophy* [20].

No século XVII e XVIII, Brook Taylor (1685-1731), Daniel Bernoulli (1700-1782), Leonard Euler (1707-1783) e Jean Le Rond d'Alembert (1717-1783), realizaram estudos sobre a corda vibrante, finalizados posteriormente em 1822 por Joseph Fourier (1768-1830) [6].

Na mesma época, Daniel Bernoulli formulou através de estudos de uma corda tensa a vibrar, o Princípio da Sobreposição [20].

Thomas Young (1773-1829), realizou trabalhos sobre a teoria ondulatória, introduzindo o conceito de Interferência Ondulatória, seguindo-se entretanto, trabalhos realizados por Newton e Leibnitz sobre o mesmo assunto [7].

No princípio do século XIX, George Simon Ohm (1789-1854) iniciou a sua polémica com Thomas Johann Seebeck (1770-1831) sobre a sensibilidade do ouvido humano. Para Ohm, o ouvido só era sensível às vibrações sinusoidais e todo o som que se percebia era composto por uma série de tons [7].

Durante o século XIX, Jean-Baptist Biot (1774-1862) realizou as primeiras experiências para determinar a velocidade de propagação do som num ambiente meio sólido. No mesmo século, August Kundt (1839-1894) realizou medições da velocidade do som no ar e noutros gases a partir da formação da onda estacionária num tubo. Atualmente, este tubo é conhecido por "Tubo de ondas estacionárias" ou "Tubo de Kundt" [6].

O desenvolvimento da Acústica como ciência iniciou-se com Chladni (1756-1827), com a edição, em 1802, do seu trabalho intitulado de "Die Akustik".

Em 1815, o matemático Nathaniel Bowditch (1773-1838) descreveu as curvas resultantes da combinação de dois movimentos harmónicos simples, estudo desenvolvido mais tarde por Lissajour e George Miller (1863-1951) [6].

Em 1822, Jean Baptiste Fourier (1768-1830), demonstrou inspirado em Bernoulli, que qualquer vibração periódica pode ser decomposta numa soma de senos e cossenos (Série de Fourier) [20].

Em 1863, Hermann Von Helmholtz (1821-1894) escreveu "*On The Sensations of Tone as a Physiological Basis for the Theory of Sound*", onde publicou avanços no campo da audição do som e da música [5].

Em 1867 a Acústica atingiu o seu apogeu com a obra de Rayleigh (1842-1894) intitulada "*Theory of Sound*" editada em 1877, onde foram enunciadas as suas bases científicas [6].

O físico alemão Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894), em Hamburgo em 1888, descobriu o efeito fotoelétrico e contribui com a teoria das ondas eletromagnéticas, demonstrando a existência de ondas eletromagnéticas com comprimentos de onda diferentes dos da luz visível. Posteriormente foi dado o seu nome à unidade de frequência – "Hertz" [6].

Wallace Clement Sabine (1868-1919), através de estudos, caracterizou o tempo de reverberação, publicou conclusões no domínio da Acústica de Edifícios e formulou o primeiro modelo teórico para determinar o tempo de reverberação, que teve posteriormente continuidade em Morse, Newman, Beranek e Cremer, entre outros [6].

Em 1929, em Inglaterra, iniciou-se a fiscalização do ruído emitido por veículos automóveis e foi delegada nos polícias a verificação objetiva da emissão sonora [20].

Em 1939, foi normalizada a frequência 400 Hz para a nota la3 com a conferência internacional de Londres: o diapasão de Handel (1685-1759) em la3 vibrava a 422,5 Hz [20].

Foi no século XX, que a Acústica de Edifícios ganhou forma com o aparecimento do primeiro sonómetro [6].

No final da década de 1970 e início da década de 1980, pelas mãos do alemão Eddy Gerretsen, apareceram estudos sobre o ruído de percussão. Em "*A new system for rating impact insulation*" (1976), com base em experiências práticas, comparou o método que utiliza a máquina de percussão para avaliação do ruído estrutural em relação a outras possíveis fontes de ruído de percussão, como o caminhar de pessoas. O autor concluiu que a máquina de percussão proposta pelas normas ISO 140 foi a melhor opção encontrada para a avaliação do ruído de percussão em habitações, uma vez que é o instrumento que melhor simula os ruídos inerentes à vida quotidiana, nomeadamente, o caminhar de pessoas; ruídos esses normalmente indesejáveis e desnecessários [10].

Em 1994, Gerretsen conduziu outra pesquisa cujos resultados serviram de base para a proposta da normalização alemã para ruído de percussão, inclusivé adotando outras curvas de referência [10].

Atualmente a Acústica está subdividida em várias áreas como a Acústica musical, a Acústica de Edifícios ou a eletroacústica, entre outras [4].

Em Portugal, Jorge Patrício em 2002, realizou estudos a respeito dos principais tipos de revestimento de piso encontrados em obras nacionais. O autor analisou diversas amostras de materiais de enchimento de lajes não homogéneas nervuradas, de 25 cm de espessura, em situações distintas, em laboratório e em *in situ* [47].

Em Itália, Buratti e Moreti, no ano de 2006 fizeram uma investigação a respeito do desempenho de diferentes materiais usados na composição de pisos flutuantes, a fim de avaliar o índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão presente entre pisos de apartamentos, citado por G. Cornacchia [10].

Em 2007, Rindel fez uma investigação a respeito do índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão em lajes típicas encontradas na Dinamarca. O investigador separou três lajes em três grupos principais: lajes pesadas, lajes médias e leves. As construções em betão foram identificadas como pesadas, as médias de combinações de betão e madeira e as leves são apenas constituídas por madeira, compensado de madeira e placas de gesso [10].

2.2. ENQUADRAMENTO GERAL EM PORTUGAL

Em Portugal no ano de 1987 foi aprovado o Regulamento Geral sobre o Ruído, de Decreto-Lei nº 251/87, de 24 de junho sendo posteriormente alterado pelo alterado pelo Decreto-Lei nº 292/89, de 2 de setembro e revogado pelo Decreto-Lei nº 292/2000, de 14 de novembro.

Em 2002 surgiu o Decreto-Lei nº 76/2002, de 26 de março que aprovou o Regulamento das Emissões Sonoras para o Ambiente do Equipamento para Utilização no Exterior e alterou o Decreto-Lei nº 292/2000, de 14 de novembro - Aprova o Regulamento Geral do Ruído (revoga o Decreto-Lei nº 251/87, de 24 de junho e 292/89, de 2 de setembro. Revoga o artº 1º, alínea g), subalínea i) e artº 3º da Portaria nº 326/95 de 4 de outubro (II série) (Alterado pelo Decreto-Lei nº 76/2002, de 26 de março. Alterado pelo Decreto-Lei nº 259/2002, de 23 de novembro).

Em 2002 é aprovado o Decreto Lei 129/2002 de 11 Maio, que com linhas de orientação do Decreto Lei 292/2000, visa o conforto acústico no âmbito dos edifícios e surge o Regulamento Geral do Ruído [35].

Em 2002 foi também aprovado o Decreto-Lei nº 259/2002, de 23 de novembro que alterou nos artigos 9.º, 17.º, 19.º, 20.º, 22.º, 24.º, 26.º e 27.º do Decreto-Lei n.º 292/2000, de 14 de novembro.

Em 2005 o LNEC emite um parecer sobre a influência do ruído aéreo produzido pelo impacto dos martelos da máquina de percussão, na determinação do índice de isolamento sonoro a sons de percussão. Este documento foi considerado nos ensaios realizados para determinar o índice de isolamento sonoro a sons de percussão como descrito no capítulo 4.

No ano de 2007 foi a aprovado o Decreto-Lei n.º 9/2007 de 17 de janeiro que aprovou o Regulamento Geral do Ruído e revogou o regime legal da poluição sonora, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 292/2000, de 14 de novembro.

Surgiu ern 2007, uma Declaração de Retificação n.º 18/2007 de 16 de março, do Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, que aprovava o Regulamento Geral do Ruído e retifica o Decreto-Lei n.º 9/2007.

Em 2008, o Decreto-Lei n.º 96/2008, de 9 de junho, procede à primeira alteração ao Decreto-Lei n.º 129/2002, de 11 de maio, que aprova o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE) [3].

As alterações introduzidas atualizaram os parâmetros de desempenho acústico dos edifícios e os indicadores do ruído de equipamentos e instalações, e estabelecem explicitamente procedimentos de avaliação de conformidade com a literatura em vigor, visando a melhoria da qualidade habitacional no País, tanto para edifícios novos como para os edifícios existentes que venham a ser objeto de reconstrução, ampliação, ou alteração. É alargado o âmbito de aplicação do RRAE, incluindo, agora, critérios mínimos para os edifícios de unidades hoteleiras e são definidos requisitos mínimos para auditórios, salas de espetáculo e cinemas de modo a evitar a necessidade de posteriores correções acústicas. [3]

O Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), definiu em 02 de abril de 2009, os critérios gerais de amostragem para ensaios e medições acústicas, a utilizar na avaliação acústica dos edifícios, visando a verificação da sua conformidade com as disposições legais em vigor, em cumprimento do disposto no artigo 15.º da Portaria n.º 232/2008, de 11 de março.

No nº 3 do artigo 34º do Regulamento Geral do Ruído, está preconizado que as entidades que realizem ensaios e medições acústicas necessárias à verificação do cumprimento do disposto no presente Regulamento dispõem de um prazo de quatro anos para se acreditarem de acordo com o referencial normativo NP EN ISO/IEC 17025:2005, no âmbito do Sistema Português de Qualidade. Até ao passado dia 01 de fevereiro de 2011 não havia restrições para as entidades realizarem ensaios e medições acústicas, mas a partir desta data só os laboratórios acreditados o poderão fazer.

Atualmente existem as entidades acreditadas na área de acústica ambiental e de edifícios identificadas no quadro 2.1 (estes dados foram recolhidos do sitio de internet do Instituto Português de Acreditação (IPAC) http://www.ipac.pt/pesquisa/acredita.asp, em agosto de 2011).

Na constante procura de um "ambiente limpo" de ruído, nasce a necessidade de eliminar ruídos indesejáveis. Sendo impossível de os eliminar, surge a necessidade de quantifica-los e minimiza-los.

Em Portugal, existem entidades que estudam a Acústica em várias vertentes, entre os quais se destacam, a Faculdade de Engenharia da Universidade Porto (Laboratório de Acústica); Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra (Itecons); Laboratório Nacional de Engenharia Civil, etc.

No anexo E apresenta-se a lista de entidades ou laboratórios acreditadas na área de acústica ambiental e de edifícios

Existem ainda em Portugal muitos Laboratórios que não estão acreditados para a realização de ensaios de medição do índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão como por exemplo os núcleos de Acústica de:

- Instituto Politécnico da Guarda;
- Instituto Superior de Engenharia do Porto;
- Laboratório de Ensaios de Acústica – LEA (LNEC);
- Ministério do Ambiente;
- Universidade do Minho.

3

O SOM E O RUÍDO

3.1. O SOM

"O som é um movimento ondulatório gerado num meio, por exemplo, o ar" [28]. É através do som que se comunica, se ouve música, se obtém informações, etc.

As ondas sonoras podem transmitir-se até ao ouvido, tanto pelo ar, como indiretamente por condução nos materiais – estruturas sólidas, paredes, pavimentos e tetos, que funcionam como fontes secundárias. O resultando, para o ouvinte, leva-o a distinguir entre a agradabilidade e significância (som), daquilo que se torna desagradável, o ruído [5].

Em termos muito básicos, os sons podem distinguir-se em puros e complexos. O som puro ou simples é aquele que é associado a uma componente única em termos de frequência. O som complexo ou composto resulta da sobreposição de dois ou mais sons puros. Estes são os tipos de sons mais correntes e são descritos por espectros enquanto que os sons puros são descritos através do seu comprimento de onda e frequência [4].

O ruído pode ser definido como toda a vibração mecânica estatisticamente aleatória de um meio elástico, ou como o fenómeno acústico que produz uma sensação auditiva desagradável ou incomodativa [24].

Os movimentos de um corpo de vibração, o funcionamento de aparelhos de rádio e televisão, os escoamentos de gases, etc., dão lugar a perturbações no meio envolvente. Estas perturbações traduzem-se por contrações e dilatações de volumes de ar elementares, correspondendo-lhes respetivamente:

- uma alteração de pressão, que em repouso é a pressão atmosférica P_A;

- um movimento vibratório das partículas de ar;

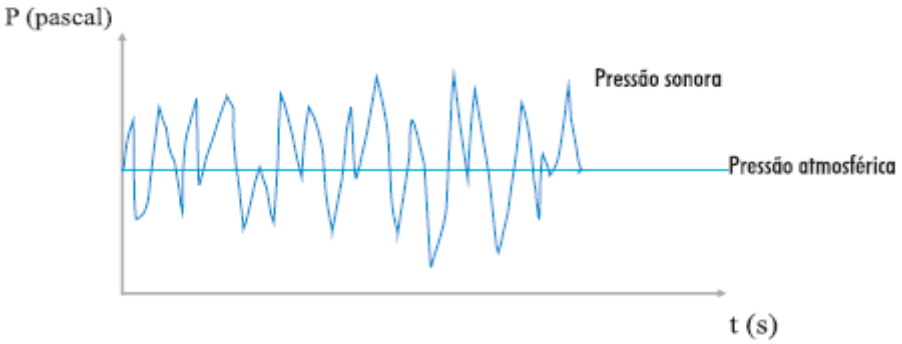


Figura 3.1 – Variação da pressão sonora com o tempo [28]

Para um determinado ponto A, a pressão total resultante corresponde à soma da pressão atmosférica P_A com a pressão devida a perturbações, sendo designada por P(t). Nesta circunstância, define-se pressão sonora, p(t), a qual é função do tempo, t, a grandeza:

$$p(t) = P_A + P(t) \tag{3.1}$$

O nível de pressão sonora, L_p, em decibel, é dado pela expressão:

$$L_p = 10 * \log \frac{p^2}{p_0^2} = 20 * \log \frac{p}{p_0} \tag{3.2}$$

Em que *p* é o valor eficaz ou RMS da pressão sonora, medida em pascal e p_0 o valor eficaz da pressão sonora de referência ($2*10^{-5}$ Pa).

Existem outras áreas da Acústica que utilizam valores de referência um pouco distintos, por isso por vezes aparece a notação "dB *re 20 µPa*" a seguir ao valor para indicar claramente qual a referência usada [4].

A velocidade de propagação do som representa a velocidade com que se propagam as ondas sonoras. É um vetor perpendicular à frente da onda. De um ponto de vista genérico, esta velocidade é independente da amplitude da pressão sonora. Todavia é dependente das características do meio de propagação. Para condições correntes têm-se as seguintes velocidades para os meios de propagação indicados:

- Ar (20ºC) ≅ 343 m/s [5];
- Água doce (17ºC) ≅ 1430 m/s [5];
- Madeira ≅ 1000 a 4900 m/s [5];
- Gesso cartonado ≅ 6800 m/s [5];
- Aço ≅ 4700 a 5150 m/s [5];
- Hélio ≅ 965 m/s [5]

O comprimento de onda λ é definido pela distância entre duas cristas sucessivas de uma onda, ou seja, a distância percorrida por perturbação durante o tempo correspondente a um período. O comprimento de onda depende da velocidade de propagação *c* e do período *T* da perturbação. É dado pela expressão 3.3:

$$\lambda = T * c = \frac{c}{f} \tag{3.3}$$

O comprimento de onda é expresso em metros.

As frequências, inversamente proporcionais aos comprimentos de onda, audíveis para um ser humano situam-se entre 20 e 20000 Hz, acima da faixa dos infrasons e abaixo da faixa dos ultra sons. A frequência (f), expressa em hertz (Hz), representa a taxa de ocorrência de flutuações completas de pressão por segundo. A gama audível pode ainda dividir-se em três zonas diferentes: graves (20 a 400 Hz), médios (400 a 1600 Hz) e agudos (1600 a 20000 Hz) [4]. Em termos de pressão sonora, o sistema auditivo consegue captar uma variação de pressão que varia entre 10^{-5} Pa e 100 Pa [4]. A variação de 0,1 milibar no valor da pressão sonora é o suficiente para causar ruído [18]. É considerado ruído, toda a variação que incomode, prejudique ou afete a saúde das pessoas e dos seres vivos.

Para além da pressão sonora é também corrente caracterizar um fenómeno sonoro através de outras grandezas também medidas em dB. O valor do nível sonoro, o qual não é mais do que o valor da pressão sonora integrada no domínio das bandas de frequência consideradas num processo de análise, pretende traduzir, sob a forma de valor único, a pressão sonora "sentida" pelo corpo humano [7].

Para saber se determinado agente insalubre está em níveis aceitáveis, ou seja, que não ultrapasse o seu limite de tolerância, é preciso que ele seja medido.

Os equipamentos utilizados para medir o som, ou seja, o nível de pressão sonora, são os sonómetros, dosímetros ou registadores digitais ou gráficos.

Os sonómetros são s aparelhos mais utilizados para medições do nível de pressão sonora em ensaios ambientais e de edifícios.

Os dosímetros são os mais utilizados para medições do nível de pressão em casos de ruído muito variável, permitindo grande portabilidade. Na figura 3.2 apresenta-se imagens de medidores do nível de pressão sonora.

Figura 3.2 – Exemplos de medidores do nível de pressão sonora [4]

3.2. O RUÍDO

"… Considera-se ruído o conjunto de sons suscetíveis de adquirir para o Homem um caráter afetivo desagradável e/ou intolerável, devido sobretudo aos incómodos, à fadiga, à perturbação e não à dor que pode produzir", definição CEE, 1977 [28].

O espectro de ruído ao longo do tempo pode classificar-se em estacionário e não estacionário.

O ruído estacionário apresenta um espectro contínuo visto que as oscilações ao longo do tempo são diminutas.

O ruído não estacionário apresenta um espectro que varia ao longo do tempo com oscilações acentuadas e descontínuas.

Os dois tipos de ruído, estacionário e não estacionário são agrupados em três grupos conforme o impacto sobre o Homem: intensidade entre 30 dB e 60 dB considera-se que o ruído provoca perturbações simples; entre 60 dB e 90 dB provoca perturbações doenças mentais e acima de 90 dB,

com longos tempos de exposição provoca perturbações graves a nível vasculares, problemas cardíacos, streess, etc [24].

Existem estudos que mostram que o ruído acima de 56 dB em tempos de exposição prolongada é nefasto e provoca problemas auditivos.

Como citado por Tomatis (1920 – 2001) (conhecido internacionalmente como otorrinologista e inventor): "Embora o ouvido seja o primeiro a sentir o impacto do ruído excessivo, parece que afeta o corpo inteiro e não pode ser excluída a possibilidade de uma célula submetida a frequências e intensidades capazes de perturbar permanentemente a sua estrutura e alterar a sua estética" [55].

Cada vez mais existem estudos para reduzir os ruídos existentes no quotidiano humano, melhorando a qualidade de vida do Homem reduzindo a sua exposição a ambientes com ruídos desagradáveis e prejudiciais.

Na figura 3.3 podem observar-se exemplos de atividades do quotidiano associado à pressão e nível de pressão sonora que produzem.

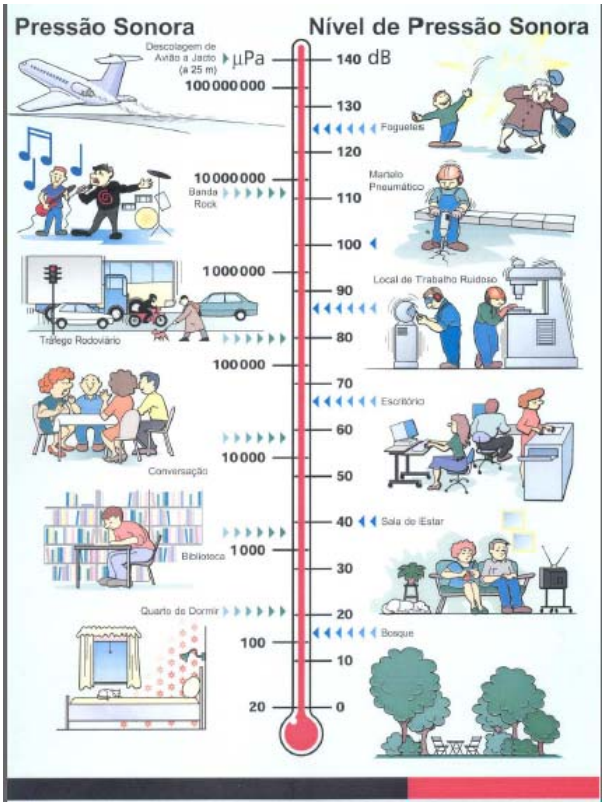


Figura 3.3 – Níveis de pressão sonora (*Brüel & Kjær*)

A gama audível está dividida em 10 grupos de frequências designados por oitavas. Cada oitava, por seu turno está dividida em três grupos de terços de oitava [24].

Igualmente os ensaios acústicos são realizados em oitavas e terços de oitava. Para o cálculo do nível de pressão sonora, recorre-se a malhas de ponderação A, que corresponde à integração corrigida, em

termos de energia, do conteúdo espectral em presença. A ponderação respetiva, como se pode constatar pelos termos corretivos associados à aplicação desta malha, "despenaliza" significativamente a participação das componentes do espectro nas bandas de frequências muito baixas e muito altas, zona onde a sensibilidade auditiva do recetor é menor. Esta ponderação é feita de acordo com a expressão 3.4 [4]:

$$L_p = 10 * \log_{10}\left(\sum_i 10^{0,1*(L_{pi}+c_i)}\right), dB \tag{3.4}$$

Nesta expressão, L_{pi} representa o nível de pressão sonora em cada uma das bandas de frequência *i* consideradas e c_i as correções à ponderação da malha A, as quais, para análises efetuadas por bandas de frequência com largura de um terço de oitava, entre frequências centrais extremas 100 e 5000 Hz, se apresentam no quadro 3.1 [4]:

Quadro 3.1 – Correções devidas à malha A [4]

Bandas de Frequência (Hz)	Correção C_i (dB)	Bandas de Frequência (Hz)	Correção C_i (dB)
100	-19,1	630	-1,9
125	-16,1	800	-0,8
160	-13,4	1000	0,0
200	-10,9	1250	0,6
250	-8,6	1630	1,0
315	-6,6	2000	1,2
400	-4,8	2500	1,3
500	-3,2	3150	1,2

Estas considerações assentam na apreciação subjetiva que o recetor tem do sinal sonoro. O caráter subjetivo em causa é ilustrado pelo diagrama da figura 3.4, onde se pode constatar a evolução da sensação auditiva, expressa em fone, em função do nível de pressão sonora do estímulo introduzido [4].

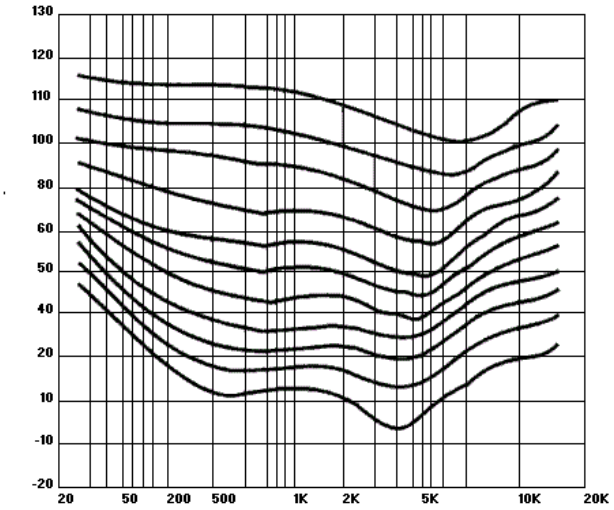


Figura 3.4 – Curvas de igual sensibilidade auditiva [29]

Por definição, duas ondas sinusoidais, de frequências diferentes, são ditos ter a sonoridade de igual nível medido em fones, se parecem igualmente "alto" para o jovem médio, sem deficiência auditiva significativa. São curvas de igual perceção subjetiva da intensidade sonora numericamente escalonadas com unidade denominada fone (que toma convencionalmente o valor numérico do respetivo nível de pressão sonora nos 1000 Hz) conforme a norma ISO 226:2003 [48].

Com o trabalho de Harvey Fletcher (1884 – 1981) e Wilden A. Munson verificou-se que a sonoridade era um fenómeno mais complexo do que se julgava até então e tentou criar um instrumento capaz de refletir a sensação de sonoridade produzida por um som qualquer.

Introduziram-se então filtros eletrónicos nos aparelhos de medida que corrigem os valores rastreados. As curvas que representam as correções efetuadas em frequências de som captado são chamadas curvas de ponderação, representadas na figura 3.5, sendo a mais usada é denominada como Curva ou Filtro A, sendo a que é a melhor correlaciona os valores medidos com a incomodidade do sinal sonoro.

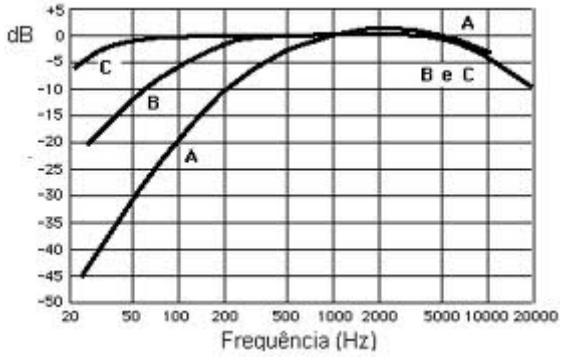


Figura 3.5 – Descrição das curvas de ponderação (filtros) A, B, C e D [29]

3.3. RUÍDO BRANCO E RUÍDO ROSA

Há dois tipos de ruídos muito usados na experimentação relativa à Acústica: são o ruído branco e o ruído rosa. As suas denominações derivam da analogia com as ondas luminosas e como a sua energia é distribuída por todo o espectro.

O ruído branco é um tipo de ruído produzido pela sobreposição de sons de todas as frequências. O nome branco é alusivo à luz branca que também representa a sobreposição de todas as cores do espectro [29]. Representa-se por uma frequência plana no espaço linear, que representa que o sinal vai ser a mesma intensidade em qualquer largura de banda dada e por tal caracteriza-se por ter uma intensidade média constante ao longo de seu espectro. Por exemplo, a intensidade do som em frequências entre 40 Hz e 60 Hz é a mesma que a intensidade em frequências entre 4000 e 4020 Hz.

. Em outras palavras, os sinais distribuem-se aleatoriamente no espectro, com intensidade constante. A figura 3.6 mostra o espectro de um ruído branco.

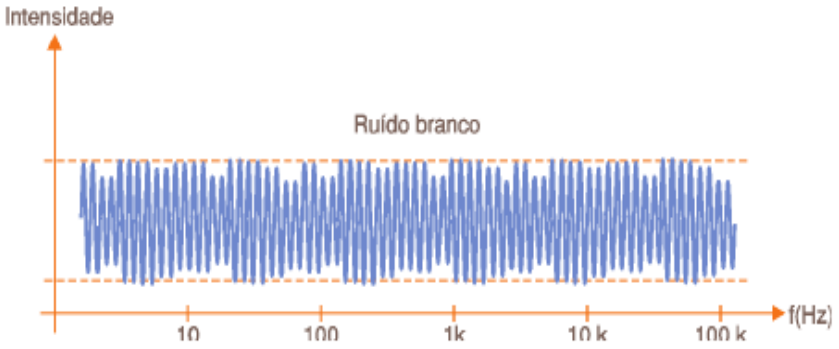


Figura 3.6 – Espectro de um ruído branco [29]

Ruído rosa, representado no espectro em escala logarítmica na figura 3.7, mostra a proporcionalidade inversa entre a densidade espectral e a frequência do sinal. O nome rosa surge pelas suas características comuns entre o ruído branco e o ruído vermelho (também conhecido por Ruído Browniano [30].

Assim como a luz branca, que contém todas as cores, o ruído branco contém todas as frequências. O ruído branco é muitas vezes referido como o som das ondas do mar ou da chuva. É utilizado para mascarar os sons e ruídos como eles combinam tons altos e baixos.

Quando comparado o ruído branco com o ruído do rosa há mais ênfase às frequências mais baixas. A amplitude do ruído rosa cai a um ritmo constante para cada oitava. No ruído rosa, os sons de baixa frequência são muito mais altos. Assim como o ruído branco, ruído rosa também é usado para mascarar sons.

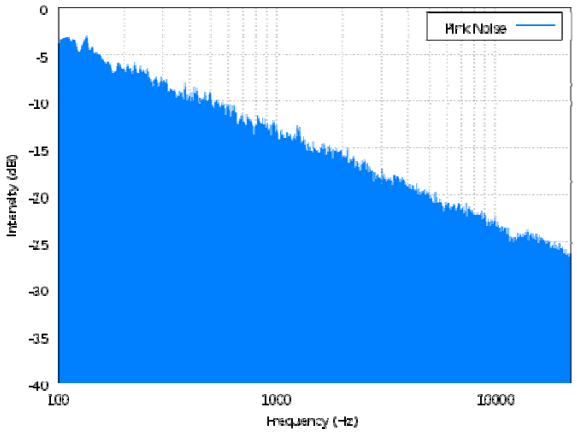


Figura 3.7 - Espectro do ruído rosa em escala logarítmica [30]

3.4. RUÍDO DE FUNDO

O ruído de fundo é o ruído que se regista com as fontes emissoras desligadas excetuando quando se está na presença de elementos incorporados no próprio edifício (ex. sistemas AVAC, elevadores, etc…). É quantificado por todo o ruído que pode interferir nas medições resultante das condições do local do ensaio.

As medições são efetuadas no recinto recetor, com a fonte sonora desligada. O tempo de medição deverá ser representativo (estabilização do sinal sonoro). são influenciadas por ruídos existentes no local, impossíveis de eliminar, exteriores ao ensaio.

O índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão é influenciado pelo ruído de fundo sempre que se verifica que a diferença entre ambos é superior a 6 dB e inferior a 10dB. Quando a condição é cumprida, as medições efetuadas deverão ser corrigidas como mostra a equação 3.5:

$$L = 10 * \log\left(10^{L_{sb}/10} - 10^{L_b/10}\right), dB \tag{3.5}$$

em que L é o nível de pressão sonora corrigido, em decibel; L_{sb} é o nível do sinal e do ruído de fundo combinados, em decibel e L_b é o nível de pressão sonora do ruído de fundo, em decibel.

Quando a diferença é inferior a 6dB aplica-se uma correção de 1,3 dB ao nível de pressão sonora em questão.

O método para as medições do índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão, incluindo o parâmetro do ruído de fundo, é apresentado detalhadamente no capítulo 4. Todos os valores obtidos na recolha da amostra são apresentados na íntegra nos anexo A.

4

RUÍDO DE PERCUSSÃO

4.1. ENQUADRAMENTO GERAL

Os ruídos de percussão resultam do choque entre elementos provocando vibrações. Em edifícios a vibração (movimento de pessoas, queda de objetos, arrastar móveis, trabalhar de equipamentos, etc.) é transmitida a um componente estrutural como a laje de piso por exemplo, propagando-se através de ondas elásticas a todo esse elemento e aos que se encontra ligado. Ao atingir um elemento que tenha flexibilidade à vibração, como um piso ou uma parede, a vibração pode forçar a partição a oscilar, gerando assim o ruído [10].

É importante observar que, em geral, quanto mais rígida for uma superfície ou objeto, mais ruído é gerado e, quanto mais macio e elástico for, menos ruído é produzido.

Para quantificação do índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão existem dois métodos, o método de medição e o método de estimação ou projeto. Os métodos de medição, como o método de holografia acústica e o método de intensimetria sonora, baseiam-se na avaliação experimental através de ensaios interlaboratoriais *in situ* e em laboratório.

Os métodos de estimação ou projeto como o método do invariante $R+L_n$, o método de R. Josse, o método de E. Gerretsen, o método da análise modal, o método dos elementos finitos (FEM) e o método de análise estatística de energia (SEA) [7].

O método do Invariante baseia-se na determinação do valor do índice de isolamento a ruídos de percussão, em dB, sendo efetuada com base em espectros com largura de bandas de terço de oitava. Trata-se de um método pouco fidedigno pois de acordo com a maior parte da bibliografia da temática, não permite considerar a existência das propriedades elásticas de elementos de compartimentação parcialmente idênticos, nem contemplar um número razoável de tipificações possíveis [18].

O método de R. Josse (1977) carateriza o índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão através de uma força continua alternada e sinusoidal e como uma força pontual impulsiva [7].

Nos ensaios experimentais *in situ* e em laboratório, para simulação do índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão existentes nos edifícios, é utilizada uma máquina de percussão normalizada como especifica a norma NP EN ISO 140- 7 [1]

A máquina de percussão é colocada sobre a laje a avaliar, no recinto emissor simulando os ruídos de percussão. São realizadas amostras do ruído de percussão em várias posições da máquina registando-se no recinto recetor os parâmetros necessários para a sua caraterização. A metodologia aplicada encontra-se descrita na norma NP EN ISO 717-2 [2] que permitem obter um resultado único do isolamento sonoro.

Para simulação da excitação, nos ensaios de medição do índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão, *in situ,* utiliza-se uma máquina de percussão normalizada como especifica a norma NP EN ISO 140-7:2008 [1].

Nestes ensaios, para diversas posições da máquina de percussão no recinto emissor, realizam-se amostragens dos níveis de pressão sonora em diversas posições no recinto recetor. Para anular eventuais perturbações decorrentes do ruído de fundo, efetuam-se medições dos respetivos níveis de pressão sonora no recinto recetor e procede-se à necessária correção dos valores determinados. Para a normalização / padronização dos valores obtidos é necessário medir o tempo de reverberação no recinto recetor. A aplicação da metodologia prevista na norma NP EN ISO 717-2 [2] aos resultados obtidos em ensaio, permite obter um resultado único do isolamento sonoro ($L'_{nT,w}$). As medições devem ser efetuadas preferencialmente em bandas de 1/3 de oitava, no intervalo de frequências centralizadas de 100 Hz – 3150 Hz [1].

4.2. MEDIÇÃO DO ÍNDICE DE ISOLAMENTO SONORO A RUÍDOS DE PERCUSSÃO

4.2.1. MÉTODO

O método para medição do índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão consiste na excitação de impacto normalizada para um pavimento, através de uma máquina de martelos normalizada e registar através de um sonómetro, por bandas de frequência 100 – 3150 Hz de preferência em bandas de terços de oitava, os valores do nível de pressão sonora do ruído de percussão, L_2, nível de pressão sonora do ruído de fundo, L_{B2} e do tempo de reverberação, T no compartimento recetor. Na figura 4.1 apresenta-se um fluxograma de procedimentos para o cálculo do L'_{nT} de acordo com a norma NP EN ISO 140-7:2008 [1].

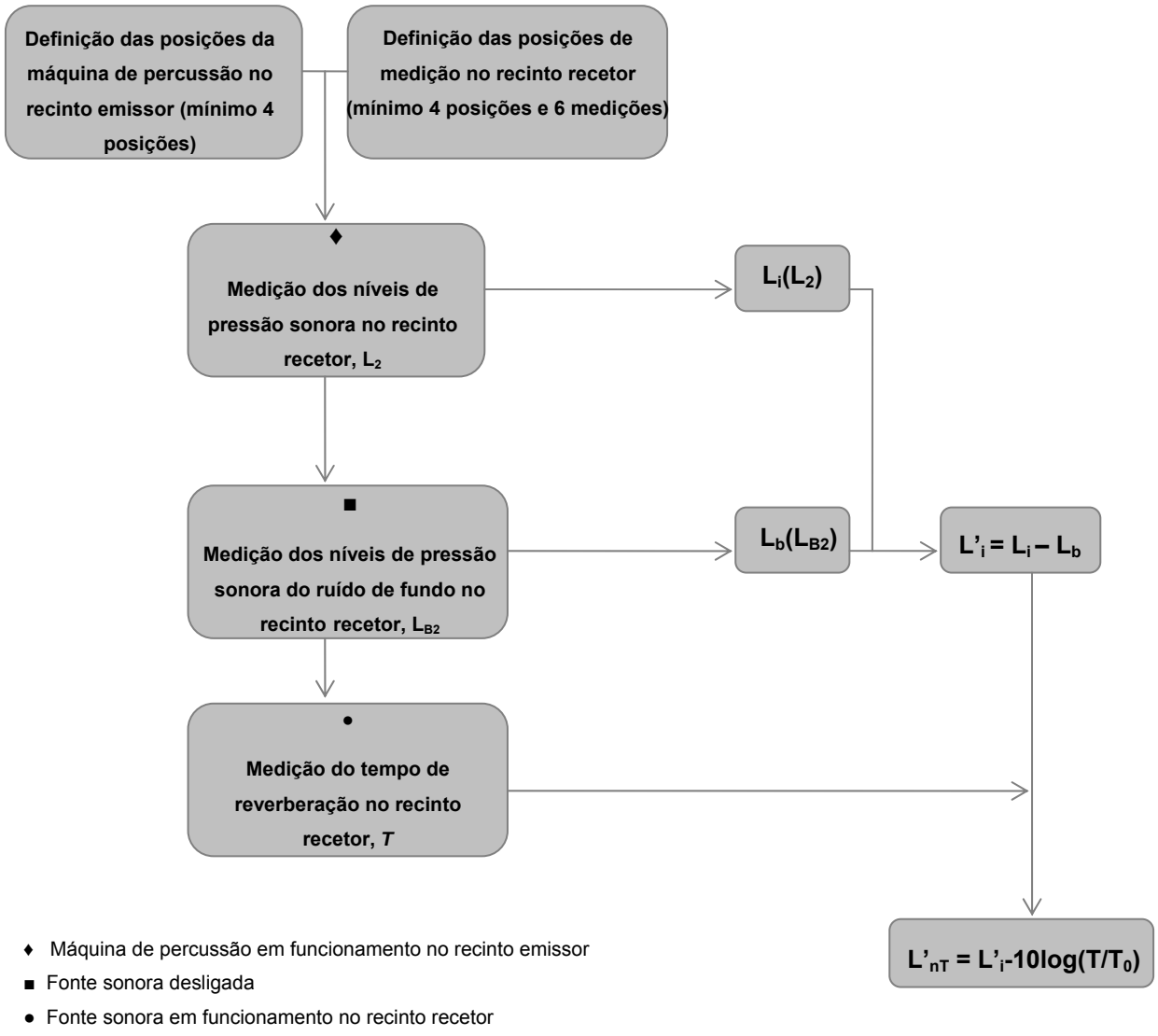


Figura 4.1 – Fluxograma de procedimentos para cálculo do nível de percussão sonora padronizado, L'_{nT}

Para cálculo de L_2 é colocada a máquina de percussão no recinto emissor em quatro posições distintas e registadas no recinto recetor seis leituras com duração mínima de seis segundos.

Aplicando a expressão 4.1 obtém-se a média energética dos valores de L_2 da amostra sendo do que L_j são os valores das leituras por banda de frequência para cada posição *n* da máquina de percussão; este valor é expresso em decibel [1].

$$L = 10 * \log\left(\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} 10^{L_j/10}\right) \qquad (4.1.)$$

As medições não devem ser iniciadas antes de o nível de pressão sonora se ter tornado estacionário. O microfone deverá cumprir as distâncias mínimas de espaçamento: 0,7 m entre posições de microfone; 0,5 m entre qualquer posição do microfone e os limites da sala ou os elementos difusores; 1 m entre o

microfone e a superfície superior do pavimento excitado pela máquina de percussão [1]. A máquina de percussão foi colocada, em quatro posições diferentes, distribuídas aleatoriamente sobre o pavimento. A distância entre a máquina de percussão e os limites do pavimento foi de pelo menos 0,5 m de acordo com a norma NP EN ISO 140-7:2008 [1]. As condições de ensaio encontram-se sintetizadas na figura 4.7. A figura 4.2 representa de forma esquemática as condições para medição do parâmetro L_2.

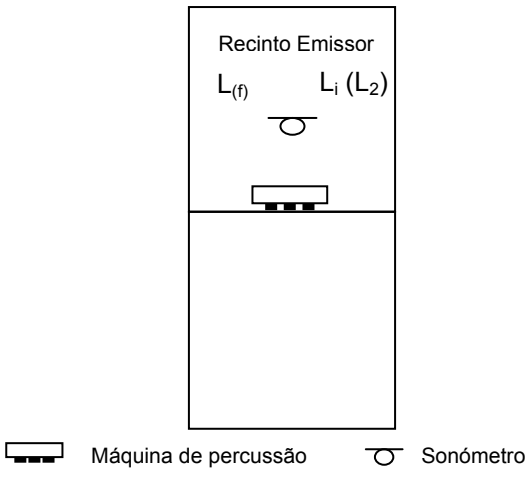
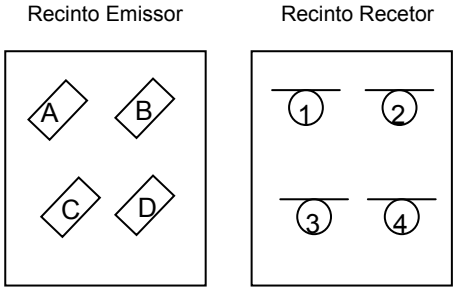
<table>
<tr><td colspan="3">L_2 - Nível de pressão sonora médio no recinto recetor</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td>Exemplificação:
 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">Campo sonoro
▪ stacionário (ruído estável)
Posições da Máquina de percussão
▪ ínimo: 4 Posições (distribuídas aleatoriamente sobre o pavimento);
▪ avimentos com nervuras, vigas (não homogéneos), aumentar o n.º de posições e colocar a máquina a 45º na direção das nervuras ou das vigas.</td><td>Posições de Medição no recinto recetor L_2
Mínimo: 4 Posições e 6 medições, de pelo menos 6 s.
Posições de Medição no recinto emissor L(f)
(Correção da influência dos ruídos aéreos)
4 Posições e 6 medições, de pelo menos 6 s.</td></tr>
<tr><td>Distâncias Mínimas entre:</td><td>Máquina de percussão e limites do pavimento → 0,5 m</td><td rowspan="2">Distâncias Mínimas entre:</td><td>Posições distintas do Sonómetro → 0,7 m
Microfone e Limites da sala (paredes, teto, pavimento) → 0,5 m
Microfone e superfície superior do pavimento excitado pela máquina de percussão → 1 m</td></tr>
<tr><td colspan="3">Nota: Sempre que possível, recomenda-se a utilização de distâncias de afastamento superiores e maior n.º de posições da máquina de percussão e microfone.</td></tr>
</table>

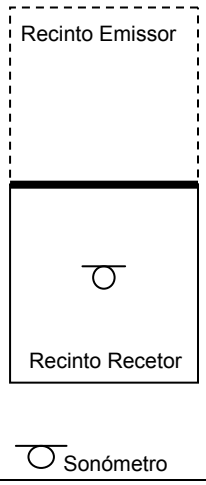
Figura 4.2 – Resumo das condições de ensaio para a medição do nível de pressão sonora médio no recinto recetor, L_2

4.2.2. MEDIÇÃO DO RUÍDO DE FUNDO (L_{B2})

O nível de pressão sonora do ruído de fundo (L_{B2}) deve ser medido a fim de se assegurar que as medições realizadas no compartimento recetor não sejam influenciadas por ruídos inerentes indesejáveis. Para tal, realizam-se medições no recinto recetor com a máquina de percussão desligado.

São registados valores dos ruídos existentes no local sem influência da máquina de percussão. Na figura 4.3 apresenta-se de forma esquemática o método de medição de acordo com a norma NP EN ISO 140-7:2008 [1].

L_{B2} – Nível de pressão sonora do ruído de fundo no recinto recetor



- Representativo do nível de pressão sonora do ruído de fundo, em condições idênticas às ocorridas durante a determinação de L_2;
- Deve ser pelo menos 6 dB inferior a L_2 (em todas as frequências) (preferencialmente, a diferença deve ser superior a 10 dB).

Figura 4.3 – Resumo das condições de ensaio para medição do nível de pressão sonora do ruído de fundo no recinto recetor, L_{B2}

4.2.3. MEDIÇÃO DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO (T)

O valor do tempo de reverberação (figura 4.4) depende da frequência, da absorção sonora dos materiais que integram a envolvente exposta (revestimentos ou elementos definidores da compartimentação), dos objetos existentes no recinto fechado, do número de pessoas no espaço, da humidade relativa e do volume do local [4]. Existem dois métodos para o registo deste parâmetro: método da fonte interrompida e método da resposta impulsiva integrada. A metodologia descrita resumirá as principais especificações relacionadas com o primeiro, visto ser esta a metodologia usada nos ensaios realizados no âmbito deste trabalho. O método da fonte interrompida resume-se à obtenção de curvas de decaimento (decréscimo do nível de pressão sonora em função do tempo, num determinado ponto de um compartimento), após um sinal sonoro produzido por uma fonte ter cessado de níveis de pressão sonora para a determinação do tempo de reverberação, que consiste na aquisição dos níveis de pressão sonora, após a cessação do sinal de excitação [11].

O método de cálculo do tempo de reverberação encontra-se descrito na norma NP EN ISO 3382-2 [11].

O tempo de reverberação deve ser determinado a partir da curva de decaimento cujos pontos inicial e final são, respetivamente, o instante correspondente a 5 dB abaixo do nível de pressão sonora inicial e o instante no qual o nível de pressão sonora na sala é inferior 25 dB ou 35 dB (decréscimo de níveis de pressão sonora de 20 dB ou 30 dB) relativamente ao valor inicial, correspondendo respetivamente à obtenção do parâmetro T_{20} ou T_{30}. O fim do decaimento deve situar-se, no mínimo, 10 dB acima do nível do ruído de fundo [11].

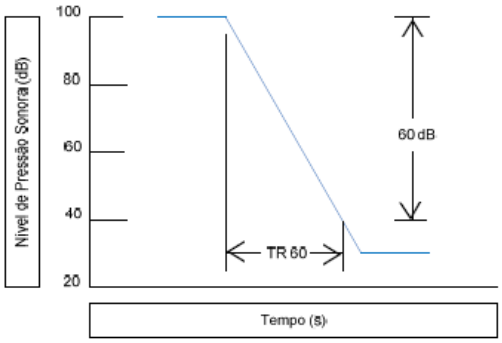


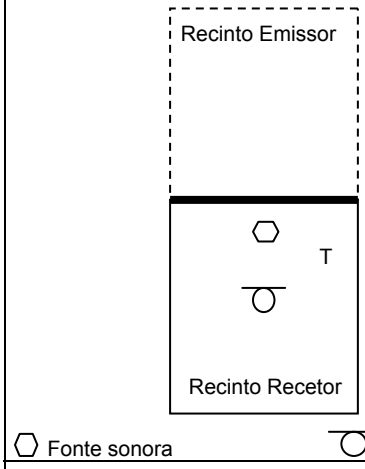
Figura 4.4 – Definição de tempo de reverberação [11]

O número de posições de medição, para o cálculo do tempo de reverberação é escolhido de modo obter uma cobertura adequada do recinto. O quadro 4.1 apresenta o número mínimo de posições nos ensaios de medição do índice do isolamento sonoro ao ruído de percussão. Em recintos com geometria complexa poderão ser necessárias mais posições de medição. A distribuição das posições de medição deve ser escolhida de forma a prevenir as principais influências que possam causar diferenças no tempo de reverberação do recinto como um todo [11].

Quadro 4.1 – Número mínimo de posições do microfone e da fonte sonora para medição do tempo de reverberação no âmbito da medição do índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão [11]

	Método de Engenharia	Método de Controlo	Método de Precisão
Combinações Fonte – Microfone	6	2	12
Posições da Fonte	2	1	2
Posições do Microfone	2	2	3
N.º de decaimentos em cada posição	2	1	3

T - Tempo de reverberação no Recinto Recetor



- Recinto com um máximo de 2 pessoas presentes (sempre que possível, ausência de ocupantes);
- O n.º de ocupantes no recinto deverá ser o mesmo na determinação do índice de isolamento (L_2, L_b);
- Medir o T_{30}.

Posições da Fonte Sonora / Campo sonoro

Duração da excitação do recinto deve ser tal que permita a estabilidade do campo sonoro antes de desligar a fonte;
Gerar um nível de pressão sonora pelo menos 35 dB acima do ruído de fundo;
Manter a potência da fonte sonora durante todo o tempo de medição;
Mínimo: 1 posição da fonte sonora (recetor).

Posições de Medição

Afastar o microfone do campo sonoro direto estabelecido pela fonte sonora;
Evitar posições de medição simétricas;
Mínimo 3 Posições do microfone (recetor), distribuídas uniformemente;
Mínimo 6 Medições (recetor) (mínimo 2 medições por posição do microfone).

Distâncias Mínimas entre:	
	Posições distintas do Microfone → 2,0 m; Microfone e superfícies refletoras (incluindo o pavimento) → 1,0 m; Fonte Sonora e Microfone → 1,5 m (até V= 100 m^3), aumentar distância para maiores volumes; Posições distintas da Fonte Sonora → 1,4 m (0,7 m quando houver mais do que 2 posições da fonte); Fonte Sonora e Limites da sala (paredes, teto, pavimento) → 0,5 m; Fonte Sonora e mobiliário → 0,5 m.

Nota: Sempre que possível, recomenda-se a utilização de distâncias de afastamento superiores e maior n.º de posições da fonte e microfone.

Figura 4.5 – Resumo das condições de ensaio para cálculo do T_{30} no âmbito da medição do índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão

No caso da medição pelo método da fonte interrompida e quando o resultado se destina à obtenção de um termo de correção para outras medições, apenas uma posição da fonte e três do microfone são necessárias. A partir de 50 m^2, a norma EN ISO 140:14:2004 recomenda a adoção de duas posições de fonte e seis do microfone [12].

Preferencialmente, deverá medir-se nas mesmas posições de microfone utilizadas para a medição de pressão sonora (L_2) [12].

Todas as posições de microfone devem estar suficientemente distanciadas da fonte sonora radiante de tal forma que seja minimizada a significativa influência do som direto. A distância mínima fonte - microfone pode ser estimada a partir da expressão (4.2).

$$d\min = 2\sqrt{\frac{V}{cT}} \tag{4.2}$$

Em que V é o volume do compartimento (m^3), c é a velocidade de propagação do som (m/s) e T é o tempo de reverberação estimado (s) [11].

O número mínimo de posições do microfone e da fonte sonora para medição do tempo de reverberação nos ensaios realizados para a amostra foi limitado pelo método de engenharia.

4.2.4. PARÂMETRO NA MEDIÇÃO ($L'_{n,T}$)

As leituras do ruído de fundo e do tempo de reverberação são medidas de correção, de modo que seja possível avaliar corretamente o nível de isolamento sonoro a ruídos de percussão da laje em questão, sem interferências do ruído externo e das características sonoras internas particulares de cada ambiente em questão. De forma esquemática, a medição é ilustrada na figura 4.7.

Todas as medições, com exceção do volume, são efetuadas por bandas de frequências de um terço de oitava, entre os 100 Hz e os 3150 Hz. Nas medições realizadas deve ser selecionado o modo de incidência aleatória (*random*/campo difuso) no sonómetro, o que corresponde a aplicar ao microfone as correções relativas aos campos sonoros difusos [11].

À custa de L_2 e do tempo de reverberação, $T_{30,}$ obtêm-se L'_{nT} (expressão 4.3), nível de percussão sonora, padronizado, de percussão, nível médio de pressão sonora devido à ação de percussão, L'_i, corrigido com um termo, expresso em decibéis, igual a dez vezes o logaritmo da razão entre o tempo de reverberação, T, medido do compartimento recetor, e o tempo de referência, T_0; este valor é expresso em decibel.

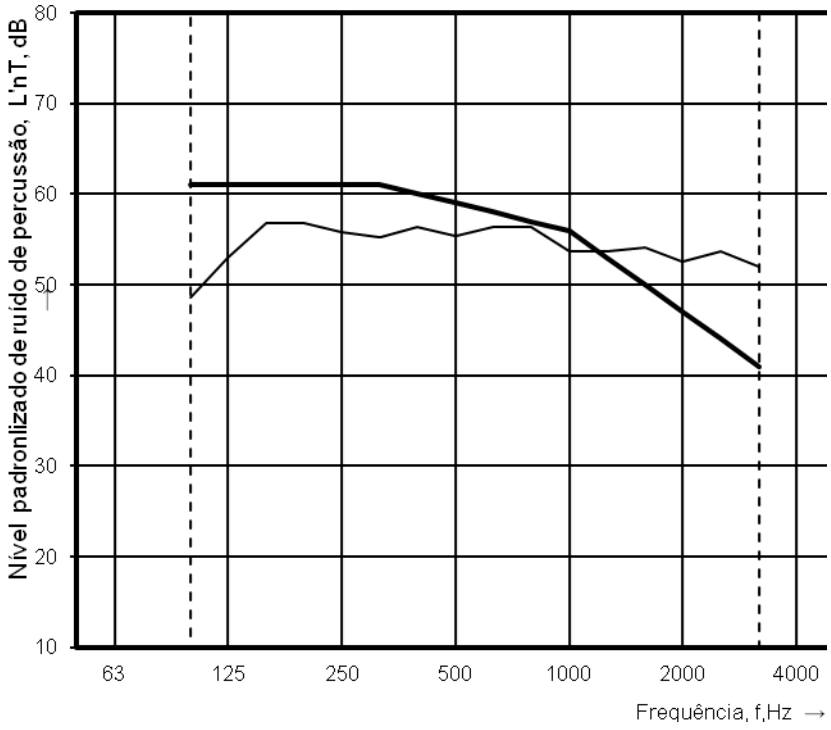
$$L'_{nT} = L'_i + 10 * \log\left(\frac{T}{T_0}\right) \tag{4.3}$$

Em que T, tempo de reverberação, é o intervalo de tempo necessário para que a energia volúmica do campo sonoro de um recinto fechado se reduza a um milionésimo do seu valor inicial, expresso em segundos, isto é, para que o nível de pressão sonora se reduza em 60 dB após a interrupção da fonte sonora [11]; T_0 é o tempo de reverberação de referência, em segundos (para compartimentos de habitação ou com dimensões comparáveis, T_0 toma o valor de 0,5 s, para compartimentos em que haja tempo de reverberação atribuível em projeto, o valor de referência a considerar será esse valor) [4].

A partir dos valores de L'_{nT} para cada banda de frequência, e por ajuste da curva real de L'_{nT} à curva de referência, de acordo com o especificado da NP EN ISO 717-2:2009 [2], obtêm-se um índice único de avaliação, $L'_{nT,w}$, índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão padronizado.

O mesmo procedimento é efetuado pelo método gráfico de acordo com o especificado na NP EN ISO 140-5:1998 [33], como se pode observar na figura 4.6.

O ajuste da curva real é obtido por iterações sucessivas desta com a curva de referência (CR) para que a soma dos afastamentos positivos ($\Delta 1 = CR1 - L'_{nT}$) a dividir pelo número de bandas de frequência utilizadas seja o maior possível sem ultrapassar 2,0. O valor de $L'_{nT,w}$ corresponde à ordenada da curva ajustada para a frequência de 500 Hz.



- - - - - gama de frequências de acordo com a NP EN ISO 717-2

---------- curva de referência de acordo com a NP EN ISO 717-2

Figura 4.6 – Gráfico do ajuste da curva de acordo com a norma NP EN ISO 717-2 [2]

O termo de adaptação espectral é uma correção definida em função das características espectrais do ruído na emissão, de forma a tomar em consideração os diferentes espectros de emissão de fontes sonoras e para avaliar curvas de isolamento sonoro com valores significativamente baixos numa determinada banda de frequência. O cálculo do termo de adaptação é obtido em conformidade com a NP EN ISO 717-1 [57] a partir da seguinte expressão:

$$C = X_{A,i} - X_w \tag{4.4}$$

Sendo que:

$X_{A,i}$ – caracteriza a diferença entre níveis de pressão sonora ponderados A, no compartimento emissor e no compartimento recetor, quando no compartimento emissor é emitido ruído rosa

X_w – é o índice calculado com base na curva de referência;

A figura 4.1 esquematiza o método de medições *in situ* do índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão sonora, padronizado, L'_{nT} de acordo com a norma NP EN ISO 140-7:2008 [1], recorrendo a um fluxograma. Na figura 4.7 representa-se esquematicamente as posições a definir para aplicação do método.

4.3. INFLUÊNCIA DO RUÍDO AÉREO PRODUZIDO PELA MÁQUINA DE PERCUSSÃO

A influência do ruído aéreo transmitido para o local de receção devido à excitação normalizada exercida pelos martelos da máquina de percussão, sobre o pavimento, deve ser considerada como ruído de fundo, relativamente ao campo sonoro estabelecido pela radiação dos elementos confinantes do espaço de receção, em consequência da ação do impacto provocado pelos martelos referidos [1].

O ensaio consiste em determinar o isolamento sonoro a ruídos aéreos entre o compartimento em cujo pavimento se exerce a ação de percussão (emissor) e o compartimento recetor de acordo com o ponto 5.6 da norma NP EN ISO 140-7:2008 [1], obtendo-se uma curva de perdas de transmissão D(f); efetuar a subtração $L_p(f) - D(f)$, obtendo-se assim a descrição espectral L_b (f) no compartimento recetor, devida ao campo sonoro estabelecido pela propagação do ruído aéreo, quando do impacto referido no ponto anterior; considerar para o cálculo do índice de isolamento sonoro a sons de percussão, a influência do valor L_b (f) como ruído de fundo do compartimento recetor, em conformidade com o procedimento preconizado no ponto 5.6 da norma NP EN ISO 140-7:2008 [1] e no capítulo 4 desta dissertação [56].

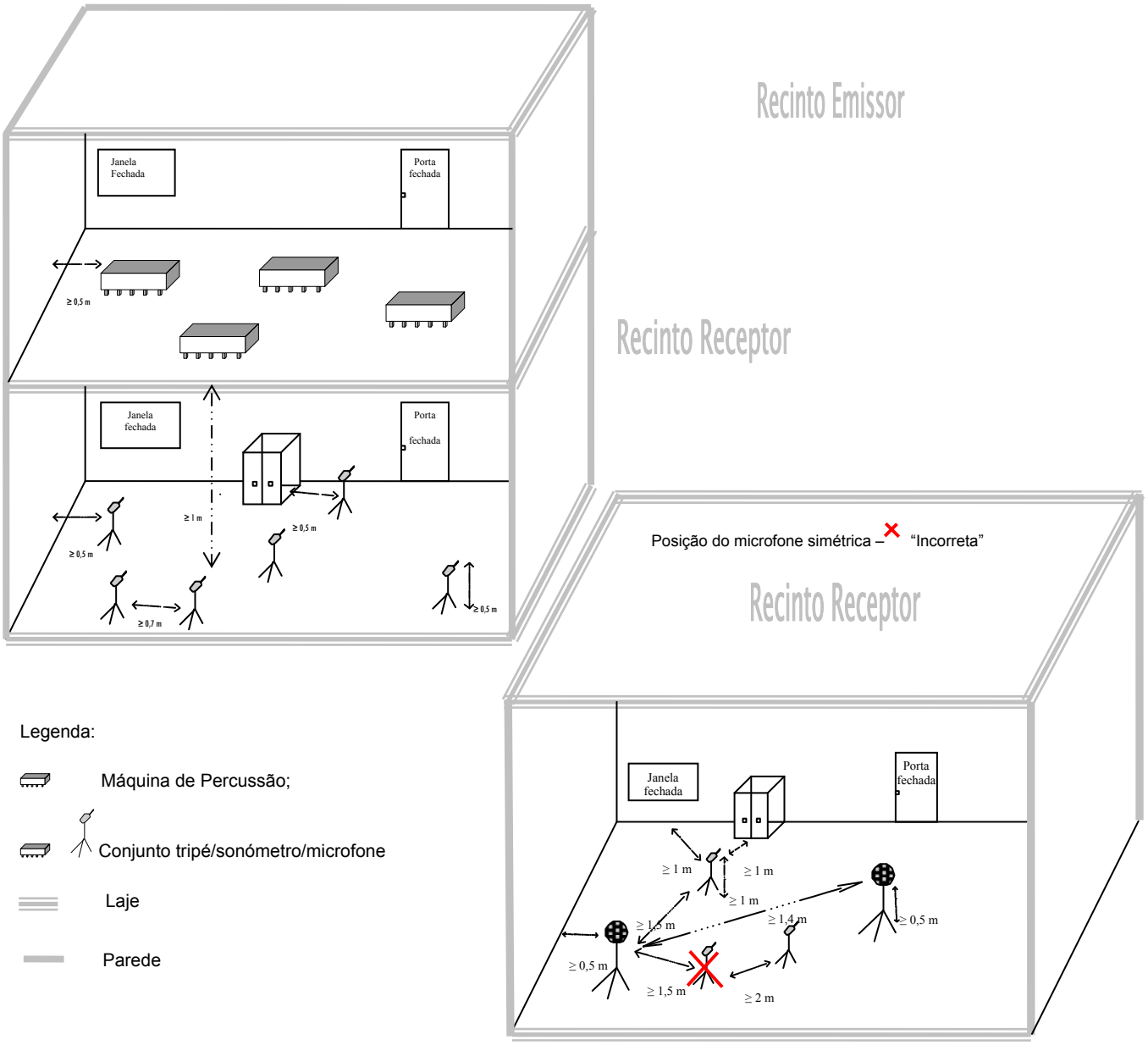


Figura 4.7 – Esquemas das posições do equipamento nas medições *in situ* do índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão padronizado, L'_{nT}

4.4. EQUIPAMENTO

Para realização dos ensaios de medição do índice do isolamento sonoro ao ruído de percussão, de acordo com o disposto na NP EN ISO 717-2:2008 [2], são necessários os seguintes equipamentos:

- Máquina de percussão normalizada;
- Sonómetro integrador de classe de exatidão 1 ou 0;
- Calibrador sonoro de classe de exatidão 1ou 0;
- Fonte Sonora constituída por gerador de ruído (branco e rosa);
- Amplificador e módulo omni-direcional de colunas e acessórios associados (cabos, tripé, etc.) [1].

4.5. IMPOSIÇÕES LEGAIS

Em Portugal, a legislação em vigor, para limitar o valor máximo do isolamento sonoro a ruídos de percussão, é Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios aprovado pelo Decreto-Lei n.º 96/2008 de 9 de junho, que para edifícios habitacionais refere no artigo 5, *"…interior dos quartos ou zonas de estar dos fogos, o índice de isolamento sonoro a sons de percussão, $L'_{nT,w}$, proveniente de uma percussão normalizada sobre pavimentos dos outros fogos ou de locais de circulação comum do edifício (emissão), deverá satisfazer a condição seguinte* (4.5) [3]*:*

$$L'_{nT,w} \leq 60 \text{ dB} \tag{4.5}$$

Contudo, a condição mencionada não se aplica, se o local emissor for um caminho de circulação vertical ou quando o edifício é servido por ascensores. Quando o pavimento do recinto emissor confina com locais do edifício destinados a comércio, industrias ou serviços de diversão, o índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão deverá cumprir o apresentado na condição seguinte 4.6 [3]:

$$L'_{nT,w} \leq 50 \text{ dB} \tag{4.6}$$

As lajes da amostra, mesmo sem revestimento, foram confrontadas com os limites legais e os resultados são apresentados no anexo A.

Ainda no mesmo decreto lei e artigo visa que o índice de isolamento sonoro a sons de percussão deve ser diminuído de um fator I igual a 3 dB.

É possível então considerar novos valores de $L'_{nT,w}$, ou seja 63 dB para a condição 4.5 e 53 dB para a condição 4.6, visto que cada valor de $L'_{nT,w}$ por laje ensaiada é diminuído 3 dB.

O valor de $L'_{nT,w}$ de cada laje ensaiada é então afetado de uma incerteza de 3dB devido a fontes de incertezas existentes durante o ensaio. Será 3 dB um valor suficientemente descritivo de todas as "imperfeições" incontroláveis durante o ensaio?

Nesta dissertação descreve-se como identificar, quantificar as incertezas envolvidas nos ensaios de medição do ruído de percussão e apresenta-se a comparação da incerteza obtida com o 3 dB da legislação.

5

INCERTEZAS NAS MEDIÇÕES

Incerteza na medição pode ser definida como um intervalo de valores que afetam um resultado devido a erros elimináveis nas medições [8].

A incerteza do resultado de uma medição é muitas vezes confundida com erro, visto que apresentam o mesmo conceito, mas princípios diferentes. As principais diferenças entre o erro e a incerteza são apresentadas no quadro 5.1.

Quadro 5.1 – Principais diferenças entre o erro e incerteza

Erro	Incerteza
Resultado de uma medição menos o valor verdadeiro do mensurando	Indicada quantitativamente em função da dispersão de valores que podem ser razoavelmente atribuídos ao mensurando
Correção pode ser feita	Correção não pode ser feita
Estimado de um valor médio das medições	A sua estimativa não depende do valor médio das medições e sim do desvio padrão das medições

Em medições do índice de isolamento sonoro a ruídos de sons de percussão, várias situações originam incertezas: os instrumentos utilizados de medição apresentam resolução finita, o conhecimento inadequado dos efeitos das condições ambientais sobre a medição ou medição imperfeita das condições ambientais, erro de tendência pessoal na leitura de instrumentos, do instrumento ou limiar de mobilidade, valores incorretos dos padrões de medição e materiais de referência, valores incorretos de constantes e de outros parâmetros obtidos de fontes externas e usados no algoritmo de redução de dados, aproximações e suposições incorporadas ao método e procedimento de medição, variações nas observações repetidas do mensurando sob condições aparentemente idênticas [8].

Todas as fontes de incerteza são identificadas de acordo com o tipo de erro identificado, sistemático ou aleatório.

O erro aleatório caracteriza-se por um erro de origem temporal ou espacial imprevisível existente durante as medições. Este erro é impossível de eliminar mas pode ser reduzido aumentando o número de amostras nas medições [8].

O erro sistemático também não pode ser eliminado, contudo, frequentemente, pode ser reduzido. Se um erro sistemático é corretamente identificado e pode ser exatamente quantificável é aplicado ao resultado um fator de correção estabelecido. Com esta correção espera-se que o erro provocado por um efeito sistemático seja zero [8].

O erro sistemático pode ser provocado por vários fatores:

- No ajuste do zero do aparelho de medida;
- Alinhamento dos aparelhos de medida;

- Uso e fadiga dos aparelhos de medida;
- Polarização deficiente (exemplo: aparelhos elétricos);
- Temperatura;
- Pressão;
- Humidade;
- Vibrações;
- Campos elétricos e magnéticos externos;
- Leitura;
- Estimativa por interpolação;
- Memória.

O resultado de uma medição, após correção dos efeitos sistemáticos reconhecidos é apenas uma estimativa do valor do mensurando devido à incerteza proveniente dos efeitos aleatórios e da correção imperfeita do resultado para efeitos sistemáticos [8].

Naturalmente, um efeito sistemático não reconhecido não pode ser levado em consideração na avaliação da incerteza do resultado de uma medição, porém contribui para o seu erro.

As fontes de incerteza ainda podem ser classificadas quanto ao método de avaliação, tipo A ou tipo B, sendo ambas descritas através de funções de distribuição de probabilidade e desvio padrão [8].

Das fontes de incerteza identificadas nos ensaios de medição do índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão, podemos classificar as leituras dos valores de nível de pressão sonora L_2, nível de pressão sonora do ruído de fundo L_{B2} e o tempo de reverberação T como variáveis de entrada aleatórias e consequentemente sujeitas a um estudo de avaliação de incerteza padrão do tipo A. Como incertezas do padrão B identifica-se as incertezas associadas aos instrumentos de medição.

De forma a organizar todo os ensaios a realizar para o cálculo das incertezas associadas, recorreu-se a ferramentas da qualidade como diagrama de peixe ou diagrama de Ishikawa (figura 5.1). Pode-se desta forma sintetizar todas as fontes de incerteza a quantificar no valor do índice de isolamento sonoro a sons de percussão. O "esquecimento" de uma componente fundamental pode colocar todo o trabalho à deriva e inviabilizar completamente o resultado da medição.

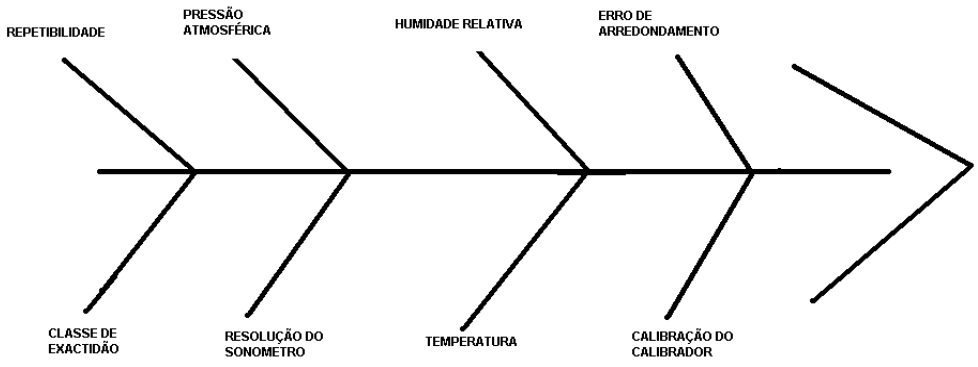


Figura 5.1 – Diagrama causa e efeito de Ishikawa

Para avaliar as incertezas associadas aos ensaios, recorreu-se ao GUM [8], Guia para a Expressão da Incerteza de Medição, que apresenta uma metodologia que não pode substituir o raciocínio crítico, a honestidade intelectual e a habilidade profissional. Esta metodologia baseia-se num modelo

matemático para o cálculo das incertezas de medição que transforma o conjunto de observações repetidas no resultado de medição.

O conjunto de grandezas de entrada X_1, X_2, ..., X_N representam os resultados das leituras nos ensaios dos valores do nível de pressão sonora L_2, nível sonoro do ruído de fundo e tempo de reverberação, T no recinto recetor. Através da expressão 5.2 as grandezas de entrada são afetadas das correções das fontes de incerteza identificadas. O fator de correção a aplicar depende do valor da incerteza associada ao número de observações repetidas da amostra, ao meio envolvente como a temperatura, humidade, pressão e com as características do equipamento utilizado para a recolha da amostra [8].

$$Y = f(X_1, X_2, \ ..., X_N) \tag{5.1.}$$

Para cada grandeza de entrada é calculada a sua incerteza padrão associada $u(x_i)$. Para as grandezas cuja incerteza associada é do tipo A, a incerteza padrão é obtida à custa do desvio padrão. O desvio padrão, σ, obtêm-se a partir da raiz quadrada positiva da estimativa da variância, σ^2, dada pela expressão 5.2 de acordo como GUM [8]:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1}\sum_{k=1}^{n}\left(q_k - \bar{q}\right)^2 \tag{5.2}$$

Em que n representa o número de observações independentes q_k obtidas sob as mesmas condições de medição e a $\bar{q}$ média das n observações obtida através da expressão 5.3.

$$\sigma^2(\bar{q}) = \frac{\sigma^2(\bar{q}_k)}{n} \tag{5.3}$$

Para o cálculo da incerteza padrão do tipo B, caso das grandezas sobre as quais não existe um conjunto de dados de medições, podem-se aplicar distribuições de probabilidade. Nos ensaios realizados, como fontes de incerteza do tipo B identificaram-se a classe e a resolução do sonómetro e do calibrador influência da temperatura, influência da pressão atmosférica, da humidade relativa e os erros de arredondamento.

A incerteza (x_i) não é apresentada por um desvio padrão mas sim por um intervalo de valores com um nível de confiança. Para o nível de confiança pretendido a incerteza padrão é afetada de uma constante de acordo com o tipo de distribuição, normal ou retangular. No caso do cálculo do desvio padrão referente à classe de exatidão do sonómetro e do calibrador foi usada uma distribuição normal para calcular a incerteza e recuperar a incerteza padrão de (x_i). Para tal, dividiu-se a incerteza citada pelo fator apropriado para a distribuição normal que toma o valor 2 [8].

Para a resolução do sonómetro, influência da temperatura, pressão atmosférica e humidade relativa foi considerada uma distribuição retangular, uma vez que se trata de um limite superior de erro e de um número de graus infinito. O valor do fator associado a esta distribuição é de $\sqrt{3}$ [8].

Em suma, o cálculo da incerteza padrão associada aos ensaios para incertezas do tipo B é obtido à custa da expressão 5.4:

$$u(x_i) = \frac{a}{b} \tag{5.4}$$

Sendo *a* a especificação do fabricante e *b* o fator multiplicador associado ao tipo de distribuição em normal ou retangular.

Para expressar a incerteza de um resultado de medição é muitas vezes necessário dar uma medida de incerteza que defina um intervalo em torno do resultado da medição com o qual se espera abranger uma extensa fração da distribuição de valores que poderiam ser razoavelmente atribuídos ao mensurando. A incerteza expandida fornece um intervalo que abrange uma grande fração da distribuição de valores que podem razoavelmente ser atribuídos ao mensurando. Para tal, é definido um fator de expansão *K* e através dos desvios padrão é determinada a incerteza padrão combinada $U_c(y)$.

A incerteza padrão combinada $U_c(y)$ é obtida a partir das incertezas padrão individuais associadas às grandezas de entrada do modelo de medição [13]. A incerteza padrão combinada $U_c(y)$ é dada por (expressão 5.5) de acordo com o GUM [8]:

$$U_c^{\,2}(y) = \sum_{i=1}^{N} \left[\frac{\partial f}{\partial x_i} \right]^2 u^2(x_i) \tag{5.5}$$

Cada $u(x_i)$ é uma incerteza padrão avaliada (avaliação Tipo A ou avaliação Tipo B) e estimada obtida a partir dos valores de outras grandezas, uma grandeza de entrada não correlacionadas ou correlacionadas.

Para o presente desenvolvimento, identifica-se o cálculo através das grandezas correlacionadas visto as grandezas de entrada serem dependentes.

$$U_c^{\,2}(y) = \sum_{i=1}^{N-1} \left[\frac{\partial f}{\partial x_1} \right]^2 u^2(x_1) + 2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^{N} \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} u(x_i, x_j) \tag{5.6}$$

em que:

$$u(x_i, x_j) = \operatorname{cov}(x_1, x_j) = \frac{1}{N-1} \sum_{k=1}^{N} \left(X_{ik} - \overline{X_j} \right) \tag{5.7}$$

Em termos de coeficiente de correlação, a expressão (5.6) escreve-se como:

$$u_c^{\,2}(y) = \sum_{i=1}^{N-1} \left[\frac{\partial f}{\partial x_1} \right]^2 u^2(x_1) + 2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^{N} \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} * u\left(x_i, x_j \right) * u(x_i) * u(x_j) \tag{5.8}$$

Em que $u_{i(y)}$ (i = 1,2, …, n) corresponde à contribuição para a incerteza padrão combinada associada à incerteza padrão referente à estimativa da grandeza de entrada x_i. As derivadas parciais $\frac{\partial f}{\partial x_i}$ são iguais a $\frac{\partial f}{\partial X_i}$ avaliadas para $X_i = x_i$. Os valores assumidos por estas derivadas, são denominados coeficientes de sensibilidade e descrevem como a estimativa de saída y varia com alterações nos valores das estimativas de entrada $x_1, x_2, \ldots, x_N$ [8].

A variância combinada $U_c^2\ (y)$ pode, desse modo, ser vista como a soma de termos, onde cada um deles representa a variância estimada associada com a estimativa de saída y gerada pela variância estimada, associada com cada estimativa de entrada x_i [8], resultando:

$$U_c{}^2(y) = \sum_{i=1}^{n} \left[c_i(x_i)\right]^2 \tag{5.9}$$

Onde:

$$\begin{aligned} c_1 &\equiv \frac{\partial f}{\partial x_i}, \\ U_c(y) &= |c_i| u(x_i) \end{aligned} \tag{5.10}$$

O fator de expansão *K* é um fator numérico usado como multiplicador da incerteza padrão combinada de modo a obter uma incerteza expandida [8]. O valor deste fator é escolhido com base no nível da confiança requerido para o intervalo y - U a y + U. Em geral, *K* está entre 2 e 3 mas pode assumir diversos outros valores. Toma o valor 2 para uma distribuição normal e uma probabilidade de abrangência de 95,45% e 99,73% para *K*=3 [15] como mostra o quadro 5.2 [8].

Quadro 5.2 – Valor de K em função do nível de confiança [8]

Nível de confiança p (%)	Fator de expansão, *K*
68,27	1
90	1,645
95	1,960
95,45	2
99	2,567
99,73	3

No entanto é possível calcular o fator de expansão *K* sabendo o número de graus de liberdade efetivos ϑeff , obtido através das equações de Welch-Satterthwaite (equação 5.11 e 5.12):

$$\vartheta_{eff} = \frac{u_c^4(y)}{\sum_{i=1}^{N} \frac{u_{(i)}^4(y)}{\vartheta_i}} \tag{5.11}$$

$$\vartheta_{eff} = \frac{u_c^4}{\frac{u_1^4}{\vartheta_1} + \frac{u_2^4}{\vartheta_2} + \frac{u_3^4}{\vartheta_3} + \frac{u_4^4}{\vartheta_4} \ldots \frac{u_i^4}{\vartheta_i}} \tag{5.12}$$

Sabendo que $U_c\ (y)$ é a incerteza combinada; $u(x_i)$ a incerteza padrão e ϑi o número de graus de liberdade.

Grau de liberdade efetivo é o valor que estima a combinação dos graus de liberdade (ϑi) associados a cada uma das incertezas padrão, com uma ponderação pelas respetivas incertezas padrão [13]. Se o valor de ϑeff obtido não for um número inteiro, o que acontecerá usualmente na prática, o valor correspondente para *K* pode ser encontrado no quadro 5.2, por interpolação ou truncando ϑeff até o próximo inteiro inferior.

Os graus de liberdade, de $u(x_i)$, iguais a *n*-1 no caso simples em que xi= Xi e $u(x_i) = \sigma$(Xi) são calculados de *n* observações independentes [8]. É utilizado no caso do cálculo das incertezas do tipo A.

Quadro 5.3 – Valor de K em função de ϑ_{eff}, considerando um grau de confiança de 95%.

Número de graus de liberdade, ϑ_{eff}	Fator de expansão, *K*
1	13,97
2	4,53
3	3,31
4	2,87
5	2,65
6	2,52
7	2,43
8	2,37
10	2,28
20	2,13
30	2,09
40	2,06
50	2,05
100	2,03
∞	2

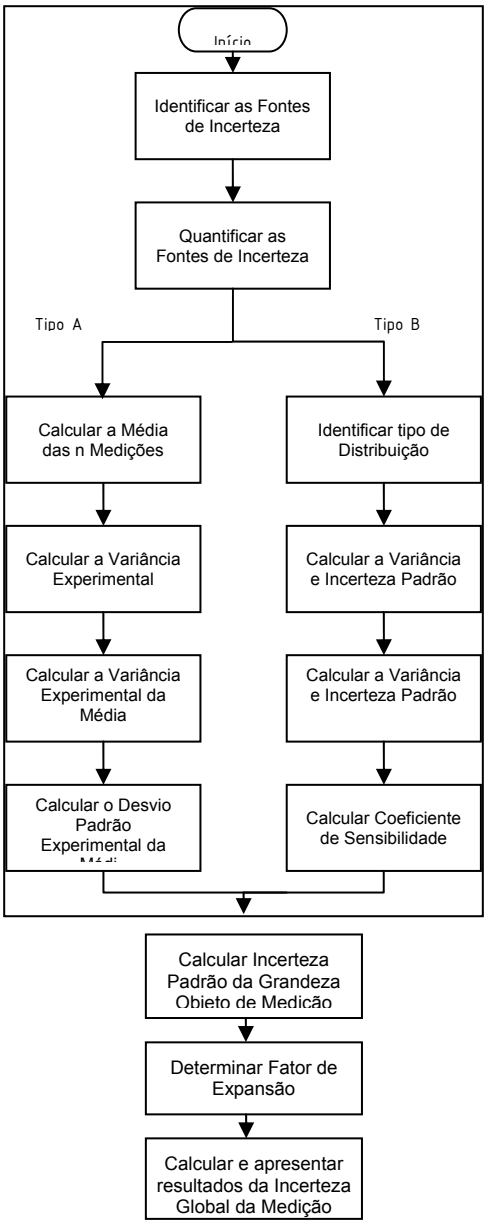
A incerteza expandida obtém-se, multiplicando-se a incerteza padrão combinada $U_c\,(y)$ pelo fator de expansão K:

$$U = K * U_c(y) \tag{5.13}$$

O resultado de uma medição é expresso como Y = y ± U onde *Y* toma valores do intervalo y-U a y+U. Aplicando o Teorema do Limite Central, pode-se comparar a distribuição de probabilidade de *Y* com a distribuição normal, ou t-student para um determinado grau de liberdade.

A incerteza expandida *U* deve ser, no máximo, arredondada aos algarismos significativos da incerteza padrão combinada, $U_c\,(y)$. Algarismos significativos são todos aqueles contados, da esquerda para a direita a partir do primeiro algarismo diferente de zero. Entretanto, se o arredondamento diminui o valor numérico da incerteza de medição em mais de 5%, este deve ser feito para cima.

Na figura 5.2 apresenta-se esquematicamente a sequência utilizado para cálculo das incertezas nos ensaios de medição do índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão. Todos os resultados obtidos, das incerteza padrão $u(x_i)$, incerteza combinada $U(x_i)$ e incerteza expandida, U encontram-se no anexo B.



- Identificar as fontes de incerteza para o ensaio a realizar. Devem ser consideradas como Fontes de Incerteza: a Amostragem, o Procedimento de Medição, o Erro, a Resolução e a Degradação potencial do Dispositivo de Medição.
- Quantificar e definir o tipo de incerteza: Tipo A ou Tipo B (Tipo A: Efetuar n (deverá ser superior a 10) medições independentes da grandeza e efetuar o cálculo da sua média ($\overline{X}$); Tipo B: Identificar tipo de distribuição para cada fonte de incerteza. Deverá ser assumida uma distribuição retangular assegurando a pior das situações.
- Tipo A: Calcular a Variância Experimental ($\sigma^2(x)$)
- Tipo B: A variância para as fontes de incerteza da distribuição retangular
- Calcular a Incerteza Padrão para cada fonte de Incerteza definida; Tipo A: Calcular a Variância Experimental da Média. Tipo B: Determinar o Número de Graus de Liberdade para cada Fonte de Incerteza.
- Para distribuição retangular o NL (Número de graus de liberdade) é 50.
- Tipo A: Calcular o Desvio Padrão Experimental da Média; Tipo B: Exprimir em termos matemáticos a dependência do Mensurando Y (grandeza de saída), em relação às grandezas de entrada (X_i).
- Calcular o Coeficiente de Sensibilidade para cada fonte de incerteza com $C_i = \partial Y / \partial X_i$.
- Calcular Incerteza Padrão da Grandeza Objeto de Medição $u(x_i)$
- Considerar Fator de Expansão K igual 2, de acordo com o parágrafo 7.1.1. do EA-4/16.
- Calcular a Incerteza Global de Medição, U;
- Expressar o resultado com, no máximo, 2 algarismos significativos e identificar claramente que *"A incerteza expressa é uma incerteza expandida. Foi obtida por multiplicação da incerteza /padrão combinada por um fator de expansão, K=2, para corresponder a um intervalo de aproximadamente 95% de confiança."*

Figura 5.2 – Ilustração gráfica da avaliação da incerteza padrão de uma grandeza a partir de observações repetidas [8]

6

ESTADO DA ARTE DAS INCERTEZAS EM RUÍDOS DE PERCUSSÃO

Incerteza foi sempre uma palavra-chave no domínio da normalização, com objetivo de estabelecer padrões de forma a fornecer métodos quantitativos.

Muitas decisões importantes são baseadas em resultados de medição ou teste: os resultados podem ser usados por exemplo para avaliar o nível de ruído, para verificar o material contra a especificação ou de limitação legal. Sempre que as decisões se baseiam em medições, é importante ter alguma indicação sobre a qualidade dos resultados. A incerteza de medição é a maneira mais simples de expressar os resultados de forma fiável.

Em 1978, o Comité Internacional de Pesos e Medidas (CIPM) associado ao Bureau Internacional de Pesos e Medidas (BIPM) confirmaram a necessidade de elaborar um procedimento internacional para relatar a incerteza de medição num valor único. Em 1980, através do BIPM, surge a Recomendação INC-1, Expressão de Incertezas Experimentais. O CIPM aprovou a INC-01 em 1981 e ratificou-a em 1986 [14].

Na sua primeira reunião em 1989, o CEN/TC 211 adotou uma resolução, em princípio, de desenvolver a maioria das suas normas através de comissões correspondentes internacionais, a ISO/TC 43 e ISO/TC 43/SC.

Em Portugal, em outubro de 1990 um conjunto de Entidades e Laboratórios (39 Laboratórios Acreditados, 3 Laboratórios oficiais e 1 Centro Tecnológico), reunidos num "Forum" promovido pelo Instituto Português da Qualidade (IPQ), decidiram criar uma "Associação de Laboratórios Acreditados de Portugal" a RELACRE [35]. Os seus principais objetivos para foram a criação de um relevante parceiro do IPQ, que agregasse os laboratórios já acreditados, promovessem essa qualificação para aqueles que ainda não estavam nas condições adequadas, prestasse aos associados serviços de elevado profissionalismo, e representasse com credibilidade a comunidade portuguesa de Laboratórios de Calibração e Ensaio, junto de outras entidades nacionais e internacionais. Criou-se uma Comissão Instaladora, da qual fizeram parte APGC, CATIM, CTCV, IEP, IPQ, LICQ, LNETI e SISTEL, a qual foi incumbida de organizar o processo de criação e legalização dessa Associação. Foram endereçados outros convites a várias entidades, às quais foi atribuído o estatuto de Associados Fundadores [35].

A *Technical Advisory Group on Metrology* da ISO estabeleceu um grupo de trabalho onde se desenvolveu um documento baseado na recomendação, com o objetivo de elaborar uma base para a comparação internacional de resultados de medição [14].

Em 1995, o procedimento é revisto e é publicado o GUM "*Guide to the Expression of Uncertainty in Measurements*" [8], O Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia (VIM) – 1995 [13]; o Guia ISO/IEC-25 atualmente a norma NP EN ISO/IEC 17025 [23]; e o *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurements,* o GUM [8].

Em 2000, o Conselho Técnico do CEN criou o WG 122 "*Uncertainty of measurements*" para analisar a questão da normalização e garantir uma interpretação confiável dos resultados das medições. O

grupo fez recomendações sobre como desenvolver orientações para centros de comunidades técnicas. O resultado de todo o exercício foi um documento "Implementação do conceito de incertezas na medição". A decisão da sua implementação foi tomada por orientação da equipa CEN, em abril de 2003.

Desde a adoção do documento de política de CT em setembro 2003, 35 documentos que especificam diversos métodos para a medição de foram preparados pelos grupos de trabalho e distribuídos aos organismos membros da ISO para comentários. Quase 90% delas estavam em um estágio muito inicial de desenvolvimento. Outros já atingiram a fase dos projetos de normas internacionais [39].

Com a participação de 23 países, desenrolou-se o comité da ISO/TC 43 "Acústica" e, foi adotada uma política específica no tratamento da incerteza de medição, onde participaram vários grupos de trabalho. Esta política não se foi plenamente implementada imediatamente. Uma melhoria considerável, entretanto, foi atingida em dois anos desde a sua adoção.

Em Le Mans (França, 27 – 29 junho de 2005), no "*Symposium Le Mans, Managing Uncertainty in Noise Measurement and Prediction*", o grupo de trabalho do CEN TC 126 analisou resultados de vários ensaios laboratoriais e *in situ* de medição do isolamento sonoro a ruídos de percussão, entre outros, com o objetivo de avaliar as incertezas envolvidas.

Christian Simmons [43] entre outros, apresentou um estudo realizado em Mölndal, na Suécia, de medições e cálculo do índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão realizados de acordo com as normas ISO 140, em que com o apoio do Nordic Centro de Inovação e os oito laboratórios participantes [52]. Os procedimentos utilizados na realização dos ensaios estão registados no relatório final do projeto de Christian Simmons [48]. Os valores dos desvios padrão e da incerteza expandida estão apresentados no quadro 6.1. A incerteza expandida *U,* foi calculada para um nível de confiança de 90%, considerando um fator de expansão, K = 1,645, de acordo com o GUM [8]. O valor do desvio padrão para o índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão obtido foi de 0,7 dB e a incerteza expandida foi de 1,6 dB.

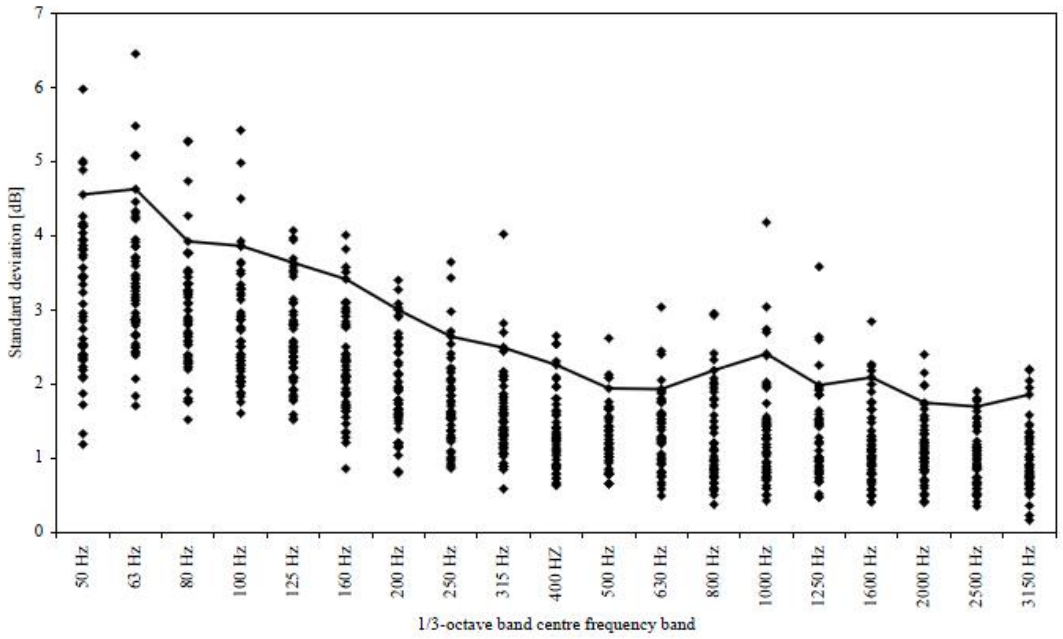
Quadro 6.1 – Valores do desvio padrão e incerteza expandida para o índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão

	Desvio Padrão σ (dB)	U (dB) 90% de nível de confiança, (K=1,645)	U (dB) 95 % de nível de confiança, (K=1,96)
$L'_{n,W}$	0,7	1,1	1,4
$L'_{n,W} + C_i$	0,7	1,2	1,4
$L'_{n,W} + C_{i,50\text{-}2500}$	0.8	1,3	1,57

Na Filândia, Mikko Kylliäinem realizou e documentou ensaios de medição do índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão em lajes de edifícios habitacionais novos. Foi apresentado o valor do desvio padrão das medições efetuadas a cinquenta lajes na medição do índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão, em Le Mans, no "*Symposium Le Mans, Managing Uncertainty in Noise Measurement and Prediction*" no documento "*Standard Deviations in field mesurements of impact sound insulation at enlarged frequency range 50 to 3150 Hz* ".Os pisos medidos foram tratados por cinco grupos com base nos revestimentos de piso em compartimentos sem mobília. O volume dos

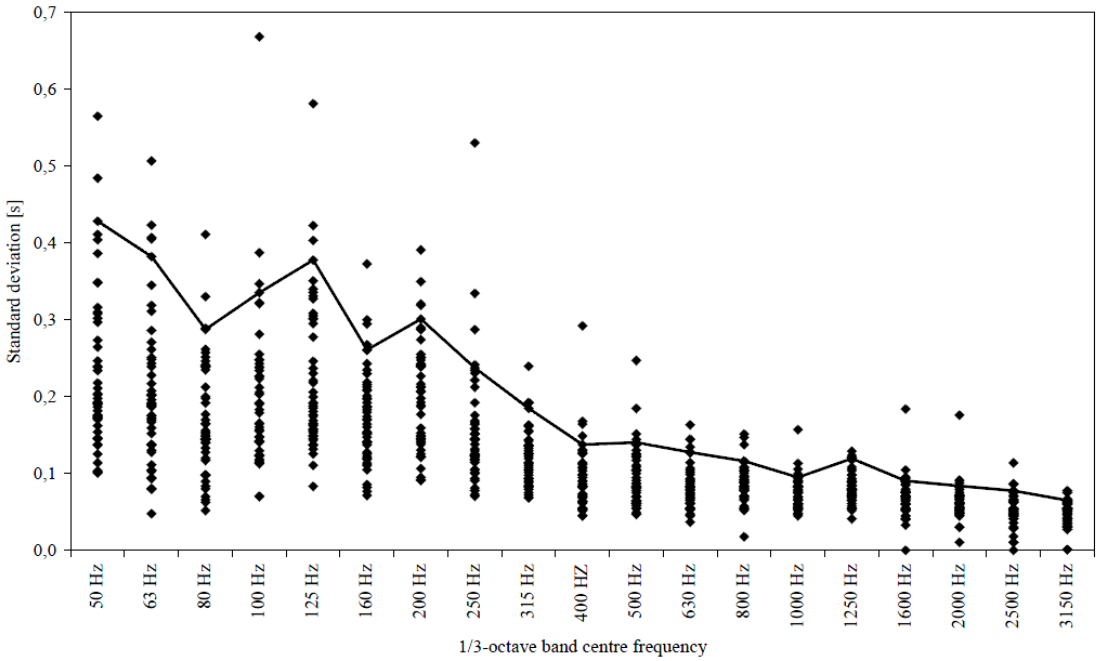
compartimentos variava entre 24 e 117 m^3. Na figura 6.1 apresenta-se os valores registados do desvio padrão, σ, e da incerteza expandida para um nível de confiança de 90%, isto é, foi utilizado um fator de expansão *K* de 1,6.

Figura 6.1 – Valores do desvio padrão do índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão a 50 lajes. A linha contínua é a incerteza expandida para 90 % do nível de confiança.



Os valores dos desvios padrão para o tempo de reverberação *T*, dos ensaios realizados em bandas de 1/3 de oitavas, realizados por Mikko Kylliäinem para medição do índice de isolamento sonoro de ruídos foram também apresentados em Le Mans [40]. Todos os valores do desvio padrão são abaixo de 1 s para o intervalo de frequências 50 – 310 Hz., sendo que para as primeiras bandas de (50 – 200 Hz) os valores apresentados são mais elevados do que para o intervalo 200 – 3150 Hz. Os valores do desvio padrão do tempo de reverberação apresentam os valores mais baixo nas frequências mais altas (1600 – 3150 Hz).

Figura 6.2 – Valores do desvio padrão do índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão a 50 lajes. A linha contínua é a incerteza expandida para 90 % do nível de confiança.



No Jornal da Metrologia, número 59, de março de 2007, Daniel H. da Jornada alerta para a importância no cálculo da incerteza na área da calibração [38].

Em abril de 2011, realizou-se o "ENCONTRO TÉCNICO DE ACÚSTICA" promovido pela RELACRE, onde foi apresentado um primeiro projeto para cálculo de incertezas em Acústica. Baseado no GUM [8] apresenta modelos matemáticos de cálculo de incertezas para os valores:

- do índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, segundo a NP EN 140-5:1998 [36];

- do índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, segundo a NP EN 140-4:2009 [22];

- do índice de isolamento sonoro a sons de percussão, padronizado, segundo NP EN 140-7:2008 [1];

- do nível de avaliação, padronizado, segundo EN ISO 16032:2009 [37];

- tempo de reverberação, segundo NP EN´ISO 3382-2:2011 [11];

- dos ensaios de ruído ambiente;

- nos ensaios de exposição dos trabalhadores ao ruído [35].

Atualmente em Portugal, o tratamento de dados da incerteza da medição do índice do isolamento sonoro a ruídos de percussão, é orientado por normas específicas nacionais e internacionais. O modelo matemático utilizado é o proposto no GUM [8], utilizado pelas normas NP EN ISO 3382:2011 [11] e NP EN ISO 140:2009 [1].

E porque o conceito de incerteza de uma medição, tal como é entendido hoje em dia a nível internacional, é relativamente recente, segue-se uma breve resenha cronológica da evolução das ideias que conduziram às atuais.

1638 – Galileo Galilei, *Discorsi e demonstrazione matematiche a due nuove scienze*. Descrição, entre outras, das experiências com plano inclinado.

1755 – Thomas Simpson, *On the advantage of taking the mean of a number of observations, in practical Astronomy*.

1759 – Joseph Louis Lagrange, *Mémoires sur l'utilité de la méthode de prendre le milieu entre les résultats de plusieurs observations*,

1778 – Daniel Bernoulli, *Disjudicatio maxime probabilis plurim observationum discripantium atque versimilia inductio inde formanda* : o melhor valor oferece a maior probabilidade para sequência das medições observadas.

1795/1809 – Carl Friedrich Gauss, *Theoria motus corporum coelestium*: a média ritmética de uma sequência de medições é o valor com menor dispersão.

1802 – Pierre Simon, marquês de Laplace, *Traité de mécanique celeste*.

1823 – Carl Friedrich Gauss, *Theoria combinations observationum erroribus minimis obnoxiae*, deriva a função do erro.

1864 – DeMorgan, *On the theory of errors of observation*. Teorema de De bMorgan.

1868 – J. V. Shiaparelli, *Sul Princípio dell media arithmetica nel calcolo dei resultati delle osservationi*.

1876 – A, Ferro, *Espositione de método dei minimi quadrati*. Teorema de Ferrero.

Sec. XIX – Os conceitos de "erro ", "exatidão" e "tolerância" dominam a metrologia.

Década de 60 – Primeiras referências à existência de incertezas em medições físicas.

Década de 70 – Conceitos de "incerteza" muito dispersos coexistem ("erros para o pior caso").

1980 – Grupo de trabalho INC-1 do BIPM propõe abordagem "tipo A/tipo B", baseada em modelos matemáticos e em métodos estatísticos objetivos.

1990 – Aprovado o documento WECC 19, *Guidelines for the Expression of the uncertainty of measurement in calibrations*, aplicável aos laboratórios da rede WECC.

1992 – Grupo de trabalho ISO/TAG 4/WG 3 publica o *draft* do GUM.

1992 – Workshop Eurolab (Barcelona) reúne a comunidade laboratorial de 24 países e estabelece as bases para a uniformidade da avaliação da incerteza em ensaios.

1993 – Publicada a "bíblia" das incertezas: *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement* (GUM) [8].

1997 – Documento EAL-R2, *Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration* (substitui WECC-19; harmonizado com o GUM [8].

1999 – Documento EA-4/02 (reedição do EAL-R2, com exemplos práticos).

2003 – Documento EA-4/16, *Guidelines on the expression of uncertainty in quantitative testing* [47].

2005 - "*Symposium Le Mans, Managing Uncertainty in Noise Measurement and Prediction*", Le Mans.

Atualmente todos os laboratórios acreditados, de acordo com a norma NP EN ISO/IEC 17025:2005 [23], devem dispor de um método válido para caraterização das incertezas associadas aos ensaios para os quais estão acreditados. A RELACRE em Abril de 2012 publicou um guia, "Relacre 22" com linhas de orientação para a estimação das incertezas em ensaios acústicos.

7

ANÁLISE DE CASO

7.1. AMOSTRA EM ESTUDO

Para o estudo da incerteza na medição do índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão foi necessário escolher o local que garantisse todas condições necessárias. Entre vários locais considerados e após contactos com várias construtoras e donos de obra concluiu-se que o local que reunia a satisfação destas condições era na Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212 na freguesia de Rio Tinto no concelho de Gondomar, figura 7.1 e 7.2.

Figura 7.1 – Fachada principal do edifício sito na Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, Rio Tinto Gondomar

Figura 7.2 – Localização da Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, Rio Tinto Gondomar, representado no ponto A [41]

Foram realizados ensaios de medição do índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão a vinte lajes de quartos do edifício, em fase de acabamentos de construção e não habitados nem mobilados. Os

ensaios às lajes foram realizados apenas na presença do grupo de trabalho não se tendo registado ruídos provenientes de trabalhos decorrentes no local.

Foram alvo de ensaio dez frações de tipologia T2 e T3 perfazendo um total de vinte e cinco quartos e um total de vinte ensaios como descrito no quadro 7.1 e apresentado nas figuras 7.3 a 7.7.

As plantas à escala e com a representação gráfica da localização dos pontos de medição são apresentadas ano anexo D.

Quadro 7.1 – Descrição do edifico em estudo por piso

Piso	Fração	Tipologia	Quartos
1	V	T3	ABC
1	U	T2	AB
2	X	T3	ABC
2	W	T2	AB
3	Z	T3	ABC
3	Y	T2	AB
4	AB	T3	ABC
4	AA	T2	AB
5	AD	T3	ABC
5	AC	T2	AB

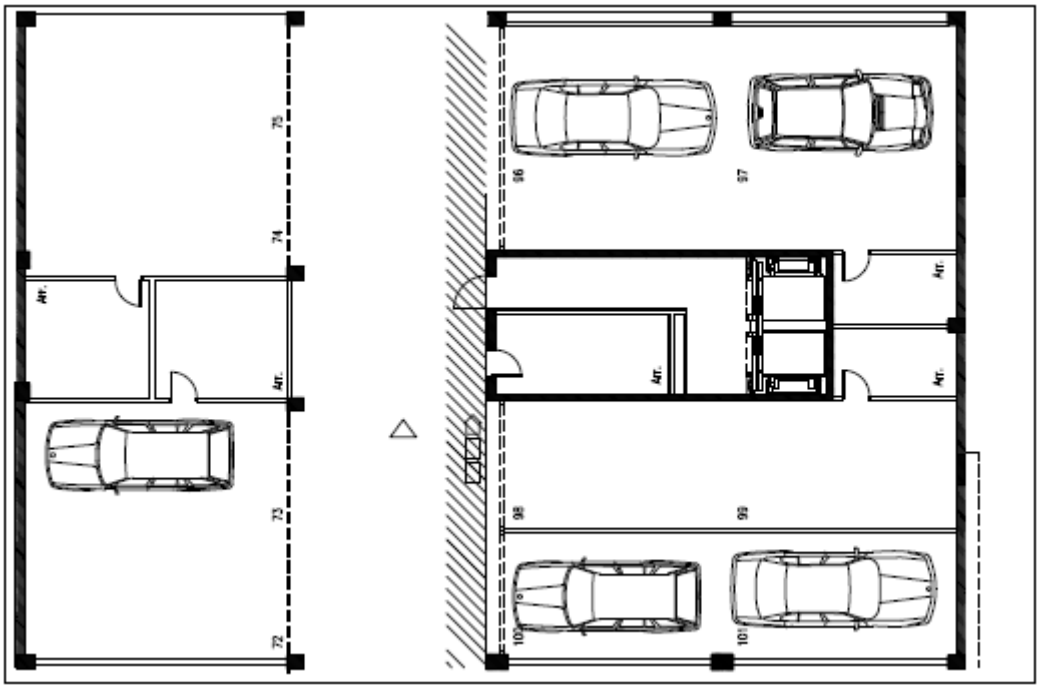


Figura 7.3 – Planta do piso -1 da amostra

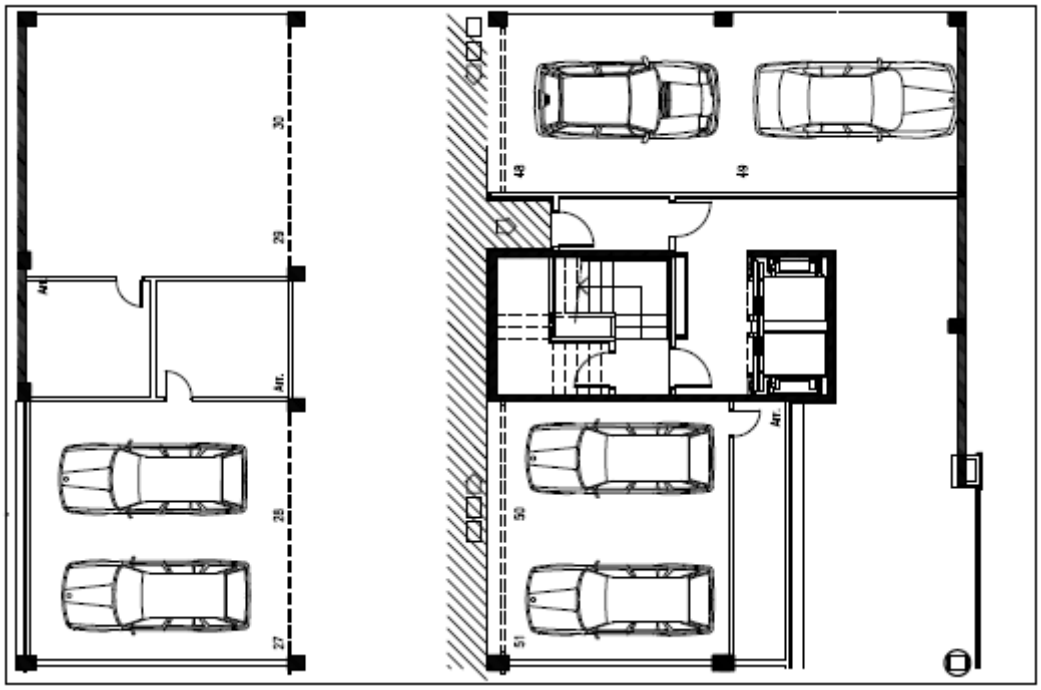


Figura 7.4 – Planta do piso 0 da amostra

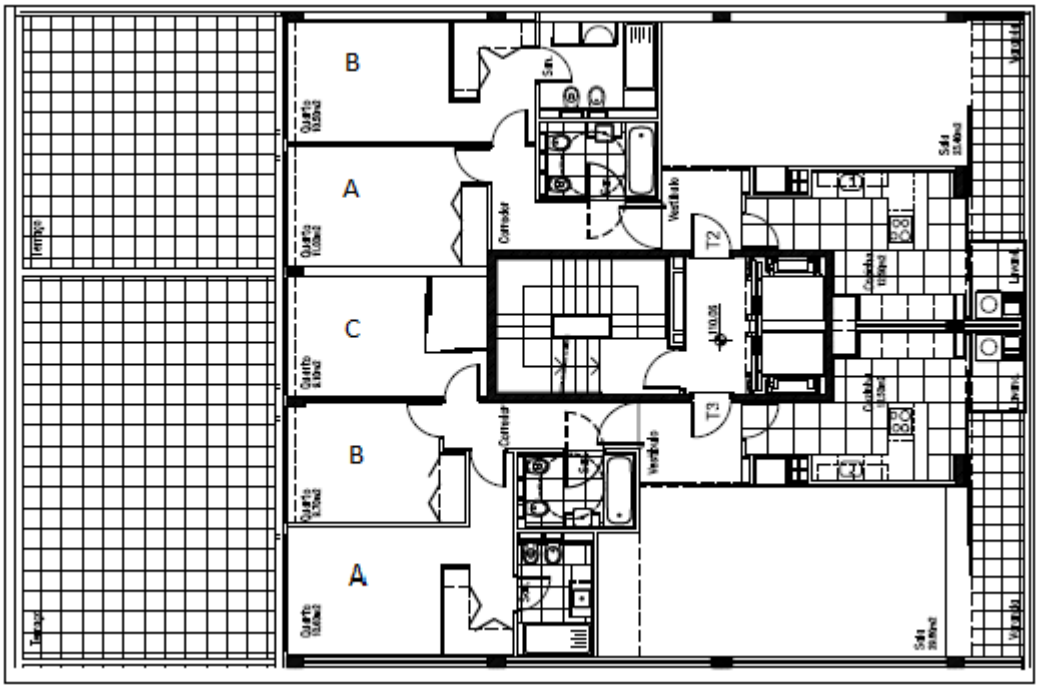


Figura 7.5 – Planta do piso 1 da amostra (fração U e V)

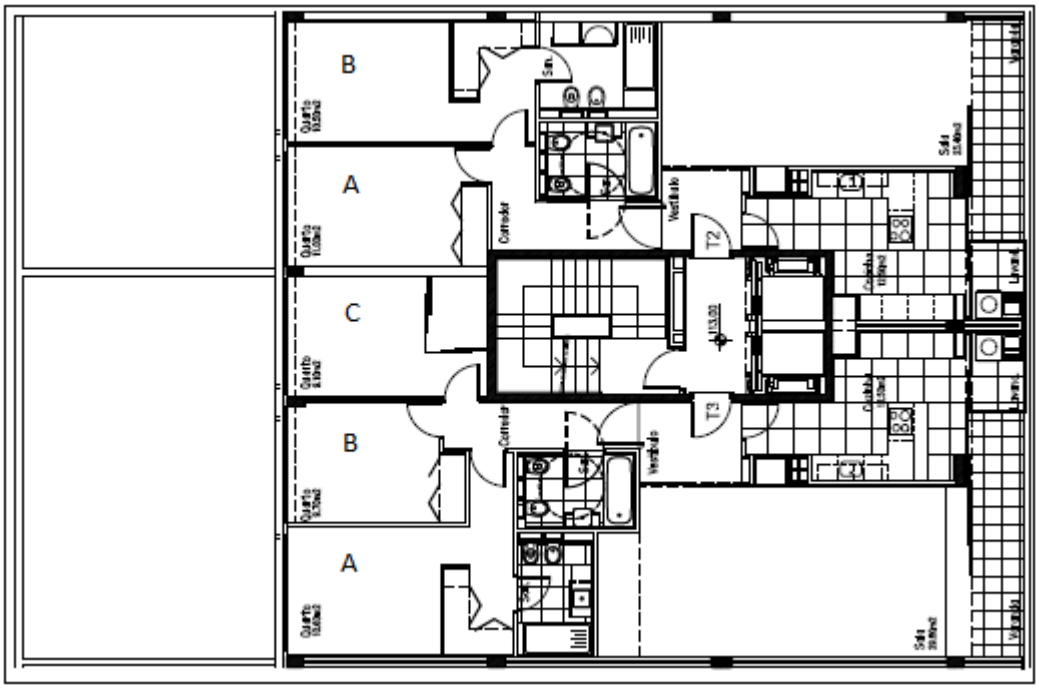


Figura 7.6 – Planta do piso 2 da amostra (fração X e W)

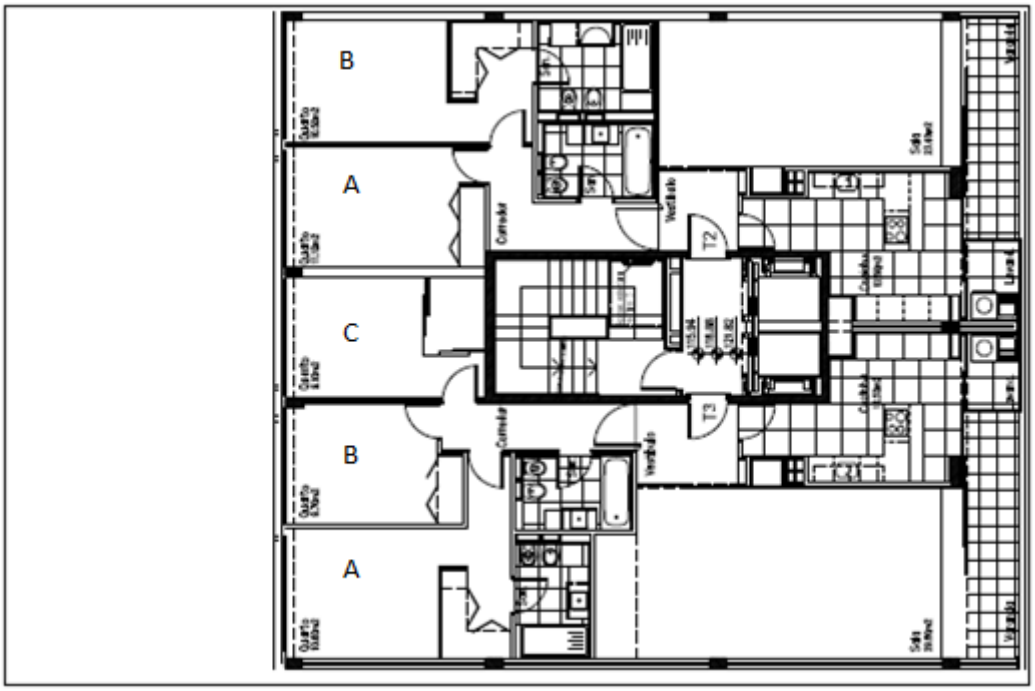


Figura 7.7 – Planta tipo dos pisos 3, 4 e 5 da amostra (fração Y e Z, AA e AB, AC e AD)

Dentro dos possíveis ambientes dos apartamentos, o quarto foi o escolhido como ideal para a realização do estudo por dois motivos principais: de um modo geral, a área dos quartos em apartamentos segue um padrão estabelecido, com dimensões que variam de 9 m² a 16 m² e pé-direito entre 2,40 m e 2,60 m, sendo assim, elemento comum a todas as amostras e por critérios subjetivos, o quarto é considerado, pela maioria das pessoas, como um local de repouso (quarto de dormir) e/ou trabalho intelectual (escritório), no qual os moradores percebem, com maior clareza, o ruído produzido pelos vizinhos.

A descrição dos elementos constituintes das envolventes, parede exterior, paredes de compartimentação, pavimentos e coberturas apresentados estão de acordo com as fichas técnicas, projetos de especialidades e informações fornecidas pelo dono de obra. Os valores da massa volúmica foram retirados do ITE 50 [43].

As paredes exteriores do edifício, representadas na figura 6.8, são constituídas por aglomerado de granito (3 cm), caixa de ar (5 cm), isolamento térmico em XPS – poliestireno expandido extrudido (3 cm), tijolo cerâmico com 24 cm e reboco com 2 cm (quadro 7.2).

Quadro 7.2 – Constituição das paredes exteriores do edifício em estudo

Elemento	Espessura (cm)	Massa volúmica (kg/m^3)
Pedra natural de granito de cor clara	3	2500 - 2700
Caixa de ar	5	-
Isolamento térmico XPS	3	25 - 40
Tijolo cerâmico	24	
Reboco	2	1800 - 2000

A solução construtiva da fachada exterior do edifício está representada na figura 7.8.

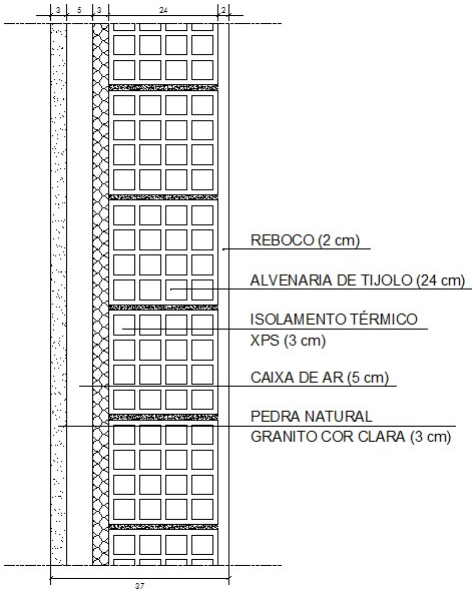


Figura 7.8 – Esquema da solução construtiva das paredes exteriores

Os vãos envidraçados são todos verticais em caixilharia metálica simples de correr, sem corte térmico, alinhadas pela face exterior do plano da fachada, associadas a vidro duplo, *Float* Verde 4 mm, caixa de ar com 12 mm, *Float* 5 mm. Estas soluções não apresentam proteção solar. Na figura 7.9 apresenta-se um envidraçado do quarto A do apartamento AA da amostra.

Figura 7.9 – Envidraçado do quarto A da habitação AA da amostra

Os elementos verticais interiores de compartimentação diferem de acordo com a sua localização: paredes entre quartos, paredes interiores da habitação com zona comum e paredes entre frações. As paredes entre quartos da mesma fração são constituídas por gesso cartonado e isolamento em lã de rocha como indicado no quadro 7.3.

Quadro 7.3 – Constituição das paredes entre os quartos

Elemento	Espessura (cm)	Massa volúmica (kg/m^3)
Gesso cartonado	1,3	800
Isolamento em lã de rocha	4.8	30

As paredes de compartimentação interior das restantes divisórias são constituídas por placas simples de gesso cartonado em cada face (2 x 1,3 cm). A estrutura é simples ou dupla em perfis metálicos, como representado na figura 7.10.

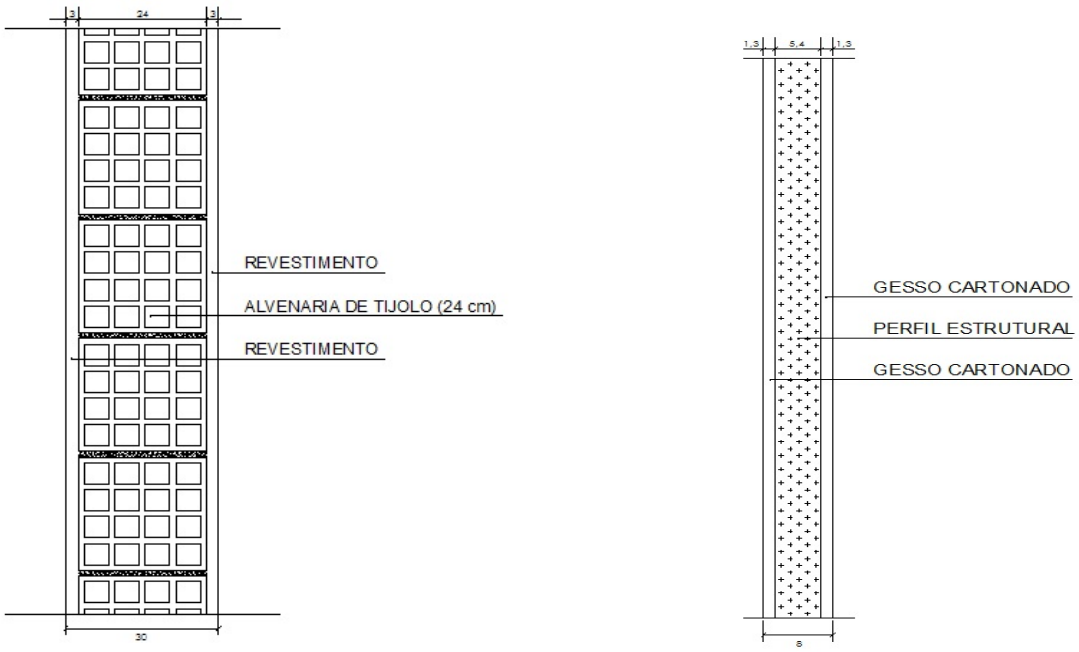


Figura 7.10 – Esquema da solução construtiva das paredes de compartimentação e entre fogos

As paredes confinantes com outros fogos são constituídas por alvenaria de tijolo térmico/acústico (24 cm) revestido com reboco de cimento estanhado em ambas as faces (2 x 3 cm).

As paredes entre o fogo e os espaços comuns do edifício são constituídas por parede de betão armado com 15 cm revestida com reboco estanhado em ambas as faces (2 x 2 cm) de acordo com a figura 7.11.

Figura 7.11 – Esquema da solução construtiva das paredes dos fogos em contacto com zonas comuns e elevador

Os pavimentos entre habitações, são constituídos por betonilha, manta acústica, laje de betão armado (19 cm), caixa de ar e gesso cartonado como representa a figura 7.12.

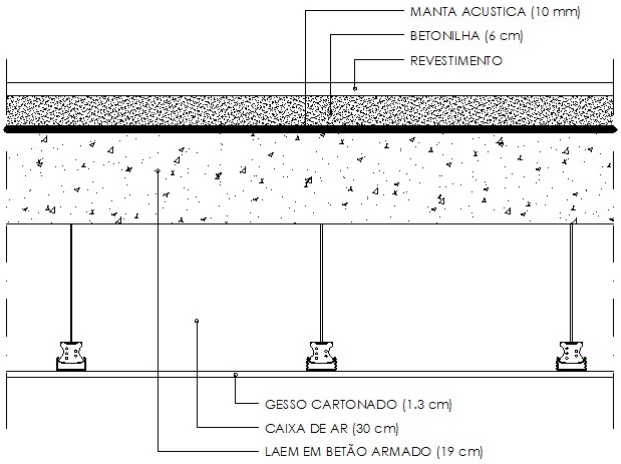


Figura 7.12 – Esquema da solução construtiva dos pavimentos intermédios dos fogos

Os pavimentos dos quartos de cada habitação são a amostra em estudo. Na data de realização dos ensaios, os pavimentos não tinham o revestimento colocado como indica a figura 7.12. A laje entre as habitações do piso 0 e a garagem não foi alvo de ensaio visto a inacessibilidade à garagem.

A esteira (separação entre o fogo e cobertura) é em laje de betão armado (19 cm) com isolamento térmico em placas rígidas de poliestireno extrudido com 3 cm e membrana de impermeabilização em poliuretano na face inferior. Não foram realizados ensaios à laje de cobertura visto à inacessibilidade à mesma. A porta principal de acesso ao fogo é uma porta de segurança com característica corta-fogo. As portas interiores da habitação são portas lacadas, do tipo sanduíche em MDF e poliestireno extrudido. As portas principais das habitações estavam todas colocadas.

7.2. METODOLOGIA

7.2.1. PARÂMETROS A DETERMINAR

No âmbito de aplicação do RRAE [3] a edifícios habitacionais e mistos teve-se em consideração os critérios gerais de amostragem definidos pelo LNEC [56] em complemento ao RRAE [3], no processo de avaliação Acústica. Assim, para a medição do isolamento sonoro a ruídos aéreos e de percussão, para edifícios multifamiliares, foram verificados todos os parâmetros regulamentares aplicáveis às soluções construtivas. Os resultados encontram-se nos boletins de ensaio de cada medição no anexo A.

Atendendo à particularidade do edifício ensaiado e ao respetivo enquadramento legal no âmbito do condicionamento acústico de edifícios foram avaliados:

- Níveis de pressão sonora no recinto recetor, L_2 (fonte em funcionamento no recinto emissor, quartos);
- Níveis de pressão sonora do ruído de fundo no recinto emissor, L_{B2} (fonte sonora desligada, nos quartos das habitações)
- Tempo de reverberação, T_{30} no recinto recetor (quartos da amostra).

Para realização dos ensaios de medição do índice do isolamento sonoro a ruído de percussão, foram utilizados os equipamentos descritos no de acordo com o disposto na NP EN ISO 717-2:2008 [1] e mencionado no ponto 4.4:

- Sonómetro integrador de classe de exatidão 0;
- Calibrador sonoro de classe de exatidão 1;
- Fonte Sonora constituída por gerador de ruído;
- Amplificador e módulo omni-direcional de colunas e acessórios associados (cabos, tripé, etc.) [1];
- Máquina de percussão.

No quadro 7.4 apresenta-se as marcas e modelos, bem como o número de série e certificado de calibração dos equipamentos utilizados nos ensaios.

Quadro 7.4 – Descrição do equipamento utilizado nos ensaios

Descrição	Marca	Modelo	N.º de série	Calibração	Data
Sonómetro (Figura 7.14)	*Brüel & Kjær*	2250	25072	245.70/10.796	11/2010
Microfone	*Brüel & Kjær*	4189	2502879	245.70/10.796	11/2010
Pré amplificador	*Brüel & Kjær*	ZC0032	3359	CACV1197/10	11/2010
Calibrador	*Rion*	NC-74	34172693	CACV25/11	01/2011
Termo Higro-Anemómetro	*TSI VelociCalc*	8347	57010530	CHUM 4787/09 A10-21385	12/2009 05/2010
Fonte sonora (Figura 7.14)	*Bertram Schapal*	DO 12	DO12	2274	
Máquina de percussão (Figura 7.15)	*Retec*	RI-069	RI609	070306-1	12/2009

Figura 7.13 – Fonte sonora da marca *Bertram Schapal* e modelo DO 12 utilizada nos ensaios realizados

A figura 7.14 representa o sonómetro da marca *Brüel & Kjær* utilizado nos ensaios realizados para registar os valores dos parâmetros nível de pressão sonora médio no recinto recetor L_2, nível de pressão sonora do ruído de fundo L_{B2} e tempo de reverberação T.

Figura 7.14 – Sonómetro da marca *Brüel & Kjær*, modelo 2250 utilizado nos ensaios realizados

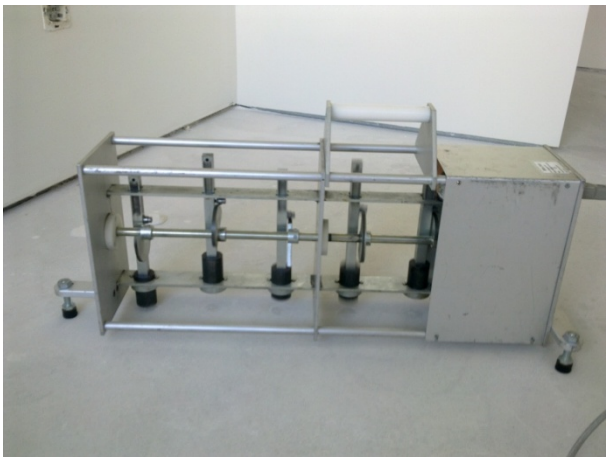


Figura 7.15 – Máquina de percussão da marca *Retec,* modelo RI-069 (utilizada nos ensaios realizados)

7.2.2 MEDIÇÃO DO NÍVEL SONORO DO RUÍDO DE PERCUSSÃO (L_2)

Para a obtenção dos níveis de pressão sonora do ruído de percussão foi utilizado o sonómetro da marca *Brüel & Kjær*, modelo 2250, movido entre posições pré-determinadas, com as janelas e portas fechadas. No presente estudo as todas as posições dos equipamentos foram definidas de forma a cumprir as distâncias recomendadas e repetidas nas lajes dos quartos seguintes. É importante destacar que a cada mudança de posição do medidor, a altura do microfone não era modificada, com a intenção de se fazer as leituras dos níveis sonoros de maneira a serem, respeitadas as distâncias estabelecida em norma. As medições do nível de pressão sonora foram registadas em bandas de 1/3 de oitavas, entre as frequências de 100 Hz a 3150 Hz. O nível médio de pressão sonora no local recetor (L_2) obteve-se pelo registo de seis medições em quatro posições distintas do microfone, distribuídas uniformemente pelo espaço máximo do local recetor.

7.2.3. MEDIÇÃO DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA DO RUÍDO DE FUNDO (L_{B2})

As medições efetuadas para medição do nível de pressão sonoro do ruído de fundo servem para garantir que os resultados obtidos no local recetor não sejam afetados por ruídos perturbadores, exteriores ao local de ensaio. Deve ser garantido que o nível de pressão sonora médio do ruído de fundo esteja, no mínimo, 6 dB abaixo do nível do sinal de ensaio combinado com o ruído de fundo.
Para o registo do nível de pressão sonora do ruído de fundo, L_{B2}, foi apenas utilizado o sonómetro da marca *Brüel & Kjær,* modelo 2250 (através do programa BZ 7228, versão 3.4). O nível ambiente foi captado sem a presença de nenhum equipamento gerador de ruído, apenas o ruído de fundo normal à edificação. Foram registadas cinco medições, de 6 s em quatro posições distintas do microfone num total de vinte leituras.

7.2.4. DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO

O processo de determinação do tempo de reverberação é realizado em conformidade com o especificado na norma NP EN ISO 3382-2 [11].
Na medição do tempo de reverberação, foram usadas duas posições da fonte, a uma altura aproximada de 1,5 m, tendo sido emitido ruído branco para cada posição. Foi realizada a leitura em três pontos distintos, num total de seis leituras. Para o ensaio foi utilizado o método da fonte interrompida, com

três descaimentos sucessivos em cada posição do microfone e com um tempo de decaimento de cinco segundos. O número de combinações fonte-microfone foi definido pelo método de engenharia.

A determinação do tempo de reverberação fez-se pela excitação do campo sonoro através de uma fonte sonora com energia suficientemente potente em todo o espectro frequencial de interesse que garanta um decaimento, no mínimo, de 30 dB (T_{30}) até atingir o nível do ruído de fundo. Foi necessário o amplificador de potência, o sonómetro da marca *Brüel & Kjær* para registo de valores (através do programa BZ 7227, versão 3.4) e a fonte sonora *Bertram Schapal* para emissor, como se pode ver na figura 6.14.

7.2.5. DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE ISOLAMENTO SONORO

O tratamento dos parâmetros obtidos das leituras nos ensaios às vinte lajes dos parâmetros L_2, L_{B2} e T_{30} foi realizado pelo programa de calculo BZ 5503, versão 3.11.0.254. O índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão, $L'_{nT,W}$, foi obtido pelo ajuste à curva de referência na NP EN ISO 717–2:2008 [2] para cada laje.

7.3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Apresenta-se seguidamente os resultados obtidos para cada parâmetro, nível de pressão sonora L_2, nível de pressão sonora do ruído de fundo L_{B2} e tempo de reverberação T, registado pelo sonómetro nos ensaios a vinte lajes para medição do índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão.

Como indica a figura 7.16, valor médio do nível de pressão sonora, L_2 obtidos nos ensaios realizados a vinte lajes varia entre 50 a 65 dB para as bandas 100 – 3150 Hz. Nas bandas 100 – 200 Hz verifica-se um aumento significativo até aos 65 dB. Entre 200 – 800 Hz existe uma relativa estabilização dos valores do valor médio do nível de pressão sonora entre 52 e 53 dB. Para frequências entre 800 – 3150 Hz denota-se a diminuição do valor de L_2 para valores entre 50 e 47 dB.

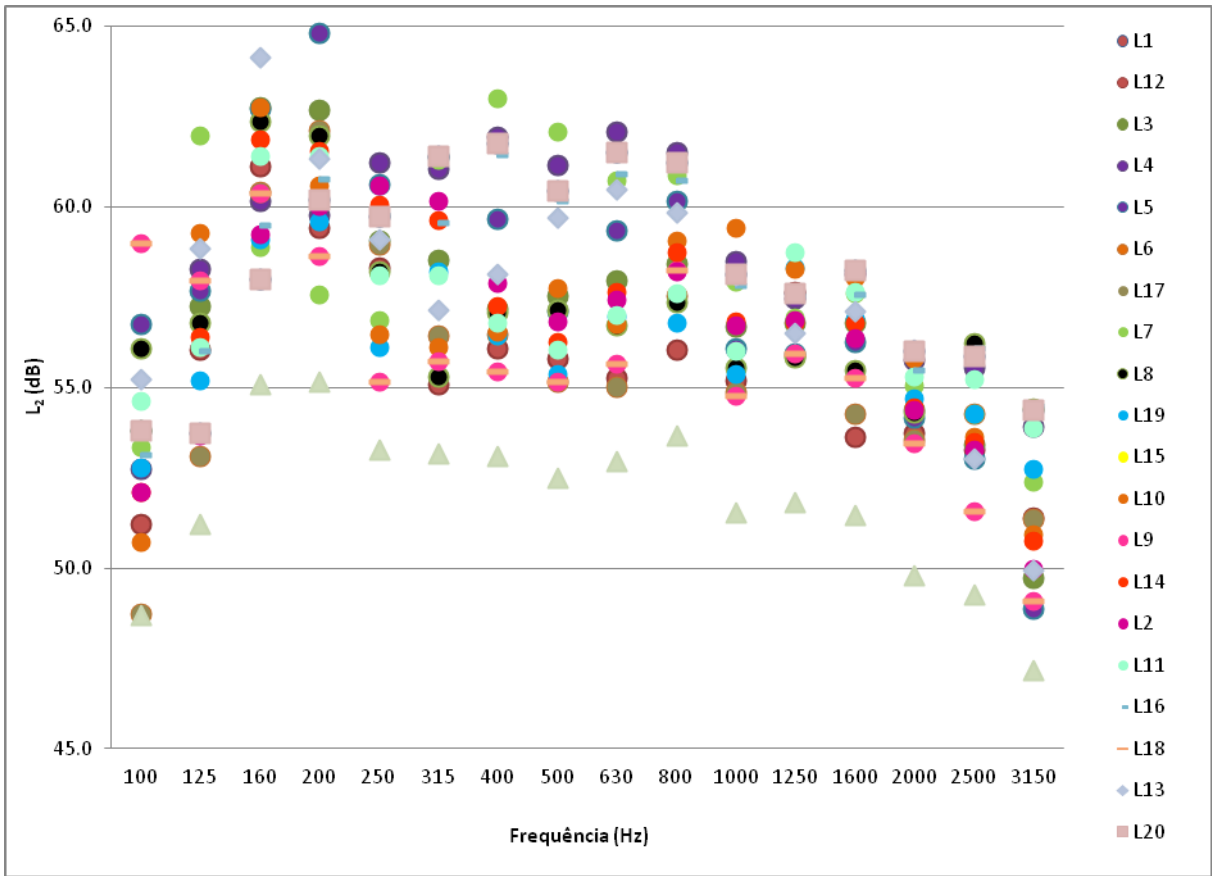


Figura 7.16 – Valores de L_2 médio obtidos nas medições realizadas às vinte lajes

Com a observação da figura 7.17, verifica-se que os valores obtidos do tempo de reverberação em decaimentos de 30 dB obtidos nos ensaios de medição do índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão realizados a vinte lajes decrescem nas bandas iniciais (100 – 125 Hz) de 1,9 s para 0,5 s. A partir da banda de 125 Hz existe um aumento significativo do valor médio do T_{30} até à banda de 400 Hz com resultados entre 0,80 e 1,30 s. Nas bandas de frequência 400 – 3150 Hz existe uma descida tendencial do T_{30} de 0,55 s. O valor do T_{30} médio nas vinte lajes ensaiadas, para frequências de 100 – 3150 Hz, varia entre 0,71 e 1,28 s.

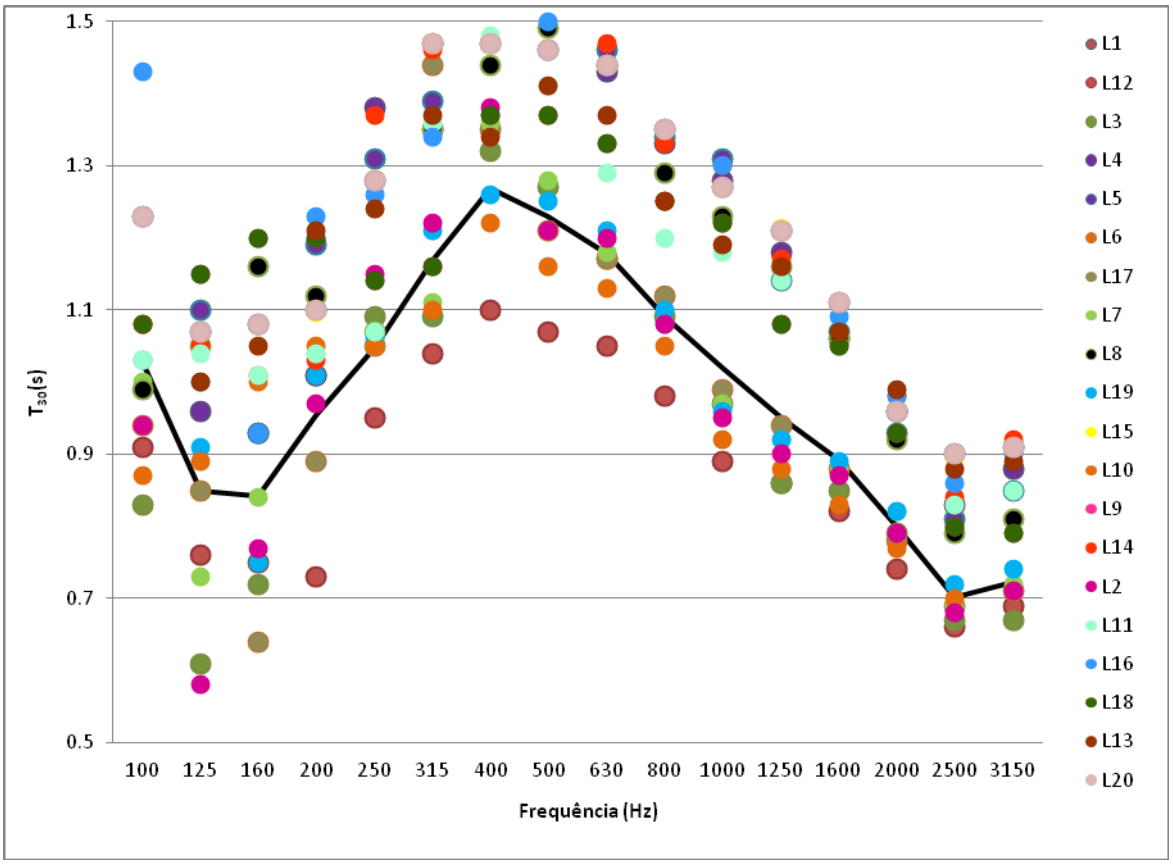


Figura 7.17 – Valores de T_{30} médio obtidos nas medições realizadas às vinte lajes. A linha contínua corresponde ao T_{30} médio de todas as lajes.

Através dos ensaios realizados a vinte lajes, calculou-se os valores dos desvios padrão obtidos das leituras do nível de pressão sonora L_2 e observa-se que são superiores nas bandas mais baixa (100 – 125 Hz) do que em bandas mais altas (2500 – 3150 Hz). A partir de 160 Hz até 1600 Hz, o valor do desvio padrão de L_2 decresce na maioria da lajes. Nas bandas de frequência 1600 – 3150 Hz verifica-se uma ligeira subida dos valores de 0,7 dB para 1,25 dB. Na figura 7.18 pode-se verificar todas estas variações bem como os limites para um grau de confiança de 90 % representados pela linha continua marcada. Todos os cálculos fora realizados de acordo com o apresentado no capitulo 5, baseados no modelo matemático apresentado no GUM [8].

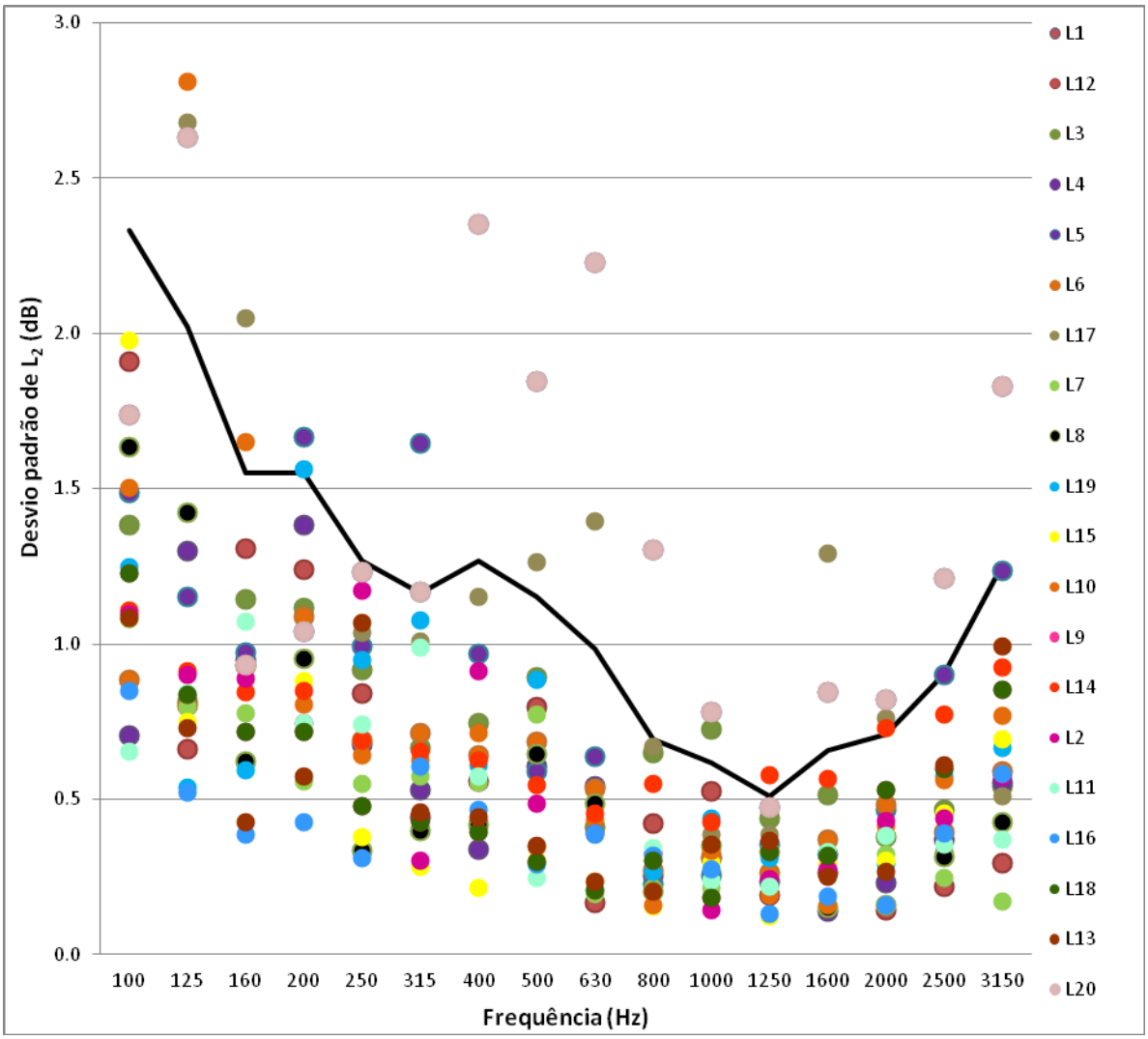


Figura 7.18 – Valores do σL_2 obtidos nas medições realizadas às vinte lajes. A linha representada mostra a incerteza expandida para um grau de confiança de 90 %.

As mesmas ilações se verificam na análise da na figura 7.19 onde se representam os valores do desvio padrão do T_{30} das medições da amostra em estudo. O desvio padrão situa-se abaixo de 1 dB em todas as frequências (100 – 3150 Hz), verificando-se os valores mais baixos e diminutos para as frequências mais altas, 2500 – 3150 Hz, na ordem de 0,01 s. Esta diferença poderá ser explicada por fatores estruturais.

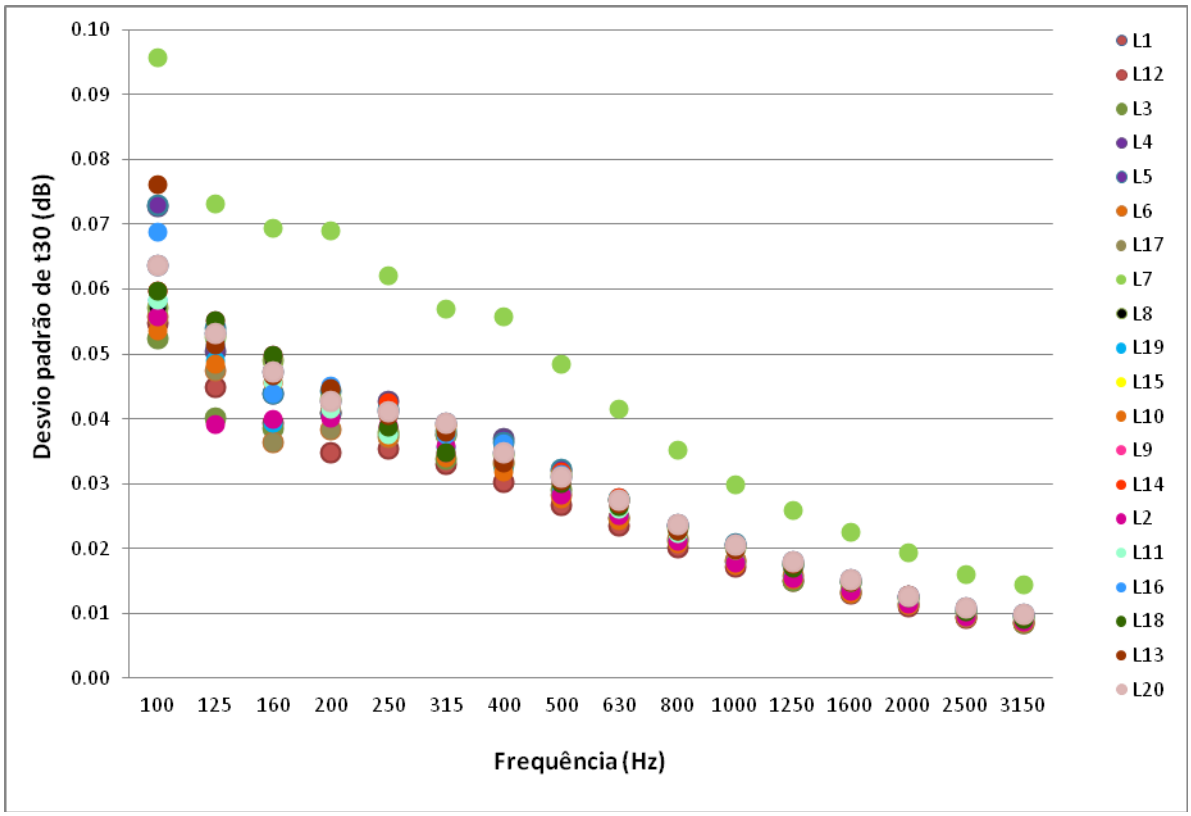


Figura 7.19 – Valores de σT_{30} obtidos nas medições realizadas às vinte lajes. A linha representada mostra a incerteza expandida para um grau de confiança de 90 %.

Para as vinte lajes ensaiadas sem revestimento foram identificadas oscilações idêntica em edifícios novos de vários andares habitacionais na Finlândia que foram documentados por Mikko Kylliäinen e apresentados em Le Mans, no "*Symposium Le Mans, Managing Uncertainty in Noise Measurement and Prediction*"onde mostram as mesmas variações [40] como demonstrado no capítulo 6. Os pisos medidos foram tratados em cinco grupos com base nos revestimentos de piso e em quartos sem mobília. O tempo de reverberação foi obtido de acordo com o apresentado no capítulo 4 e o desvio padrão de acordo com o apresentado no capitulo 5.

Na análise do gráfico dos valores do índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão, $L'_{nT,W}$, obtidos nas vinte lajes ensaiadas, verifica-se que seis destas, AAA, AAB, ABA, ABC, ADC, ZB apresentaram o mesmo valor de 60 dB (figura 7.20). O valor do índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão, $L'_{nT,W}$, máximo foi registado por estas seis lajes, sendo que as lajes ZA e ZC registaram o valor mínimo de 57 dB.

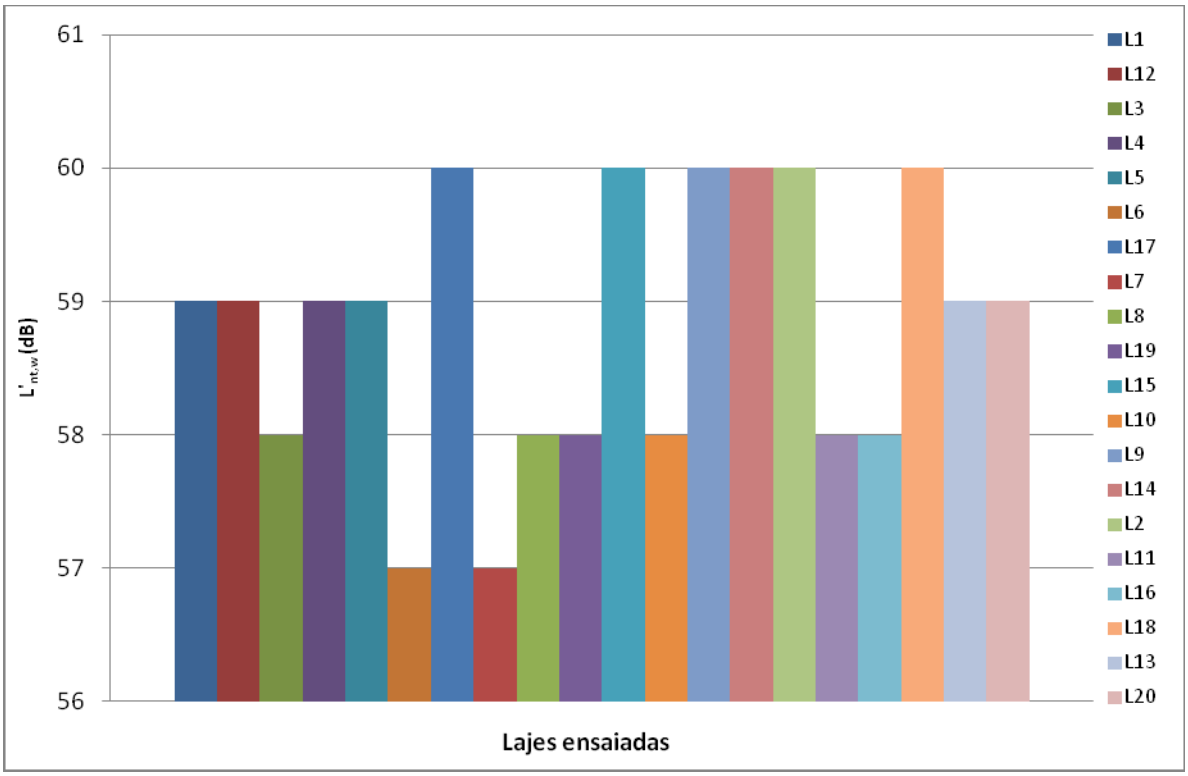


Figura 7.20 – Valores de $L'_{nT,W}$ médio obtidos nas medições realizadas

Para o $L'_{nT,W}$, o valor médio das vinte leituras foi 59 dB e o desvio padrão de 1,01 dB.

De acordo com o RRAE [3] o valor do índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão deverá ser afetado de um decréscimo devido ao fator incerteza, I = 3 dB. Ensaios realizados e documentados que foram apresentados em Le Mans, no "*Symposium Le Mans, Managing Uncertainty in Noise Measurement and Prediction*", por Simmons Christian [52], numa comparação interlaboratorial realizada *in situ*, com a participação de oito laboratórios, realizaram medições do índice do isolamento sonoro a ruídos de percussão de acordo com as normas ISO 140 parte 4, 7 e 14 e algumas orientações adicionais, a sete espaços diferentes. As variações do índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão e os seus parâmetros foram analisados sendo apresentadas quarenta medições. Todos os ensaios foram realizados com os mesmos equipamentos e pelos mesmos operadores, apenas os volumes dos compartimentos foram alterados. As margens de segurança para os resultados foram de 3 dB para o cálculo das incertezas de $L'_{nT,W}$, no que diz respeito a um risco estimado de 5%. O desvio padrão obtido para as leituras de $L'_{nT,w}$ foi de 0,7 dB [52], aproximadamente o valor obtido nas vinte lajes ensaiadas.

No mesmo documento, foram apresentados resultados de medições e índice de isolamento sonoro a sete espaços realizados por quatro operadores sem experiência com os procedimentos padronizados de cálculo. Neste caso, o desvio padrão obtido das medições do índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão foi de 1,8 dB, valor também inferior à legislação e próximo do obtido nos ensaios realizados.
Num artigo elaborado por António Pedro O. Carvalho apresentado no congresso em Viena, ICSV13 [53], apresenta os resultados de um teste de comparação inter-laboratorial de medições ao isolamento sonoro a ruídos de percussão em lajes, de forma a determinar a reprodutibilidade para a ponderação do

valor de $L'_{nT,w}$ e para todos os parâmetros envolvidos (tempo reverberação e nível da pressão sonora, os valores do desvio para $L'_{nT,w}$ foram semelhantes apresentando o valor de 1,1 dB [53].

Para avaliar a confiança nos resultados de medições Acústicas é necessário ter o conhecimento das incertezas de medição. Um método experimental para estimar essas incertezas é baseado em comparações interlaboratoriais. Este consiste na reprodução das medições em condições semelhantes e, em seguida, analisar os resultados usando ferramentas estatísticas simples para estimar a dispersão dos resultados. A dispersão dos resultados entre os laboratórios irá fornecer uma incerteza global em condições de reprodutibilidade. Reprodutibilidade é o grau de concordância entre medições repetidas sob as mesmas condições operacionais ao longo do tempo ou, em termos básicos, é a variabilidade introduzida no sistema de medição pelas diferenças viés de diferentes operadores e seus próprios métodos.

De acordo com a norma NP EN ISO 140-7:2008 [1] o método de medição deve fornecer uma repetibilidade satisfatória, determinada de acordo com a norma NP EN 20140-2:2008 [45], e deve ser verificada regularmente, nomeadamente quando se modifica o procedimento ou o equipamento de ensaio [1].

No final dos resultados, deve ser realizada uma comparação do desvio padrão calculado por bandas de um terço de oitava com desvios de reprodutibilidade da norma NP EN 20140:2008 [45].

O valor de repetibilidade r e o valor de reprodutibilidade R de um método de ensaio deve ser determinado através de um ensaio interlaboratorial, tendo em consideração esta secção e usando diversos tipos de amostra. Estas determinações devem ser repetidas periodicamente, especialmente sempre que sejam realizadas alterações ao método de ensaio [45].

O conceito geral e o procedimento para a determinação do valor de repetibilidade r e do valor de reprodutibilidade R estão preconizados na ISO 5725:1995 [46]. O valor de reprodutibilidade r e o valor de reprodutibilidade R para o isolamento sonoro a ruído de percussão, de acordo com a NP EN ISO 140-7:2008 [1] são calculados pelas seguintes expressões 7.1 e 7.2 sendo s_r e S_R a média das variâncias obtidas para cada laje:

$$r = 2{,}8 * \sqrt{s_r^2} \tag{7.1}$$

$$R = 2{,}8 * \sqrt{s_R^2} \tag{7.2}$$

Os valores calculados não devem exceder os valores máximos, para cada frequência, tabelados na norma NP EN 20140-2:2008 [45] e de acordo com a norma NP EN ISO 140-7:2008 [1] e apresentado na figura 7.21.

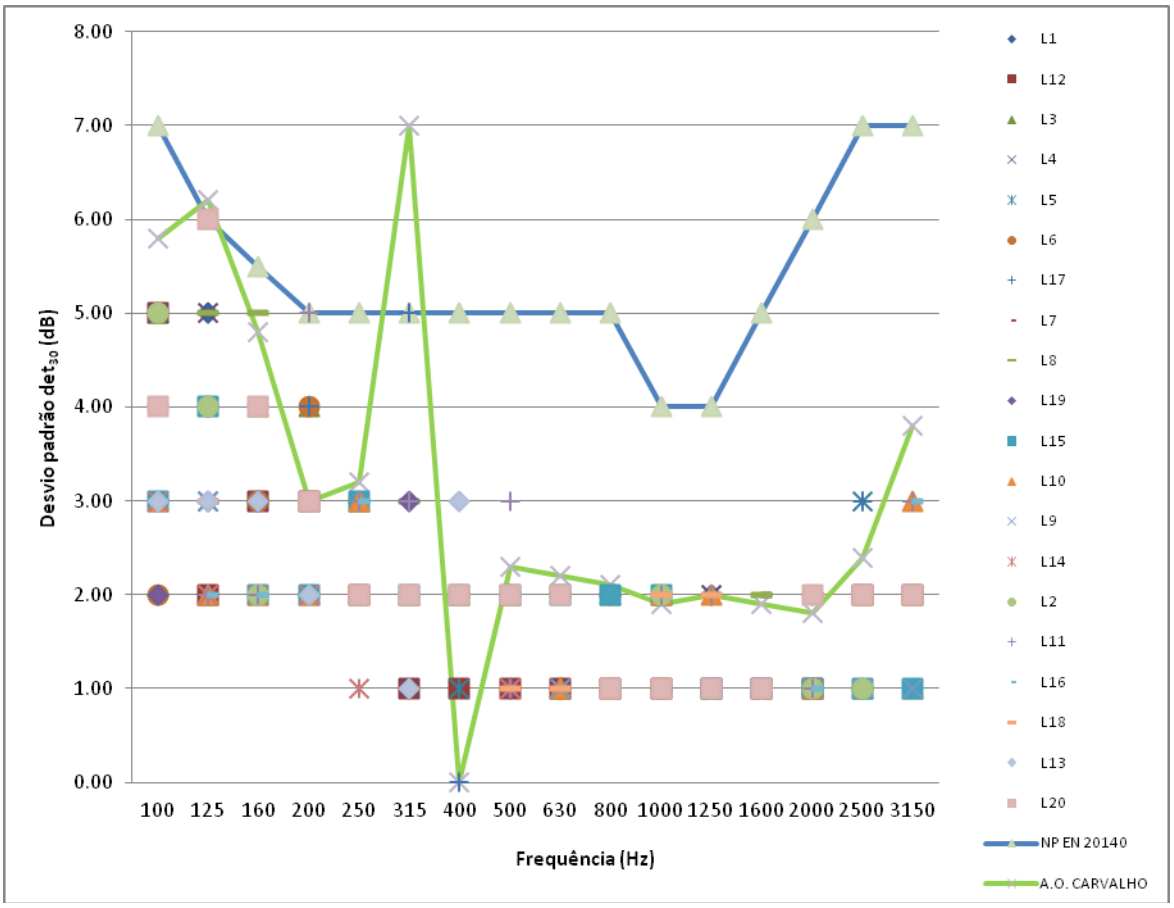


Figura 7.21 – Valores da reprodutibilidade nas medições realizadas

Verifica-se que nas bandas mais baixas, entre 100-250 Hz, o valor da reprodutibilidade de $L'_{nT,W}$ apresenta os valores mais altos em todas as lajes, decrescendo até às bandas de 1250 Hz. Nas bandas entre 2250 e 3150 Hz os valores aumentam não ultrapassando os 4 dB. A média da reprodutibilidade dos ensaios obtida foi de 2,0 dB.

Num artigo elaborado por António Pedro O. Carvalho apresentado no congresso em Viena, ICSV13 [53], apresenta os resultados de um teste de comparação inter-laboratorial de medições ao isolamento sonoro a ruídos de percussão em lajes, de forma a determinar a reprodutibilidade para a ponderação do valor de $L'_{nT,w}$ e para todos os parâmetros envolvidos (tempo reverberação e nível da pressão sonora para cada faixa de frequência 100-3150 Hz). Os ensaios de medição do isolamento sonoro a ruídos de percussão correram entre duas salas de laboratório vazias dentro da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. A reprodutibilidade do parâmetro $L'_{nT,w}$ foi de 2,3 dB com os resultados de cada laboratório, num total de catorze, semelhante ao obtido na amostra e com evoluções nas bandas 100 - 3150 Hz também semelhantes: em frequências mais baixas o valor da reprodutibilidade toma valores mais altos.

8

CONCLUSÕES

8.1. CONCLUSÕES

Este estudo apresentou e discutiu os resultados de medições *in situ* de isolamento ao ruído de percussão de lajes um edifício habitacional em construção. Inicialmente, foi apresentado o estado da arte, identificada a amostra e definidos os principais parâmetros, normas e procedimentos de ensaio que concernentes ao tema. Na sequência, apresentaram-se os resultados dos ensaios acústicos propriamente ditos, baseados nas diretrizes das normas NP EN ISO 717-2:2008 [2] e NP EN ISO 140 - 7:2008 [1]. Foram realizados vinte e dois ensaios em lajes dos quartos do edifício. Os valores obtidos experimentalmente foram comparados com os limites máximos estabelecidos na norma em vigor.

No estudo das incertezas associadas às medições realizadas, após várias pesquisas, reconheceu-se o modelo matemático descrito no GUM [8] para tratamento do processo de avaliação das incertezas nos ensaios de $L'_{nT,w}$, bem como legislação nacional em vigor.

Foram identificadas como incertezas associadas às medições do índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão o parâmetro L_2, T_{30}, L_{B2}, classe de exatidão do sonómetro, classe de exatidão do calibrador, resultado da calibração do calibrador, influência da temperatura, pressão atmosférica e humidade sobre o calibrador e erros de arredondamento.

Concluiu-se que o parâmetro L_2 é o parâmetro que mais contribui para a incerteza do valor de $L'_{nT,w}$. Atribui-se este facto a razões estruturais da edificação.

O risco de uma medição de campo (realizada de acordo com todas as normas pertinentes), sendo não conformidade com as disposições da obrigação é, então, menos de 5%. Este limite de confiança corresponde a um fator de expansão de K = 2, assumindo a variações aleatórias sendo distribuição normal e a influência dos erros sistemáticos ser insignificante.

Neste estudo, a incerteza obtida para as leituras de $L'_{nT,w}$ nas medições do índice de isolamento sonoro a ruídos de percussão, foi de ± 2,02 dB para um intervalo de confiança de 95%.

O valor foi comparado com ensaios documentados sendo que os resultados desta comparação podem eventualmente ser considerados como exemplos de incerteza que pode ocorrer em trabalhos de campo real, considerando que o número e experiências dos operadores influenciam os resultados, exigindo uma interpretação mais complexa dos resultados confiáveis nas estimativas da incerteza do método de cálculo.

Pelo apresentado, sugere-se que o valor a aplicar nos ensaios do índice se isolamento sonoro a ruídos de percussão seja no máximo 2 dB.

8.2. SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Em continuidade a este estudo, sugere-se os seguintes temas:

Aumentar do universo de amostras de forma a permitir um tratamento estatístico do mesmo;

Investigar outras regiões do país para verificar se os resultados encontrados no presente trabalho podem ser generalizados;

Investigar o isolamento ao ruído sonoro de percussão em edifícios comerciais e públicos uma vez que é esperado que nesses tipos de edifícios os sistemas construtivos sejam diferentes dos encontrados nos edifícios habitacionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] NP EN ISO 140-7, 2008. IPQ : Instituto Português da Qualidade – *Acústica. Medição do isolamento sonoro de edifícios e de elementos de construção. Parte 7 : Medição, in situ, do isolamento sonoro de pavimentos a sons de percussão.*

[2] NP EN ISO 717-2, 2009. IPQ – Instituto Português da Qualidade. *Acústica. Determinação do isolamento sonoro em edifícios e de elementos de construção. Parte 2: Isolamento sonoro a sons de percussão.*

[3] Portugal, Decreto-Lei 96/2008 de 9 de junho – Diário da República – 1ªSérie – N.º 110.2008. RRAE, Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios.

[4] Carvalho, A. P. Oliveira. *Acústica Ambiental e de Edifícios*. FEUP, Porto, 2009.

[5] "Acoustics" - *http://www.britannica.com/eb/article-9109556* - Encyclopedia Britannica Online, 2007. Acedido em dezembro de 2010.

[6] Henrique, Luís L. *Acústica musical*. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 2002.

[7] Patrício, J. *Acústica nos Edifícios*. Verlag Dashofer, Lisboa, 2008.

[8] Bureau International des Poids et Measures – *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement* - International Organization for Standardization, First Edition, Switzerland, 1995, ISBN 92-67-10188-9.

[9] Gallas, Márcia Russman, *Incertezas na Medição*. http://www.if.ufrgs.br/~marcia/. Acedido em dezembro de 2010.

[10] Cornacchia, Gianni M. M., 2009. *Investigação in situ do Isolamento Sonoro a Ruído de Impacto em edifícios residenciais*. Dissertação de Pós Graduação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Brasil.

[11] NP EN ISO 3382-2, 2011. IPQ: Instituto Português da Qualidade – *Acústica. Medição de parâmetros de Acústica de salas. Parte 2: Tempo de reverberação em salas correntes.*

[12] EN ISO 140:14, 2004. CEN: *Comité Européen de Normalisation –Measurement of sound insulation in buildings and of building elements. Part 14: Guildelines for special situations in the field.*

[13] VIM, Guia ISO/IEC 99 - Vocabulário Internacional de Metrologia, Edição Portuguesa, IPQ 2008.

[14] Procedimentos de Cálculo de Incertezas de Medição em Medições diretas e indiretas. www.barca.unifei.edu.br/.../Incerteza%20da%20medicao_Conceitos.PDF. Acedido setembro de 2010.

[15] RM 68: Incerteza de medição: Guia Pratico do avaliador de laboratórios: 2009, Rede metrológica.

[16] Couto, Paulo R. G.; Oliveira, Jackson da Silva; Cinelli, Leonardo Rodrigues, *Algumas Considerações sobre as Metodologias de Cálculo da Estimativa da Incerteza de Medição Citadas no ISO GUM 9.*

[17] Kaarls, R. (1981), *BIPM Proc.- Verb. Com. Int. Poids et Mesures* **49**, A1-A12 (in French); Giacomo, P. (1981), *Metrologia* **17**, 73 -74 (in English).

[18] Pierce, Alan, D. *Acoustics an Introduction to its Physical Principles and Applications*. Acoustical Society of America, 1989.

[19] Born, Max; Wolf, Emill. *Principles of Optics*. 7ªedição Cambridge, Cambridge University Press, 1999.

[20] Gestão do ruído. http://gestaosdoruido.no.sapo.pt/HistoriaRelativaSom.htm. Acedido em novembro de 2010.

[21] RM68. Incerteza de medição. *Guia Prático do Avaliador de Laboratórios*. Rede Metrológica RS. fevereiro 2009.

[22] NP EN ISO 140-4, 2009. Instituto Português da Qualidade – *Acústica. Medição do isolamento sonoro de edifícios e de elementos de construção. Parte 4: Medição, in situ, do isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos.*

[23] NP EN ISO/IEC 17025:2005. IPQ – Instituto Português da Qualidade. *Requisitos gerais de competência para laboratórios de ensaio e calibração.*

[24] Miguel, Alberto Sérgio S.R. *Manual de Higiene e Segurança do Trabalho.* Porto Editora 2008 - 4ª edição.

[25] NP 1730/1 a 3, 1996. IPQ – Instituto Português da Qualidade. *Acústica. Descrição e medição do ruído ambiente. Parte 1: Grandezas fundamentais e procedimentos.*

[26] ISO 2204:1979. *Acoustics - Guide to International Standards on the measurement of airborne acoustical noise and evaluation of its effects on human beings.*

[27] R Rasmussen, *B. Sound Insulation between dwellings – Classification schemes and building regulations in Europe*. In: The international congress and exposition on noise control engineering, 33, Praga, 2004.

[28] Riscos físicos – Ruído. http://www.prof2000.pt/users/eta/Ruido.htm. Acedido em janeiro de 2011.

[29] Ruído branco. http://pt.wikipedia.org/wiki/Ru%C3%ADdo_branco. Acedido em fevereiro de 2011.

[30] Ruído rosa. http://pt.wikipedia.org/wiki/Ru%C3%ADdo_rosa. Acedido em fevereiro de 2011.

[31] Tema: Diagrama de Pareto. http://www.knoow.net/cienceconempr/diagramade pareto.htm. Acedido em março de 2011.

[32] Incerpi, Paulo Henrique. *Incerteza de Medição – Método Proposto para a Análise da Conformidade do Produto*. Universidade Federal de Itajubá, 2008.

[33] NP EN ISO 140-5, 1998 CEN: Comité Europeu de Normalização – *Acústica. Medição do isolamento sonoro de edifícios e de elementos de construção. Parte 5.*

[34] IEC 61672-1. 2002. *Electroacoustics – sound level meters, Part 1: specifications.*

[35] Cálculo de incertezas (projeto): http://relacre.formare.pt/portal/. Acedido em maio de 2011.

[36] Portugal, Decreto-Lei 129/2002 de 11 de maio. Diário da República. RRAE, Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios.

[37] ISO 16032, 2009 IPQ: Instituto Português da Qualidade – *Acústica: medição do nível de pressão sonora de equipamentos de serviço em edifícios.*

[38] Jornal de Metrologia, Rede metrológica. http://www.redemetrologica.com.br/site/jornal/. Acedido em maio de 2011.

[39] Priel, Marc. *The approaches for measurement uncertainties evaluation* Managing Uncertainty in Noise Measurement and Prediction, Simpósio Le Mans (França) 27-29 junho 2005.

[40] M. Kylliäinen. *Standard Deviations in field measurements of impact sound insulation at enlarge frequency range from 50 to 3150 Hz.* Managing Uncertainty in Noise Measurement and Prediction, Simpósio Le Mans (França) 27-29 junho 2005.

[41] Google Maps. http://maps.google.pt. Acedido em fevereiro de 2011.

[42] LNEC, Laboratório Nacional de Engenharia Civil. http://www.lnec.pt/. Acedido em fevereiro de 2011.

[43] ITE 50:2006 – LNEC, Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

[44] IEC 651:2003 – Technical Committee - *Electroacoustics - sound level meter.*

[45] NP EN 20140:2008 – IPQ – Instituto Português da Qualidade. *Acústica. Medição do isolamento sonoro de edifícios e de elementos de construção. Parte 2.*

[46] ISO 5725 :1995 – Internacional Organization for Standardization. *Accuracy (trueness and precision) of measurement and methods and results.*

[47] Patrício, J.; Fontes de Melo, A. **–** *Isolamento Sonoro de Lajes Fungiformes Aligeiradas com moldes Perdidos: Soluções Construtivas*, Laboratório de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal.

[48] ISO 226:2003: *Comité Européen de Normalisation – Aerospace series Elements of electrical and optical connection - Test methods Part 226: Corona.*

[49] NP EN 482 :2008 – IPQ – Instituto Português da Qualidade. *Atmosferas dos locais de trabalho - Requisitos gerais do desempenho dos procedimentos de medição de agentes químicos.*

[50] Jr. Albertazzi G. *Fundamentos de Metrologia Científica e Industrial.* Editora Manole 2008.

[51] Pedersen D.B. *Delta Akustik & Vibration. Nordic basic of calculation of sound insulation in buildings.* Report Nordtest project 1346-1997.

[52] Simmons Christian. *Uncertainty of measured and calculated sound insulation in buildings - results of a round robin test.* Managing Uncertainty in Noise Measurement and Prediction, Simpósio Le Mans (França) 27-29 junho 2005.

[53] Antonio Pedro O. Carvalho. *Reproducibility in interlaboratory impact souns insulation measurements.* Laboratory of Acoustics, Faculty of Engineering, University of Porto. Viena 2 – 6 julho 2006.

[54] Bessac François. *Uncertainty of measured and calculated sound insulation in buildings - results of a round robin test.* Managing Uncertainty in Noise Measurement and Prediction, *Simpósio Le Mans* (França) 27-29 junho 2005.

[55] Poluição sonora http://www.ecolnews.com.br. Acedido em fevereiro de 2011.

[56] Avaliação Acústica/Critérios de Amostragem – LNEC, Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Abril de 2012.

[57] ISO 717-1:2008: Instituto Português da Qualidade. *Acústica. Determinação do isolamento sonoro em edifícios e de elementos de construção. Parte 1: Isolamento sonoro a sons de percussão.*

ANEXO A
BOLETINS DE ENSAIO

Níveis de pressão sonora de percussão, padronizado (NP EN ISO 140-7)

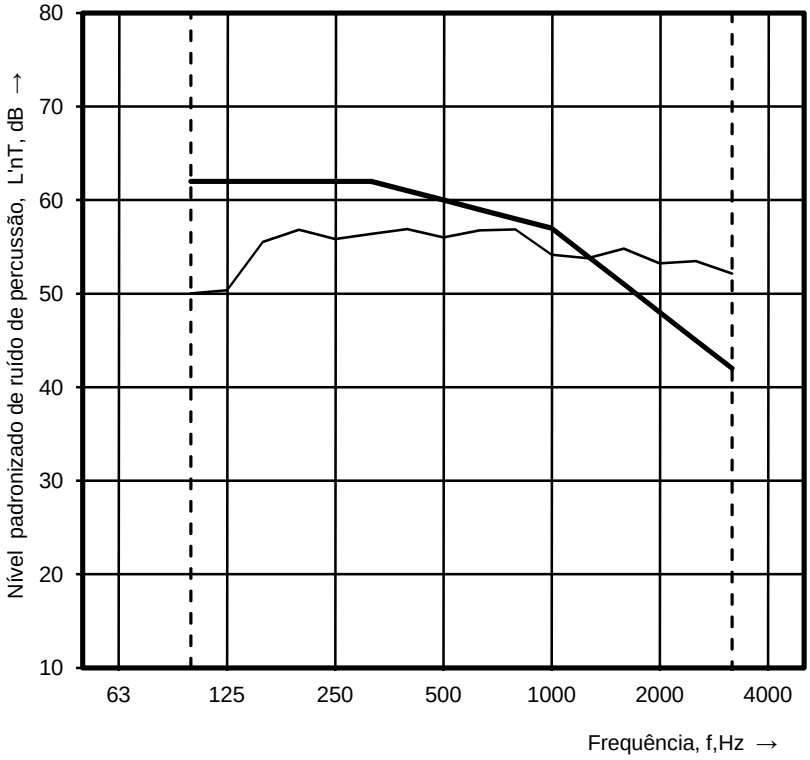
Medição, in situ, do isolamento sonoro a ruídos de percussão

Local do ensaio: **Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar**

Emissão: **APT. AA** Recepção: **APT. Y** **Quarto A**

Volume do recinto emissor: **31 m³** Volume do recinto receptor: **31 m³**

Frequência *f* Hz	L'_{nT} (1/3 oitava) dB
50	
63	
80	
100	50.0
125	50.4
160	55.5
200	56.8
250	55.9
315	56.4
400	56.9
500	56.0
630	56.8
800	56.9
1000	54.2
1250	53.8
1600	54.8
2000	53.3
2500	53.5
3150	52.1
4000	
5000	



Frequência (Hz)	Leq (dB)		T_{rev} (s)
	L_2	L_b (som residual)	
100	53.8	22.8	1.19
125	53.7	17.2	1.08
160	58.0	20.4	0.88
200	60.2	22.9	1.08
250	59.7	20.1	1.22
315	61.4	18.5	1.58
400	61.8	18.0	1.53
500	60.4	19.9	1.38
630	61.5	18.8	1.48
800	61.2	19.9	1.36
1000	58.1	17.2	1.25
1250	57.6	13.9	1.20
1600	58.2	15.3	1.10
2000	56.0	13.3	0.94
2500	55.9	10.9	0.87
3150	54.4	9.9	0.84

Determinação conforme a norma NP EN ISO 717-2

$L_{nT,w}$ (C_i) = 60 (-8) dB

Determinação baseada nos resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ.

Data: **27-11-2010** Assinatura:

Níveis de pressão sonora de percussão, padronizado (NP EN ISO 140-7)

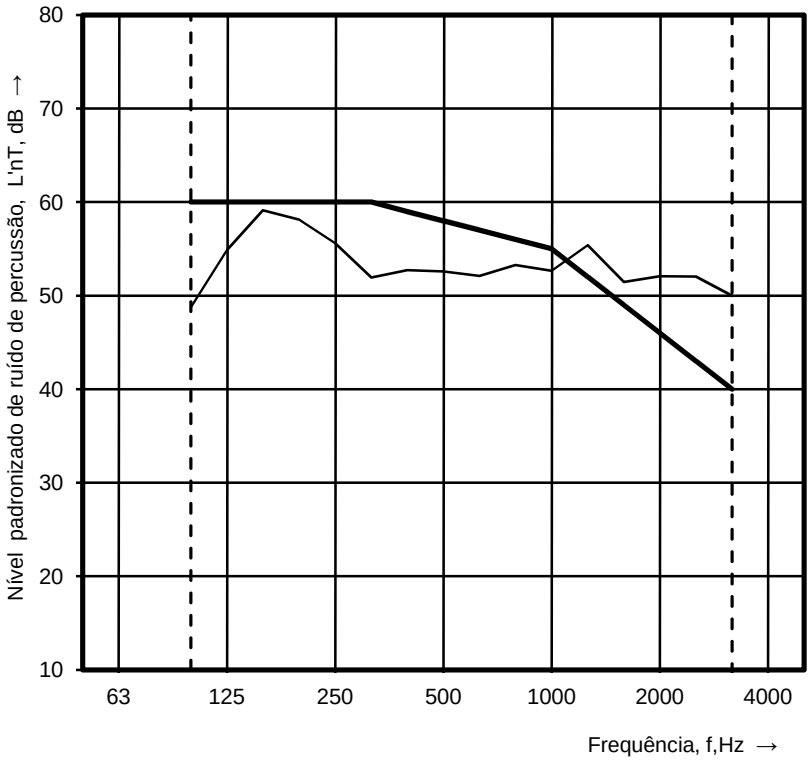
Medição, in situ, do isolamento sonoro a ruídos de percussão

Local do ensaio: **Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar**

Emissão: **APT. Y** Recepção: **APT. W** **Quarto B**

Volume do recinto emissor: **38 m³** Volume do recinto receptor: **38 m³**

Frequência *f* Hz	L´nT (1/3 oitava) dB
50	
63	
80	
100	48.8
125	54.9
160	59.1
200	58.1
250	55.6
315	52.0
400	52.7
500	52.6
630	52.1
800	53.3
1000	52.6
1250	55.4
1600	51.5
2000	52.1
2500	52.0
3150	50.0
4000	
5000	



Frequência (Hz)	Leq (dB)		T_{rev} (s)
	L_2	L_b (som residual)	
100	51.2	22.2	0.88
125	56.0	18.8	0.65
160	61.1	30.8	0.79
200	59.4	31.0	0.67
250	58.3	19.4	0.93
315	55.1	25.5	1.03
400	56.1	26.0	1.08
500	55.8	25.8	1.04
630	55.2	19.9	1.03
800	56.0	22.0	0.94
1000	55.2	21.4	0.90
1250	57.6	20.3	0.84
1600	53.6	22.7	0.82
2000	53.7	17.9	0.73
2500	53.3	12.4	0.66
3150	51.4	10.4	0.69

Determinação conforme a norma NP EN ISO 717-2

$L_{nT,w}$ (C_i) = 58 (-7) dB

Determinação baseada nos resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ.

Data: **27-11-2010** Assinatura:

Níveis de pressão sonora de percussão, padronizado (NP EN ISO 140-7)

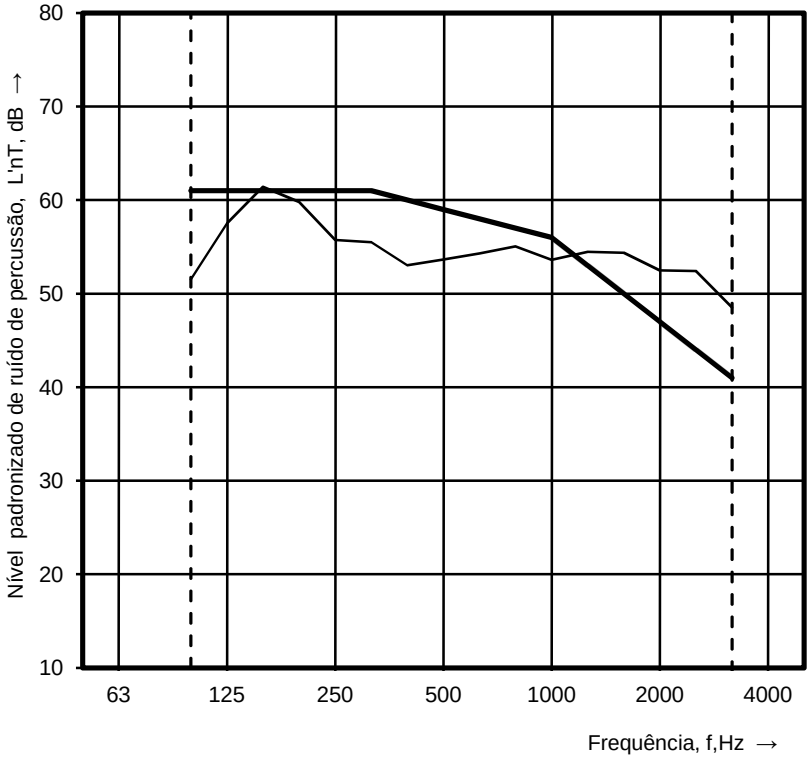
Medição, in situ, do isolamento sonoro a ruídos de percussão

Local do ensaio: **Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar**

Emissão: **APT. AC** Recepção: **APT. AA** **Quarto A**

Volume do recinto emissor: **31 m^3** Volume do recinto receptor: **31 m^3**

Frequência f Hz	L´nT (1/3 oitava) dB
50	
63	
80	
100	51.5
125	57.5
160	61.4
200	59.8
250	55.7
315	55.5
400	53.0
500	53.6
630	54.3
800	55.1
1000	53.6
1250	54.5
1600	54.4
2000	52.5
2500	52.4
3150	48.5
4000	
5000	



Frequência (Hz)	Leq (dB)		T_{rev} (s)
	L_2	L_b (som residual)	
100	53.8	18.7	0.84
125	57.3	17.4	0.47
160	62.8	21.1	0.68
200	62.7	23.2	0.97
250	59.1	23.1	1.08
315	58.5	21.5	1.01
400	57.2	23.7	1.30
500	57.5	24.5	1.22
630	57.9	20.6	1.15
800	58.4	19.1	1.08
1000	56.7	16.1	1.01
1250	56.8	17.1	0.85
1600	56.8	18.4	0.87
2000	54.4	17.1	0.77
2500	53.4	17.8	0.63
3150	49.7	17.3	0.66

Determinação conforme a norma NP EN ISO 717-2

$L_{nT,w}$ (C_i) = 59 (-6) dB

Determinação baseada nos resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ.

Data: **27-11-2010** Assinatura:

Níveis de pressão sonora de percussão, padronizado (NP EN ISO 140-7)

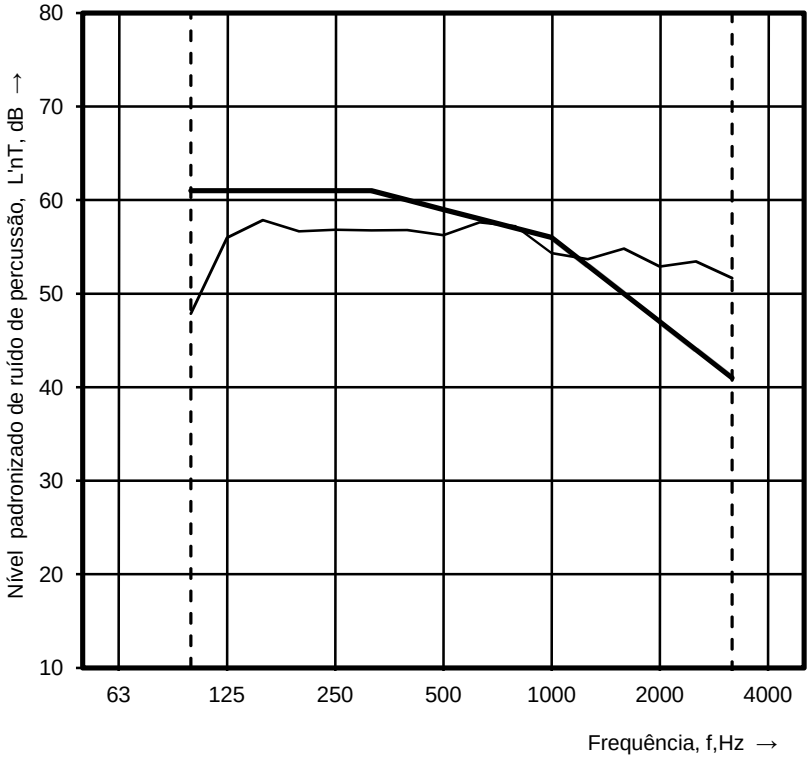
Medição, in situ, do isolamento sonoro a ruídos de percussão

Local do ensaio: **Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar**

Emissão: **APT. AC** Recepção: **APT. AA** **Quarto B**

Volume do recinto emissor: **38 m³** Volume do recinto receptor: **38 m³**

Frequência *f* Hz	L´nT (1/3 oitava) dB
50	
63	
80	
100	47.9
125	56.0
160	57.8
200	56.7
250	56.8
315	56.8
400	56.8
500	56.2
630	57.6
800	57.2
1000	54.3
1250	53.7
1600	54.8
2000	52.9
2500	53.5
3150	51.7
4000	
5000	



Frequência (Hz)	Leq (dB)		T_{rev} (s)
	L_2	L_b (som residual)	
100	52.7	19.8	1.53
125	58.3	16.1	0.85
160	60.1	21.9	0.85
200	59.8	23.0	1.02
250	61.2	22.6	1.37
315	61.0	20.0	1.34
400	61.9	23.1	1.63
500	61.1	19.1	1.54
630	62.1	17.5	1.39
800	61.5	16.5	1.34
1000	58.5	14.4	1.30
1250	57.4	14.6	1.19
1600	58.1	15.1	1.07
2000	55.7	14.1	0.96
2500	55.6	12.9	0.81
3150	53.9	12.5	0.84

Determinação conforme a norma NP EN ISO 717-2

$L_{nT,w}$ (C_i) = 59 (-6) dB

Determinação baseada nos resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ.

Data: **27-11-2010** Assinatura:

Níveis de pressão sonora de percussão, padronizado (NP EN ISO 140-7)

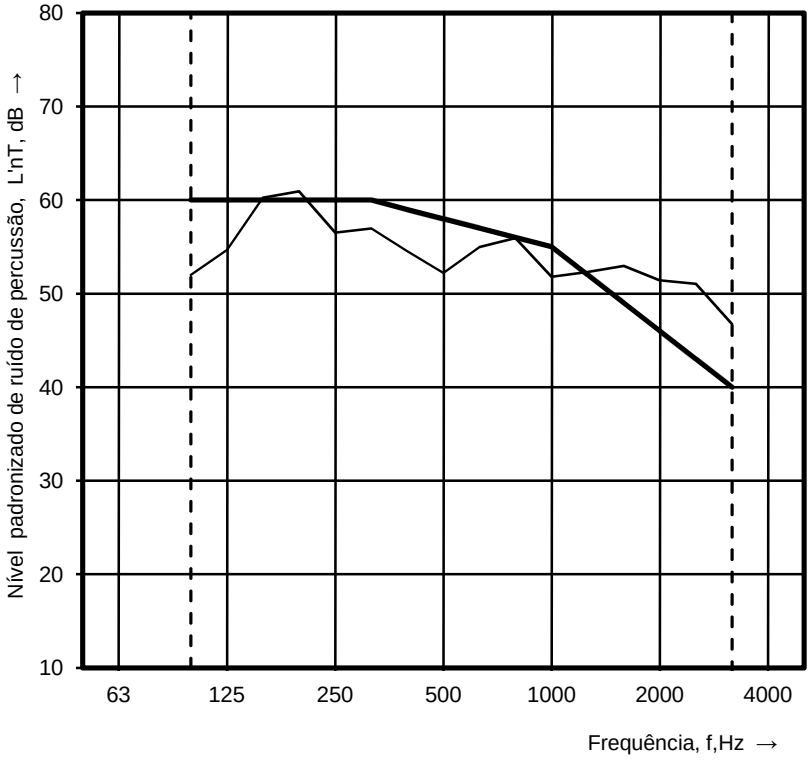
Medição, in situ, do isolamento sonoro a ruídos de percussão

Local do ensaio: **Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar**

Emissão: **APT. AD** Recepção: **APT. AB Quarto A**

Volume do recinto emissor: **41 m³** Volume do recinto receptor: **41 m³**

Frequência *f* Hz	L´nT (1/3 oitava) dB
50	
63	
80	
100	52.0
125	54.7
160	60.2
200	61.0
250	56.5
315	57.0
400	54.6
500	52.2
630	55.0
800	56.0
1000	51.8
1250	52.3
1600	53.0
2000	51.4
2500	51.0
3150	46.7
4000	
5000	



Frequência (Hz)	Leq (dB)		T_{rev} (s)
	L_2	L_b (som residual)	
100	56.7	18.4	1.49
125	57.7	18.7	1.00
160	62.7	21.4	0.88
200	64.8	22.0	1.21
250	60.6	20.2	1.28
315	61.3	18.5	1.37
400	59.7	18.8	1.62
500	57.1	17.5	1.54
630	59.3	18.8	1.36
800	60.1	16.6	1.31
1000	56.1	15.5	1.33
1250	55.9	14.9	1.15
1600	56.2	15.7	1.06
2000	54.1	13.7	0.93
2500	53.0	11.4	0.79
3150	48.9	10.4	0.82

Determinação conforme a norma NP EN ISO 717-2

$L_{nT,w}$ (C_i) = **58 (** -5 **)** dB

Determinação baseada nos resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ.

Data: **27-11-2010** Assinatura:

Níveis de pressão sonora de percussão, padronizado (NP EN ISO 140-7)

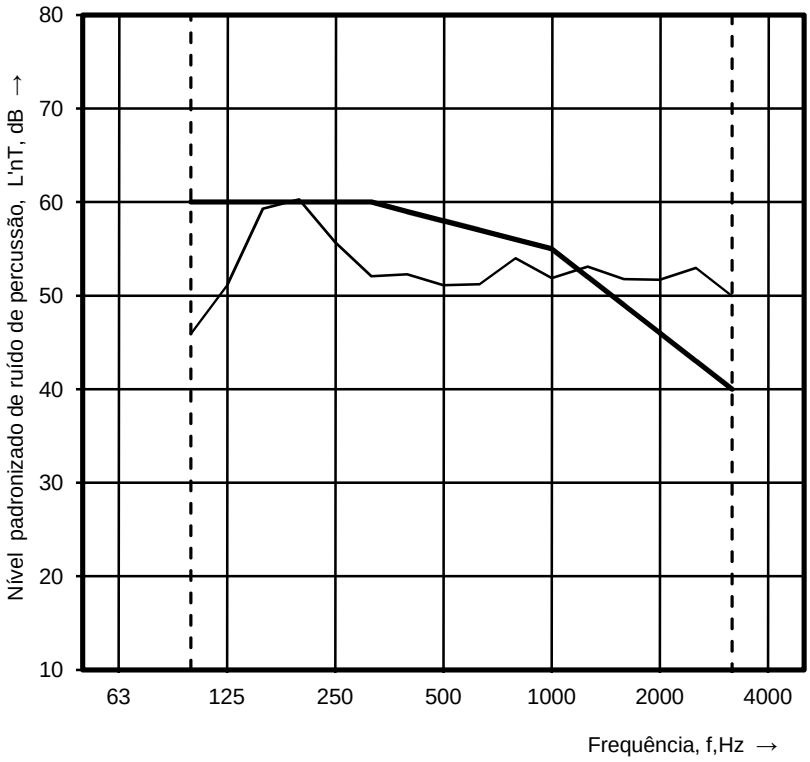
Medição, in situ, do isolamento sonoro a ruídos de percussão

Local do ensaio: **Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar**

Emissão: **APT. AD** Recepção: **APT. AB** **Quarto B**

Volume do recinto emissor: **26 m³** Volume do recinto receptor: **26 m³**

Frequência *f* Hz	L´nT (1/3 oitava) dB
50	
63	
80	
100	45.9
125	51.1
160	59.3
200	60.3
250	55.7
315	52.1
400	52.3
500	51.1
630	51.2
800	54.0
1000	51.9
1250	53.1
1600	51.8
2000	51.7
2500	53.0
3150	50.0
4000	
5000	



Frequência (Hz)	Leq (dB)		T_{rev} (s)
	L_2	L_b (som residual)	
100	48.7	14.1	0.95
125	53.1	16.1	0.79
160	60.4	18.6	0.64
200	62.1	20.1	0.76
250	58.9	19.0	1.05
315	56.4	17.3	1.36
400	56.4	17.2	1.30
500	55.1	16.5	1.26
630	55.0	15.1	1.20
800	57.5	19.0	1.13
1000	54.9	13.5	0.99
1250	55.8	12.3	0.94
1600	54.3	15.0	0.89
2000	53.6	11.6	0.77
2500	54.2	8.8	0.67
3150	51.4	7.8	0.69

Determinação conforme a norma NP EN ISO 717-2

$L_{nT,w}$ (C_i) = 58 (-7) dB

Determinação baseada nos resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ.

Data: **27-11-2010** Assinatura:

Níveis de pressão sonora de percussão, padronizado (NP EN ISO 140-7)

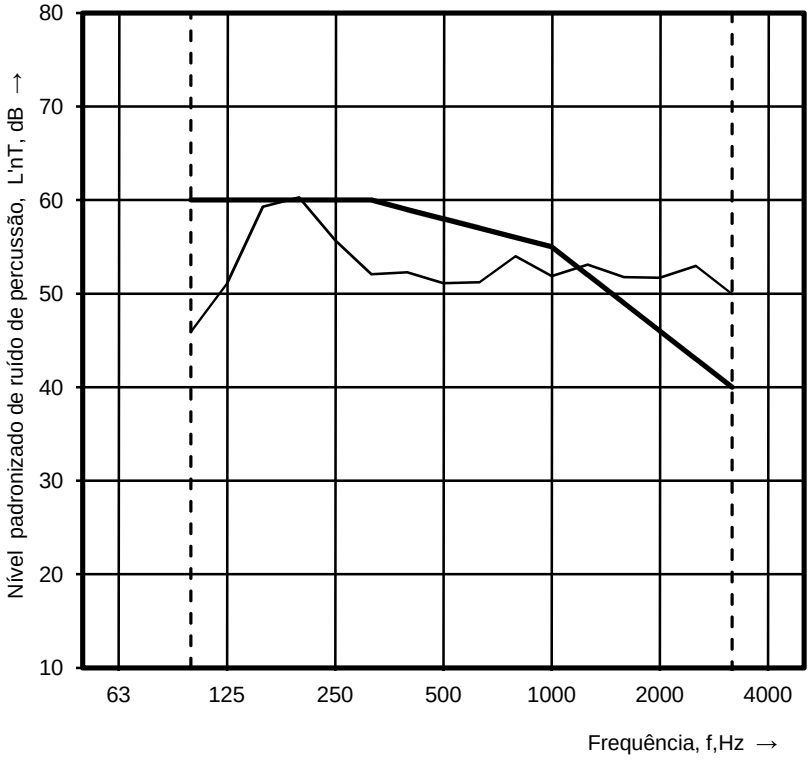
Medição, in situ, do isolamento sonoro a ruídos de percussão

Local do ensaio: **Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar**

Emissão: **APT. W** Recepção: **APT. U** **Quarto A**

Volume do recinto emissor: **31 m³** Volume do recinto receptor: **31 m³**

Frequência *f* Hz	L´nT (1/3 oitava) dB
50	
63	
80	
100	45.9
125	51.1
160	59.3
200	60.3
250	55.7
315	52.1
400	52.3
500	51.1
630	51.2
800	54.0
1000	51.9
1250	53.1
1600	51.8
2000	51.7
2500	53.0
3150	50.0
4000	
5000	



Frequência (Hz)	Leq (dB)		T_{rev} (s)
	L_2	L_b (som residual)	
100	48.7	14.1	0.95
125	53.1	16.1	0.79
160	60.4	18.6	0.64
200	62.1	20.1	0.76
250	58.9	19.0	1.05
315	56.4	17.3	1.36
400	56.4	17.2	1.30
500	55.1	16.5	1.26
630	55.0	15.1	1.20
800	57.5	19.0	1.13
1000	54.9	13.5	0.99
1250	55.8	12.3	0.94
1600	54.3	15.0	0.89
2000	53.6	11.6	0.77
2500	54.2	8.8	0.67
3150	51.4	7.8	0.69

Determinação conforme a norma NP EN ISO 717-2

$L_{nT,w}$ (C_i) = 58 (-7) dB

Determinação baseada nos resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ.

Data: **27-11-2010** Assinatura:

Níveis de pressão sonora de percussão, padronizado (NP EN ISO 140-7)

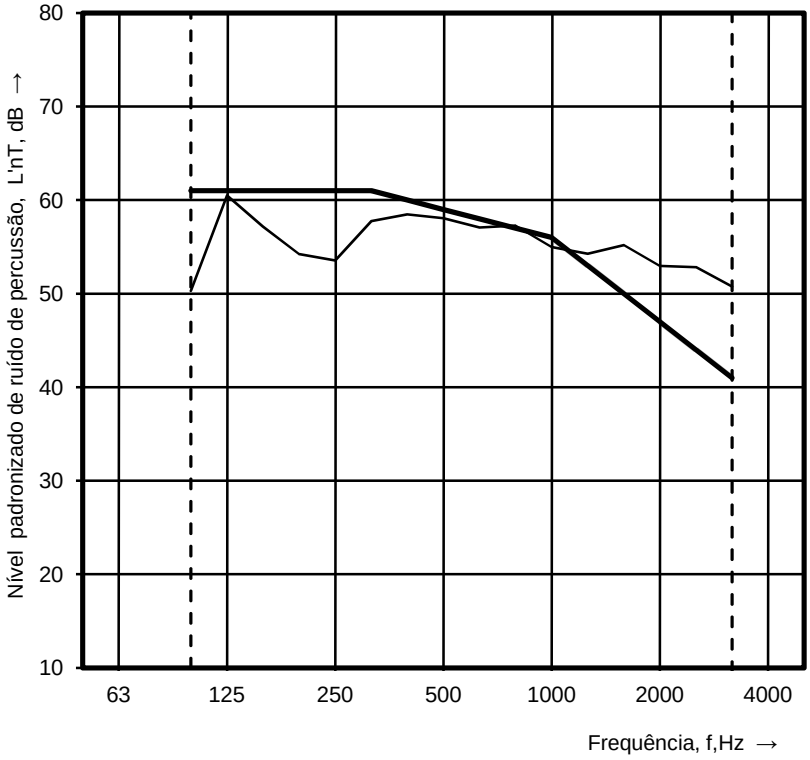
Medição, in situ, do isolamento sonoro a ruídos de percussão

Local do ensaio: **Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar**

Emissão: **APT. X** Recepção: **APT. V** **Quarto A**

Volume do recinto emissor: **41 m³** Volume do recinto receptor: **41 m³**

Frequência *f* Hz	L´nT (1/3 oitava) dB
50	
63	
80	
100	50.3
125	60.5
160	57.2
200	54.2
250	53.5
315	57.8
400	58.5
500	58.1
630	57.1
800	57.3
1000	55.0
1250	54.3
1600	55.2
2000	53.0
2500	52.8
3150	50.7
4000	
5000	



Frequência (Hz)	Leq (dB)		T_{rev} (s)
	L_2	L_b (som residual)	
100	53.3	19.2	1.01
125	62.0	13.7	0.70
160	58.9	20.7	0.74
200	57.5	19.8	1.07
250	56.8	18.4	1.07
315	61.3	16.5	1.13
400	63.0	18.9	1.41
500	62.1	19.0	1.25
630	60.7	19.2	1.16
800	60.9	16.6	1.14
1000	57.9	16.2	0.98
1250	56.9	14.7	0.92
1600	57.6	16.4	0.87
2000	55.0	13.9	0.80
2500	54.2	8.0	0.69
3150	52.4	6.6	0.73

Determinação conforme a norma NP EN ISO 717-2

$L_{nT,w}$ (C_i) = **59 (-6)** dB

Determinação baseada nos resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ.

Data: **27-11-2010** Assinatura:

Níveis de pressão sonora de percussão, padronizado (NP EN ISO 140-7)

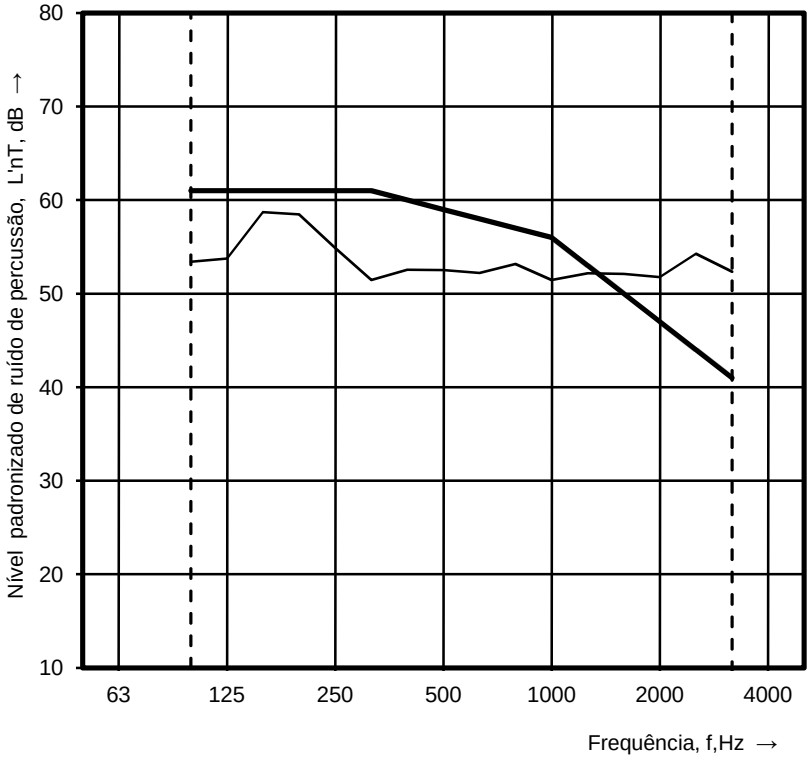
Medição, in situ, do isolamento sonoro a ruídos de percussão

Local do ensaio: **Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar**

Emissão: **APT. Z** Recepção: **APT.X** **Quarto A**

Volume do recinto emissor: **41 m³** Volume do recinto receptor: **41 m³**

Frequência *f* Hz	L´nT (1/3 oitava) dB
50	
63	
80	
100	53.4
125	53.8
160	58.7
200	58.5
250	54.9
315	51.5
400	52.5
500	52.5
630	52.2
800	53.2
1000	51.5
1250	52.2
1600	52.1
2000	51.8
2500	54.3
3150	52.4
4000	
5000	



Frequência (Hz)	Leq (dB)		T_{rev} (s)
	L_2	L_b (som residual)	
100	56.1	14.4	0.92
125	56.8	16.4	1.00
160	62.3	18.9	1.15
200	61.9	20.1	1.11
250	58.2	19.9	1.07
315	55.3	18.3	1.20
400	57.1	16.9	1.42
500	57.1	16.4	1.45
630	56.7	17.6	1.41
800	57.4	16.2	1.31
1000	55.6	13.0	1.28
1250	55.8	12.1	1.16
1600	55.5	13.5	1.08
2000	54.3	10.8	0.90
2500	56.2	8.0	0.78
3150	54.4	7.5	0.80

Determinação conforme a norma NP EN ISO 717-2

$L_{nT,w}$ (C_i) = 59 (-8) dB

Determinação baseada nos resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ.

Data: **27-11-2010** Assinatura:

Níveis de pressão sonora de percussão, padronizado (NP EN ISO 140-7)

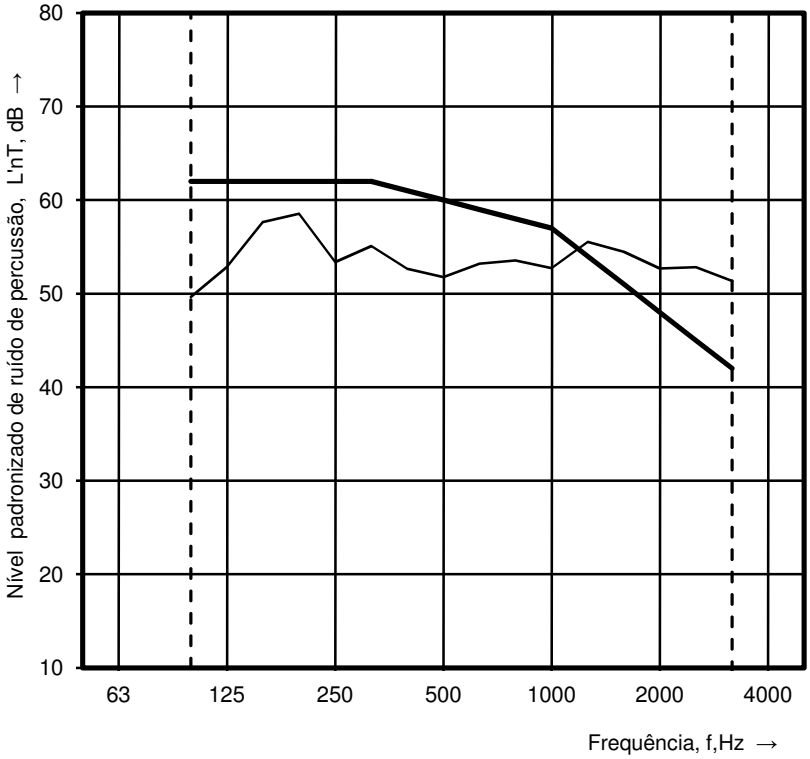
Medição, *in situ*, do isolamento sonoro a ruídos de percussão

Local do ensaio: **Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar**

Emissão: **APT. Z** Recepção: **APT. X** **Quarto B**

Volume do recinto emissor: **26 m³** Volume do recinto receptor: **26 m³**

Frequência *f* Hz	L'n (1/3 oitava) dB
50	
63	
80	
100	49.6
125	52.9
160	57.7
200	58.6
250	53.4
315	55.1
400	52.7
500	51.8
630	53.2
800	53.5
1000	52.7
1250	55.5
1600	54.5
2000	52.7
2500	52.8
3150	51.3
4000	
5000	



Frequência (Hz)	Leq (dB)		T_{rev} (s)
	L_2	L_b (som residual)	
100	52.8	14.3	1.03
125	55.4	19.0	0.89
160	59.3	39.7	0.73
200	61.3	37.2	0.95
250	56.6	25.6	1.05
315	58.8	34.1	1.19
400	56.6	31.5	1.25
500	55.8	29.4	1.27
630	57.1	21.0	1.21
800	56.8	16.6	1.06
1000	55.5	15.8	0.94
1250	58.4	15.3	0.96
1600	56.9	14.5	0.88
2000	54.7	14.0	0.80
2500	54.5	13.7	0.73
3150	53.0	12.3	0.73

Avaliação conforme a norma NP EN ISO 717-2

$L'_{n,w}$ (C_i) = **60 (-9)** dB

Determinação baseada nos resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas em 1/3 oitava.

Data: **27-11-2010** Assinatura:

Níveis de pressão sonora de percussão, padronizado (NP EN ISO 140-7)

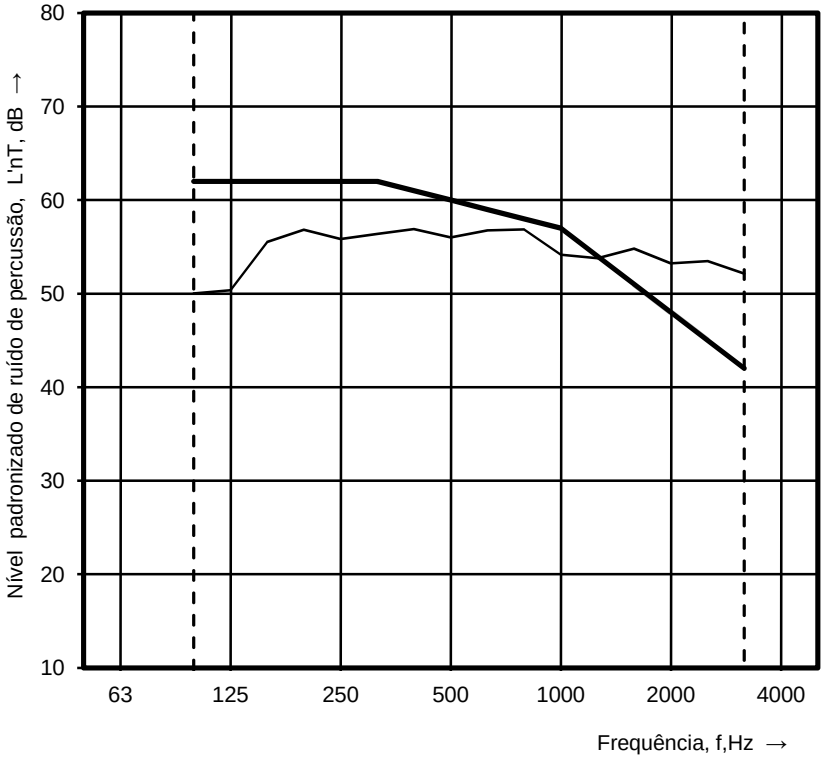
Medição, in situ, do isolamento sonoro a ruídos de percussão

Local do ensaio: **Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar**

Emissão: **APT.X** Recepção: **APT. V Quarto C**

Volume do recinto emissor: **31 m^3** Volume do recinto receptor: **31 m^3**

Frequência f Hz	L´nT (1/3 oitava) dB
50	
63	
80	
100	50.0
125	50.4
160	55.5
200	56.8
250	55.9
315	56.4
400	56.9
500	56.0
630	56.8
800	56.9
1000	54.2
1250	53.8
1600	54.8
2000	53.3
2500	53.5
3150	52.1
4000	
5000	



Frequência (Hz)	Leq (dB)		T_{rev} [s]
	L_2	L_b (som residual)	
100	53.8	22.8	1.19
125	53.7	17.2	1.08
160	58.0	20.4	0.88
200	60.2	22.9	1.08
250	59.7	20.1	1.22
315	61.4	18.5	1.58
400	61.8	18.0	1.53
500	60.4	19.9	1.38
630	61.5	18.8	1.48
800	61.2	19.9	1.36
1000	58.1	17.2	1.25
1250	57.6	13.9	1.20
1600	58.2	15.3	1.10
2000	56.0	13.3	0.94
2500	55.9	10.9	0.87
3150	54.4	9.9	0.84

Determinação conforme a norma NP EN ISO 717-2

$L_{nT,w}$ (C_i) = 60 (-8) dB

Determinação baseada nos resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ.

Data: **27-11-2010** Assinatura:

Níveis de pressão sonora de percussão, padronizado (NP EN ISO 140-7)

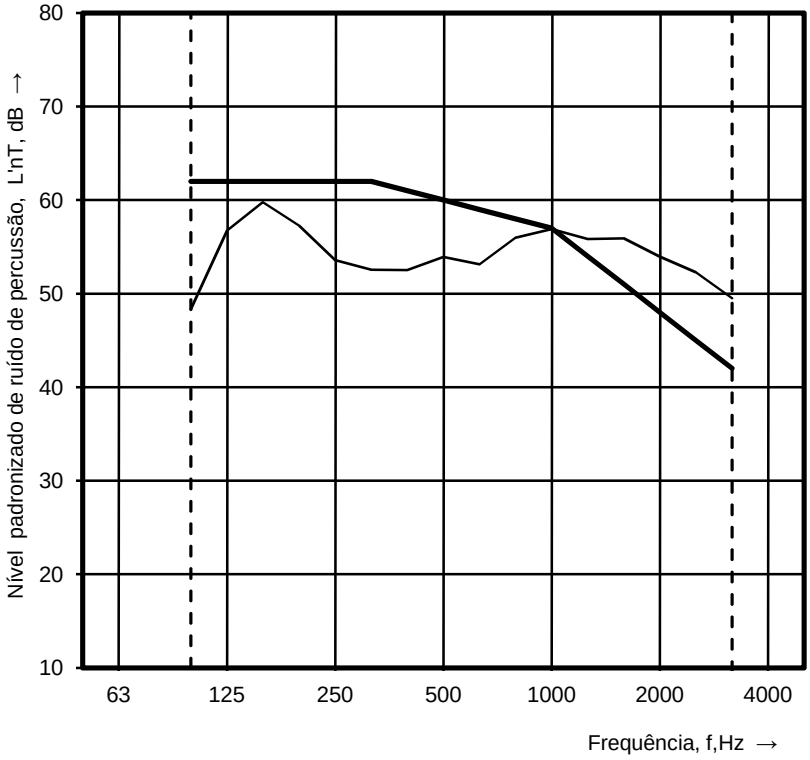
Medição, in situ, do isolamento sonoro a ruídos de percussão

Local do ensaio: **Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar**

Emissão: **APT. AB** Recepção: **APT. Z** **Quarto B**

Volume do recinto emissor: **26 m³** Volume do recinto receptor: **26 m³**

Frequência *f* Hz	L´nT (1/3 oitava) dB
50	
63	
80	
100	48.4
125	56.7
160	59.8
200	57.3
250	53.6
315	52.6
400	52.5
500	53.9
630	53.2
800	56.0
1000	56.9
1250	55.9
1600	55.9
2000	54.0
2500	52.3
3150	49.5
4000	
5000	



Frequência (Hz)	Leq (dB)		T_{rev} (s)
	L_2	L_b (som residual)	
100	50.7	19.6	0.86
125	59.3	13.0	0.90
160	62.8	17.3	0.99
200	60.6	20.8	1.07
250	56.5	16.9	0.97
315	56.1	19.0	1.13
400	56.5	17.1	1.26
500	57.7	16.6	1.20
630	56.7	16.7	1.14
800	59.1	22.5	1.02
1000	59.4	23.0	0.89
1250	58.3	19.2	0.87
1600	58.0	23.3	0.81
2000	55.8	25.8	0.76
2500	53.6	19.8	0.68
3150	50.9	19.9	0.69

Determinação conforme a norma NP EN ISO 717-2

$L_{nT,w}$ (C_i) = 60 (-8) dB

Determinação baseada nos resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ.

Data: **27-11-2010** Assinatura:

Níveis de pressão sonora de percussão, padronizado (NP EN ISO 140-7)

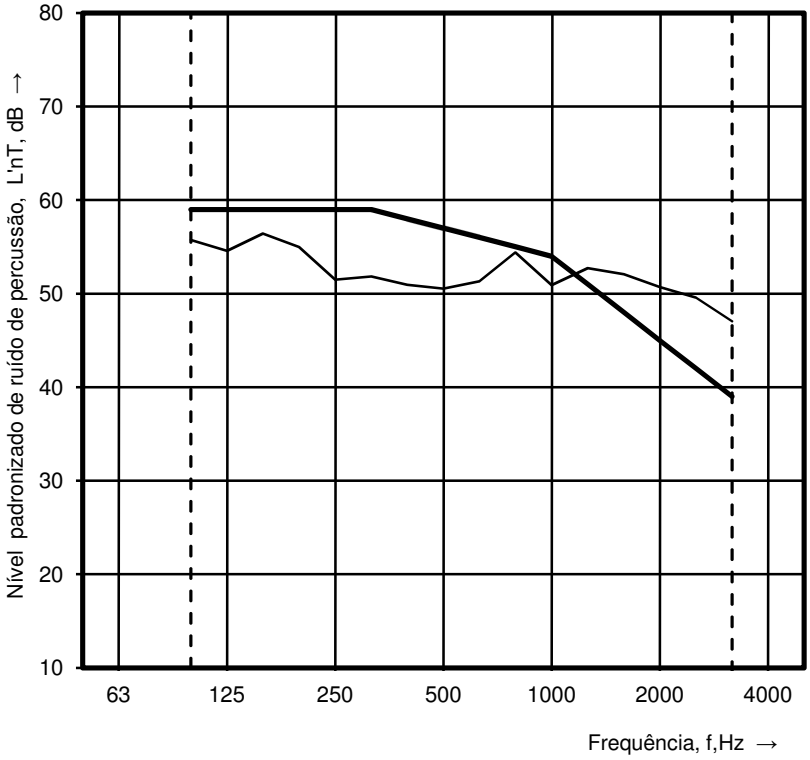
Medição, *in situ*, do isolamento sonoro a ruídos de percussão

Local do ensaio: **Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar**

Emissão: **APT. AB** Recepção: **APT. Z** **Quarto A**

Volume do recinto emissor: **41 m³** Volume do recinto receptor: **41 m³**

Frequência *f* Hz	L´n (1/3 oitava) dB
50	
63	
80	
100	55.7
125	54.6
160	56.4
200	55.0
250	51.5
315	51.8
400	50.9
500	50.5
630	51.3
800	54.4
1000	50.9
1250	52.7
1600	52.1
2000	50.7
2500	49.6
3150	47.0
4000	
5000	



Frequência (Hz)	Leq (dB)		T_{rev} (s)
	L_2	L_b (som residual)	
100	59.0	25.6	1.06
125	58.0	20.0	1.09
160	60.4	18.0	1.24
200	58.6	20.7	1.16
250	55.1	18.5	1.16
315	55.7	18.5	1.22
400	55.4	15.4	1.40
500	55.1	16.6	1.44
630	55.6	16.8	1.35
800	58.2	16.6	1.21
1000	54.8	17.3	1.21
1250	55.9	16.2	1.05
1600	55.3	17.5	1.04
2000	53.5	16.6	0.94
2500	51.6	11.9	0.79
3150	49.1	8.7	0.80

Avaliação conforme a norma NP EN ISO 717-2

$L'_{n,w}$ (C_i) = **57 (-7)** dB

Determinação baseada nos resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas em 1/3 oitava.

Data: **27-11-2010** Assinatura:

Níveis de pressão sonora de percussão, padronizado (NP EN ISO 140-7)

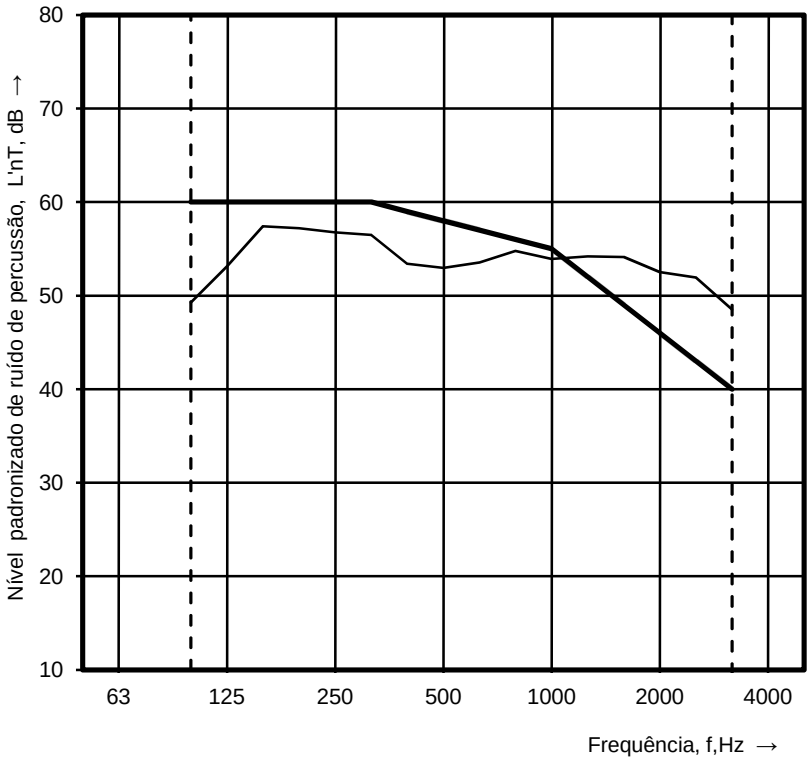
Medição, in situ, do isolamento sonoro a ruídos de percussão

Local do ensaio: **Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar**

Emissão: **APT. Y** Recepção: **APT. W** **Quarto A**

Volume do recinto emissor: **31 m³** Volume do recinto receptor: **31 m³**

Frequência *f* Hz	L´nT (1/3 oitava) dB
50	
63	
80	
100	49.3
125	53.2
160	57.4
200	57.2
250	56.8
315	56.5
400	53.4
500	53.0
630	53.6
800	54.8
1000	53.9
1250	54.2
1600	54.1
2000	52.5
2500	51.9
3150	48.5
4000	
5000	



Frequência (Hz)	Leq (dB)		T_{rev} (s)
	L_2	L_b (som residual)	
100	52.1	23.0	0.96
125	53.6	17.0	0.56
160	59.2	21.2	0.76
200	60.0	20.2	0.96
250	60.6	19.1	1.20
315	60.1	15.2	1.16
400	57.9	20.0	1.39
500	56.8	22.3	1.21
630	57.4	19.8	1.21
800	58.2	18.7	1.10
1000	56.7	17.3	0.95
1250	56.9	16.6	0.92
1600	56.4	17.6	0.84
2000	54.4	13.5	0.76
2500	53.3	7.9	0.68
3150	50.0	6.7	0.70

Determinação conforme a norma NP EN ISO 717-2

$L_{nT,w}$ (C_i) = **58 (-7)** dB

Determinação baseada nos resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ.

Data: **27-11-2010** Assinatura:

Níveis de pressão sonora de percussão, padronizado (NP EN ISO 140-7)

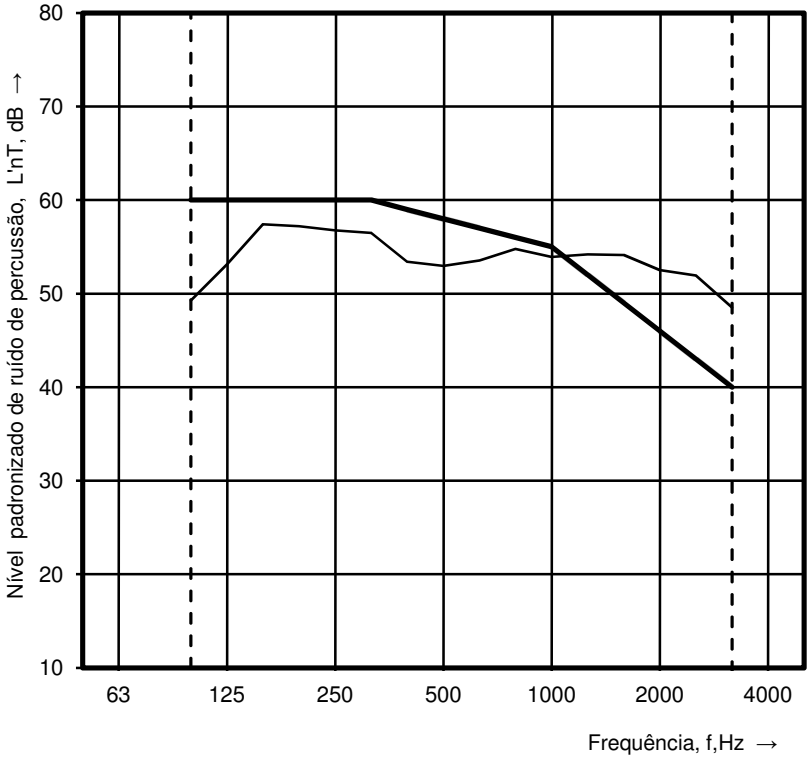
Medição, *in situ*, do isolamento sonoro a ruídos de percussão

Local do ensaio: **Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar**

Emissão: **APT. AA** Recepção: **APT. Y** **Quarto B**

Volume do recinto emissor: **38 m³** Volume do recinto receptor: **38 m³**

Frequência *f* Hz	L´n (1/3 oitava) dB
50	
63	
80	
100	49.3
125	53.2
160	57.4
200	57.2
250	56.8
315	56.5
400	53.4
500	53.0
630	53.6
800	54.8
1000	53.9
1250	54.2
1600	54.1
2000	52.5
2500	51.9
3150	48.5
4000	
5000	



Frequência (Hz)	Leq (dB)		T_{rev} (s)
	L_2	L_b (som residual)	
100	52.1	23.0	0.96
125	53.6	17.0	0.56
160	59.2	21.2	0.76
200	60.0	20.2	0.96
250	60.6	19.1	1.20
315	60.1	15.2	1.16
400	57.9	20.0	1.39
500	56.8	22.3	1.21
630	57.4	19.8	1.21
800	58.2	18.7	1.10
1000	56.7	17.3	0.95
1250	56.9	16.6	0.92
1600	56.4	17.6	0.84
2000	54.4	13.5	0.76
2500	53.3	7.9	0.68
3150	50.0	6.7	0.70

Avaliação conforme a norma NP EN ISO 717-2

$L'_{n,w}$ (C_i) = **58 (-7)** dB

Determinação baseada nos resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas em 1/3 oitava.

Data: **27-11-2010** Assinatura:

Níveis de pressão sonora de percussão, padronizado (NP EN ISO 140-7)

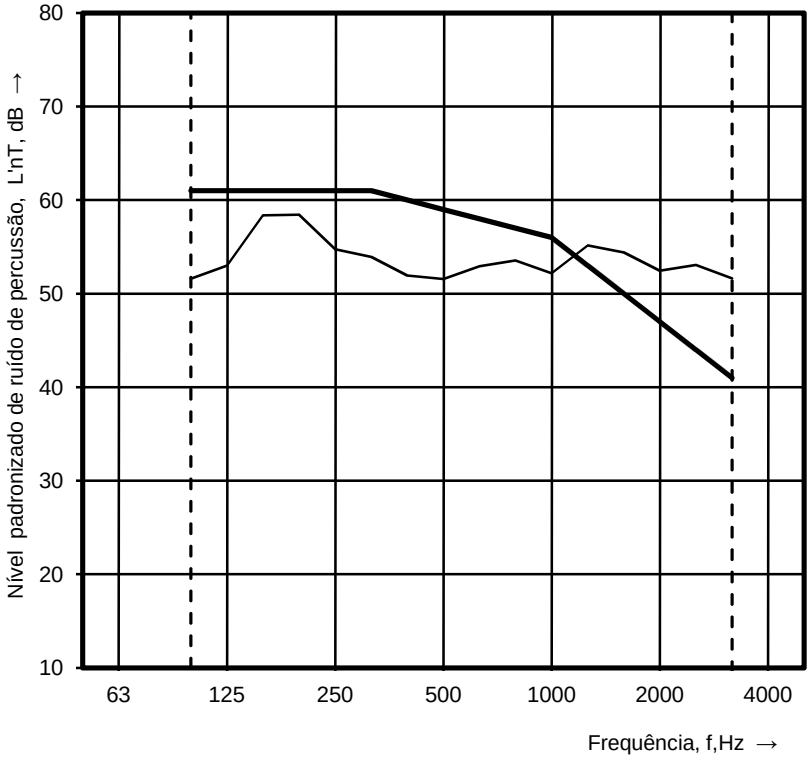
Medição, in situ, do isolamento sonoro a ruídos de percussão

Local do ensaio: **Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar**

Emissão: **APT.W** Recepção: **APT. U** **Quarto B**

Volume do recinto emissor: **38 m³** Volume do recinto receptor: **38 m³**

Frequência *f* Hz	L´nT (1/3 oitava) dB
50	
63	
80	
100	51.6
125	53.0
160	58.4
200	58.4
250	54.8
315	53.9
400	51.9
500	51.6
630	52.9
800	53.5
1000	52.2
1250	55.2
1600	54.4
2000	52.4
2500	53.1
3150	51.6
4000	
5000	



Frequência (Hz)	Leq (dB)		T_{rev} (s)
	L_2	L_b (som residual)	
100	54.6	16.9	1.00
125	56.1	15.0	1.02
160	61.4	19.3	1.00
200	61.4	22.8	0.99
250	58.1	21.9	1.08
315	58.1	16.9	1.31
400	56.8	18.6	1.52
500	56.0	17.2	1.40
630	57.0	15.7	1.27
800	57.6	19.5	1.27
1000	56.0	13.4	1.20
1250	58.7	12.9	1.14
1600	57.6	14.2	1.05
2000	55.3	11.8	0.96
2500	55.2	9.1	0.82
3150	53.9	7.8	0.84

Determinação conforme a norma NP EN ISO 717-2

$L_{nT,w}$ (C_i) = 59 (-8) dB

Determinação baseada nos resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ.

Data: **27-11-2010** Assinatura:

Níveis de pressão sonora de percussão, padronizado (NP EN ISO 140-7)

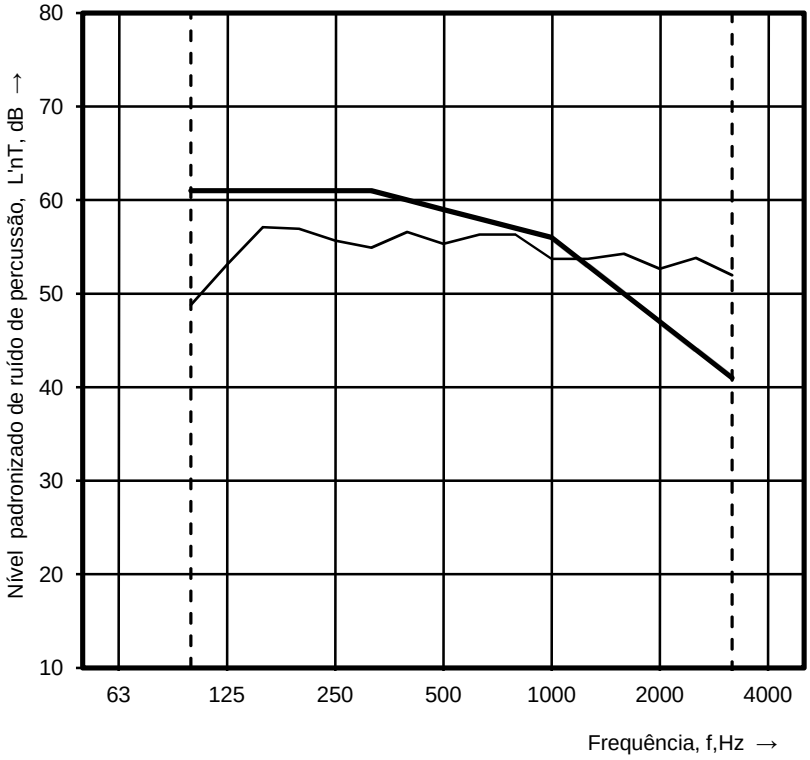
Medição, in situ, do isolamento sonoro a ruídos de percussão

Local do ensaio: **Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar**

Emissão: **APT. AD** Recepção: **APT. AB Quarto C**

Volume do recinto emissor: **31 m³** Volume do recinto receptor: **31 m³**

Frequência *f* Hz	L´nT (1/3 oitava) dB
50	
63	
80	
100	48.8
125	53.1
160	57.1
200	56.9
250	55.7
315	54.9
400	56.6
500	55.3
630	56.3
800	56.3
1000	53.7
1250	53.7
1600	54.3
2000	52.6
2500	53.8
3150	52.0
4000	
5000	



Frequência (Hz)	Leq (dB)		T_{rev} [s]
	L_2	L_b (som residual)	
100	53.1	15.8	1.36
125	56.0	13.5	0.97
160	59.5	19.2	0.86
200	60.8	18.8	1.21
250	59.8	16.2	1.28
315	59.6	13.3	1.45
400	61.4	16.6	1.52
500	60.1	17.8	1.51
630	60.9	16.7	1.43
800	60.7	15.5	1.37
1000	57.8	14.8	1.28
1250	57.5	14.6	1.20
1600	57.6	15.7	1.07
2000	55.5	13.8	0.96
2500	56.1	9.2	0.84
3150	54.5	7.3	0.89

Determinação conforme a norma NP EN ISO 717-2

$L_{nT,w}$ (C_i) = 59 (-7) dB

Determinação baseada nos resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ.

Data: **27-11-2010** Assinatura:

Níveis de pressão sonora de percussão, padronizado (NP EN ISO 140-7)

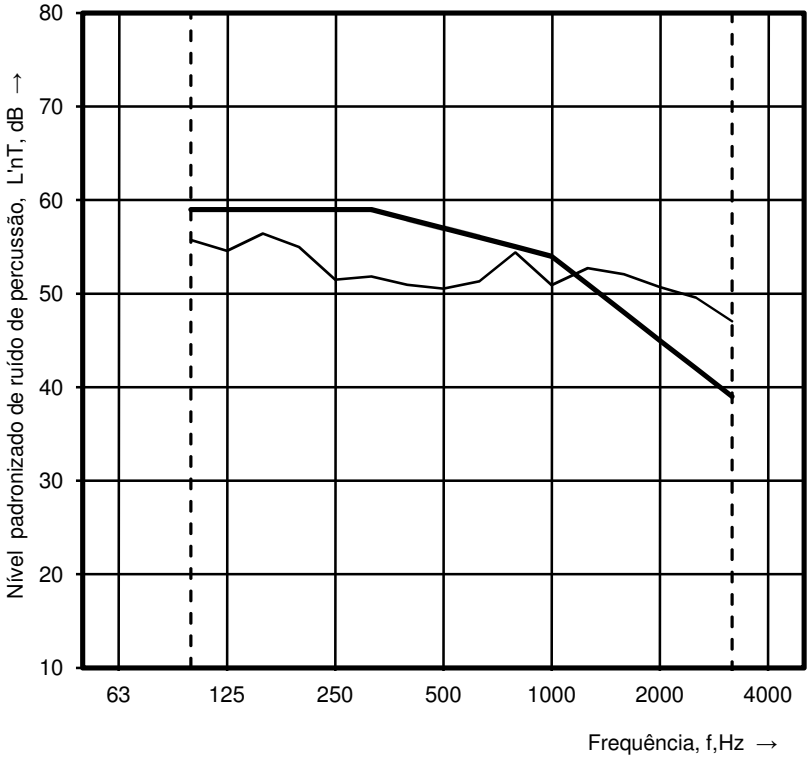
Medição, *in situ*, do isolamento sonoro a ruídos de percussão

Local do ensaio: **Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar**

Emissão: **APT. Z** Recepção: **APT. X** **Quarto C**

Volume do recinto emissor: **31 m³** Volume do recinto receptor: **31 m³**

Frequência *f* Hz	L´n (1/3 oitava) dB
50	
63	
80	
100	55.7
125	54.6
160	56.4
200	55.0
250	51.5
315	51.8
400	50.9
500	50.5
630	51.3
800	54.4
1000	50.9
1250	52.7
1600	52.1
2000	50.7
2500	49.6
3150	47.0
4000	
5000	



Frequência (Hz)	Leq (dB)		T_{rev} (s)
	L_2	L_b (som residual)	
100	59.0	25.6	1.06
125	58.0	20.0	1.09
160	60.4	18.0	1.24
200	58.6	20.7	1.16
250	55.1	18.5	1.16
315	55.7	18.5	1.22
400	55.4	15.4	1.40
500	55.1	16.6	1.44
630	55.6	16.8	1.35
800	58.2	16.6	1.21
1000	54.8	17.3	1.21
1250	55.9	16.2	1.05
1600	55.3	17.5	1.04
2000	53.5	16.6	0.94
2500	51.6	11.9	0.79
3150	49.1	8.7	0.80

Avaliação conforme a norma NP EN ISO 717-2

$L'_{n,w}$ (C_i) = **57 (-7)** dB

Determinação baseada nos resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas em 1/3 oitava.

Data: **27-11-2010** Assinatura:

Níveis de pressão sonora de percussão, padronizado (NP EN ISO 140-7)

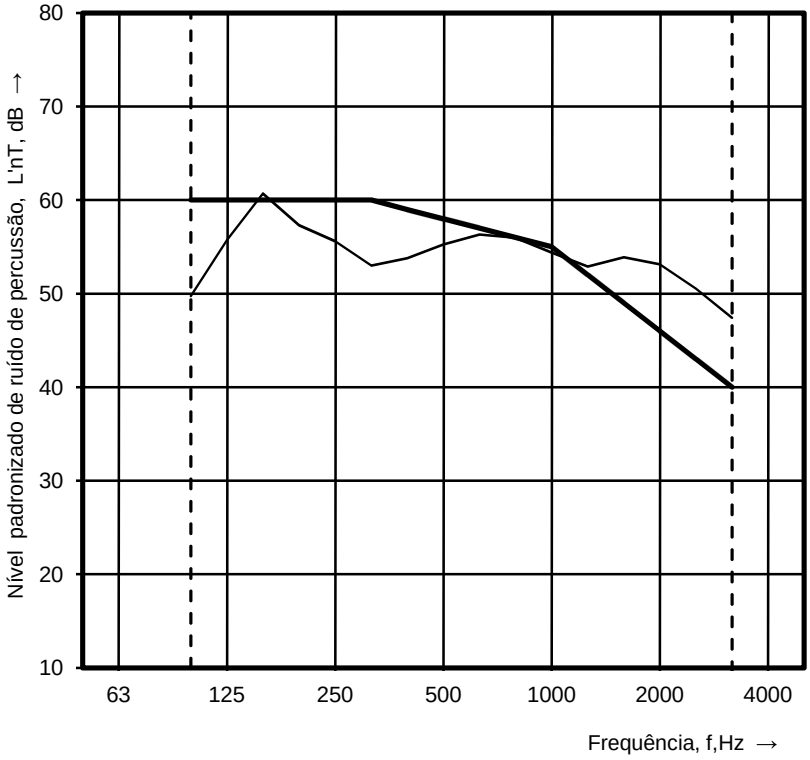
Medição, in situ, do isolamento sonoro a ruídos de percussão

Local do ensaio: **Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar**

Emissão: **APT. X** Recepção: **APT. V** **Quarto B**

Volume do recinto emissor: **26 m³** Volume do recinto receptor: **26 m³**

Frequência *f* Hz	L´nT (1/3 oitava) dB
50	
63	
80	
100	49.7
125	55.8
160	60.7
200	57.3
250	55.6
315	53.0
400	53.8
500	55.3
630	56.3
800	56.0
1000	54.4
1250	52.9
1600	53.9
2000	53.1
2500	50.6
3150	47.4
4000	
5000	



Frequência (Hz)	Leq (dB)		T_{rev} (s)
	L_2	L_b (som residual)	
100	55.2	22.5	1.76
125	58.9	20.5	1.02
160	64.1	20.5	1.10
200	61.3	23.2	1.26
250	59.1	21.5	1.12
315	57.1	20.1	1.29
400	58.1	17.3	1.35
500	59.7	17.7	1.39
630	60.5	17.2	1.30
800	59.8	17.3	1.22
1000	58.1	17.8	1.17
1250	56.5	17.9	1.14
1600	57.1	20.7	1.04
2000	56.0	19.8	0.97
2500	53.0	16.7	0.88
3150	49.9	13.0	0.89

Determinação conforme a norma NP EN ISO 717-2

$L_{nT,w}$ (C_i) = **58 (-6)** dB

Determinação baseada nos resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ.

Data: **27-11-2010** Assinatura:

Níveis de pressão sonora de percussão, padronizado (NP EN ISO 140-7)

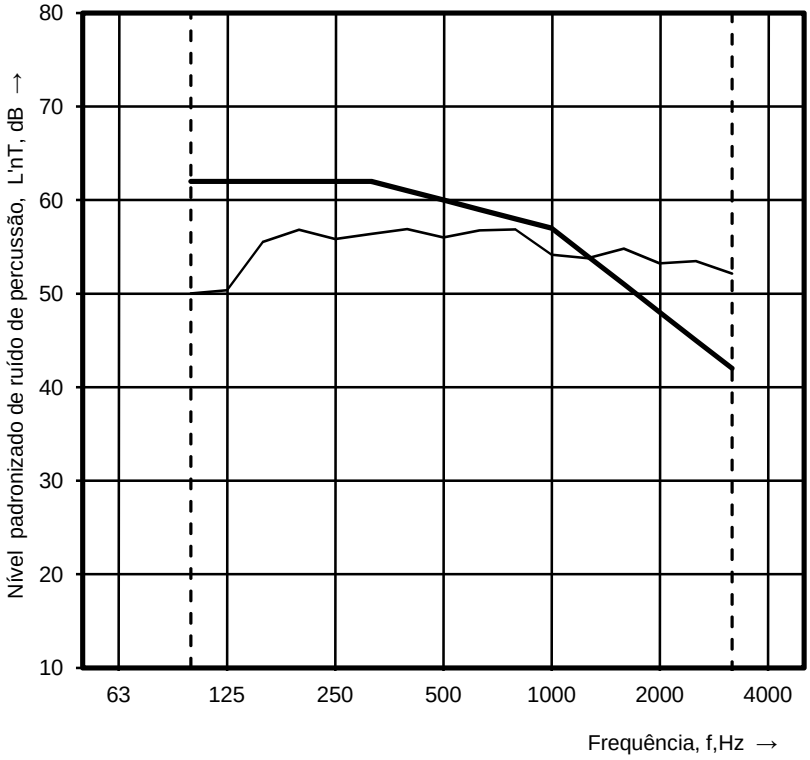
Medição, in situ, do isolamento sonoro a ruídos de percussão

Local do ensaio: **Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar**

Emissão: **APT. AB** Recepção: **APT. Z** **Quarto C**

Volume do recinto emissor: **31 m³** Volume do recinto receptor: **31 m³**

Frequência *f* Hz	L´nT (1/3 oitava) dB
50	
63	
80	
100	50.0
125	50.4
160	55.5
200	56.8
250	55.9
315	56.4
400	56.9
500	56.0
630	56.8
800	56.9
1000	54.2
1250	53.8
1600	54.8
2000	53.3
2500	53.5
3150	52.1
4000	
5000	



Frequência (Hz)	Leq (dB)		T_{rev} (s)
	L_2	L_b (som residual)	
100	53.8	22.8	1.19
125	53.7	17.2	1.08
160	58.0	20.4	0.88
200	60.2	22.9	1.08
250	59.7	20.1	1.22
315	61.4	18.5	1.58
400	61.8	18.0	1.53
500	60.4	19.9	1.38
630	61.5	18.8	1.48
800	61.2	19.9	1.36
1000	58.1	17.2	1.25
1250	57.6	13.9	1.20
1600	58.2	15.3	1.10
2000	56.0	13.3	0.94
2500	55.9	10.9	0.87
3150	54.4	9.9	0.84

Determinação conforme a norma NP EN ISO 717-2

$L_{nT,w}$ (C_i) = 60 (-8) dB

Determinação baseada nos resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ.

Data: **27-11-2010** Assinatura:

Níveis de pressão sonora de percussão, padronizado (NP EN ISO 140-7)

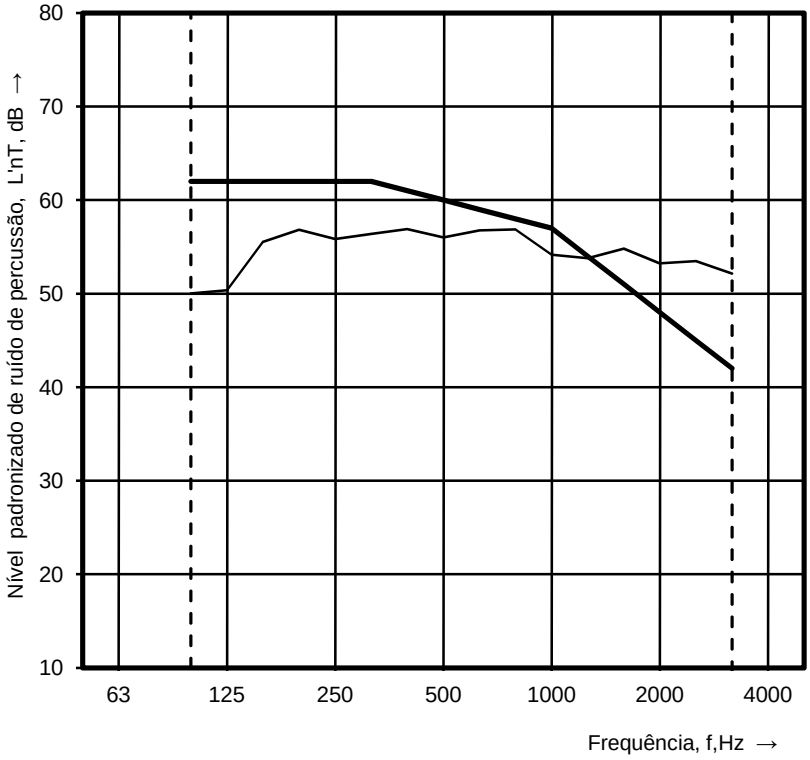
Medição, in situ, do isolamento sonoro a ruídos de percussão

Local do ensaio: **Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar**

Emissão: **APT. AA** Recepção: **APT. Y** **Quarto A**

Volume do recinto emissor: **31 m³** Volume do recinto receptor: **31 m³**

Frequência *f* Hz	L'_{nT} (1/3 oitava) dB
50	
63	
80	
100	50.0
125	50.4
160	55.5
200	56.8
250	55.9
315	56.4
400	56.9
500	56.0
630	56.8
800	56.9
1000	54.2
1250	53.8
1600	54.8
2000	53.3
2500	53.5
3150	52.1
4000	
5000	



Frequência (Hz)	Leq (dB)		T_{rev} (s)
	L_2	L_b (som residual)	
100	53.8	22.8	1.19
125	53.7	17.2	1.08
160	58.0	20.4	0.88
200	60.2	22.9	1.08
250	59.7	20.1	1.22
315	61.4	18.5	1.58
400	61.8	18.0	1.53
500	60.4	19.9	1.38
630	61.5	18.8	1.48
800	61.2	19.9	1.36
1000	58.1	17.2	1.25
1250	57.6	13.9	1.20
1600	58.2	15.3	1.10
2000	56.0	13.3	0.94
2500	55.9	10.9	0.87
3150	54.4	9.9	0.84

Determinação conforme a norma NP EN ISO 717-2

$L_{nT,w}$ (C_i) = 60 (-8) dB

Determinação baseada nos resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ.

Data: **27-11-2010** Assinatura:

Níveis de pressão sonora de percussão, padronizado (NP EN ISO 140-7)

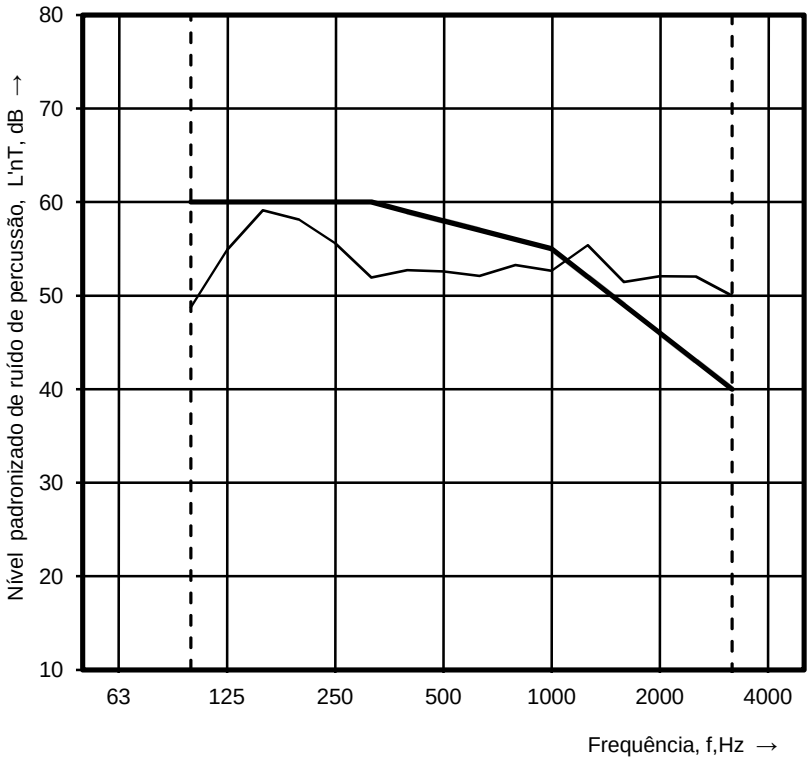
Medição, in situ, do isolamento sonoro a ruídos de percussão

Local do ensaio: **Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar**

Emissão: **APT. Y** Recepção: **APT. W** **Quarto B**

Volume do recinto emissor: **38 m³** Volume do recinto receptor: **38 m³**

Frequência *f* Hz	L´nT (1/3 oitava) dB
50	
63	
80	
100	48.8
125	54.9
160	59.1
200	58.1
250	55.6
315	52.0
400	52.7
500	52.6
630	52.1
800	53.3
1000	52.6
1250	55.4
1600	51.5
2000	52.1
2500	52.0
3150	50.0
4000	
5000	



Frequência (Hz)	Leq (dB)		T_{rev} (s)
	L_2	L_b (som residual)	
100	51.2	22.2	0.88
125	56.0	18.8	0.65
160	61.1	30.8	0.79
200	59.4	31.0	0.67
250	58.3	19.4	0.93
315	55.1	25.5	1.03
400	56.1	26.0	1.08
500	55.8	25.8	1.04
630	55.2	19.9	1.03
800	56.0	22.0	0.94
1000	55.2	21.4	0.90
1250	57.6	20.3	0.84
1600	53.6	22.7	0.82
2000	53.7	17.9	0.73
2500	53.3	12.4	0.66
3150	51.4	10.4	0.69

Determinação conforme a norma NP EN ISO 717-2

$L_{nT,w}$ (C_i) = 58 (-7) dB

Determinação baseada nos resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ.

Data: **27-11-2010** Assinatura:

Níveis de pressão sonora de percussão, padronizado (NP EN ISO 140-7)

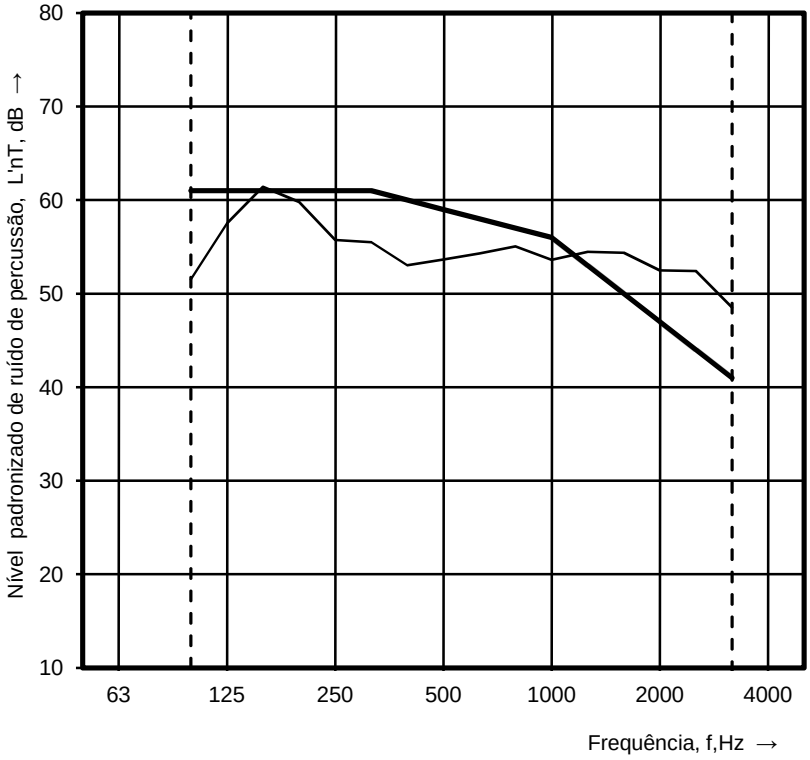
Medição, in situ, do isolamento sonoro a ruídos de percussão

Local do ensaio: **Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar**

Emissão: **APT. AC** Recepção: **APT. AA** **Quarto A**

Volume do recinto emissor: **31 m^3** Volume do recinto receptor: **31 m^3**

Frequência f Hz	L´nT (1/3 oitava) dB
50	
63	
80	
100	51.5
125	57.5
160	61.4
200	59.8
250	55.7
315	55.5
400	53.0
500	53.6
630	54.3
800	55.1
1000	53.6
1250	54.5
1600	54.4
2000	52.5
2500	52.4
3150	48.5
4000	
5000	



Frequência (Hz)	Leq (dB)		T_{rev} (s)
	L_2	L_b (som residual)	
100	53.8	18.7	0.84
125	57.3	17.4	0.47
160	62.8	21.1	0.68
200	62.7	23.2	0.97
250	59.1	23.1	1.08
315	58.5	21.5	1.01
400	57.2	23.7	1.30
500	57.5	24.5	1.22
630	57.9	20.6	1.15
800	58.4	19.1	1.08
1000	56.7	16.1	1.01
1250	56.8	17.1	0.85
1600	56.8	18.4	0.87
2000	54.4	17.1	0.77
2500	53.4	17.8	0.63
3150	49.7	17.3	0.66

Determinação conforme a norma NP EN ISO 717-2

$L_{nT,w}$ (C_i) = 59 (-6) dB

Determinação baseada nos resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ.

Data: **27-11-2010** Assinatura:

Níveis de pressão sonora de percussão, padronizado (NP EN ISO 140-7)

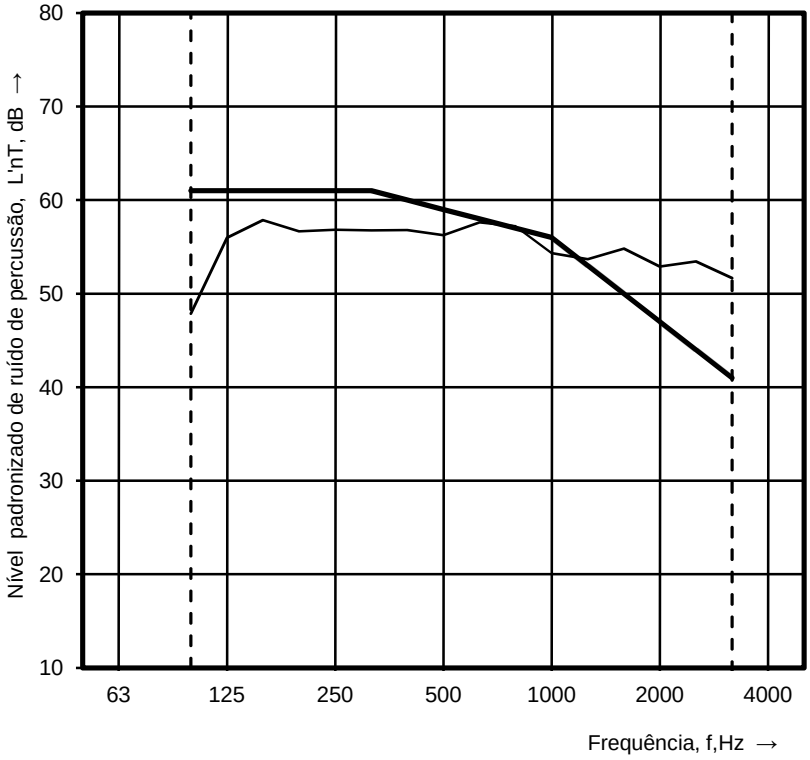
Medição, in situ, do isolamento sonoro a ruídos de percussão

Local do ensaio: **Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar**

Emissão: **APT. AC** Recepção: **APT. AA** **Quarto B**

Volume do recinto emissor: **38 m³** Volume do recinto receptor: **38 m³**

Frequência *f* Hz	L´nT (1/3 oitava) dB
50	
63	
80	
100	47.9
125	56.0
160	57.8
200	56.7
250	56.8
315	56.8
400	56.8
500	56.2
630	57.6
800	57.2
1000	54.3
1250	53.7
1600	54.8
2000	52.9
2500	53.5
3150	51.7
4000	
5000	



Frequência (Hz)	Leq (dB)		T_{rev} (s)
	L_2	L_b (som residual)	
100	52.7	19.8	1.53
125	58.3	16.1	0.85
160	60.1	21.9	0.85
200	59.8	23.0	1.02
250	61.2	22.6	1.37
315	61.0	20.0	1.34
400	61.9	23.1	1.63
500	61.1	19.1	1.54
630	62.1	17.5	1.39
800	61.5	16.5	1.34
1000	58.5	14.4	1.30
1250	57.4	14.6	1.19
1600	58.1	15.1	1.07
2000	55.7	14.1	0.96
2500	55.6	12.9	0.81
3150	53.9	12.5	0.84

Determinação conforme a norma NP EN ISO 717-2

$L_{nT,w}$ (C_i) = 59 (-6) dB

Determinação baseada nos resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ.

Data: **27-11-2010** Assinatura:

Níveis de pressão sonora de percussão, padronizado (NP EN ISO 140-7)

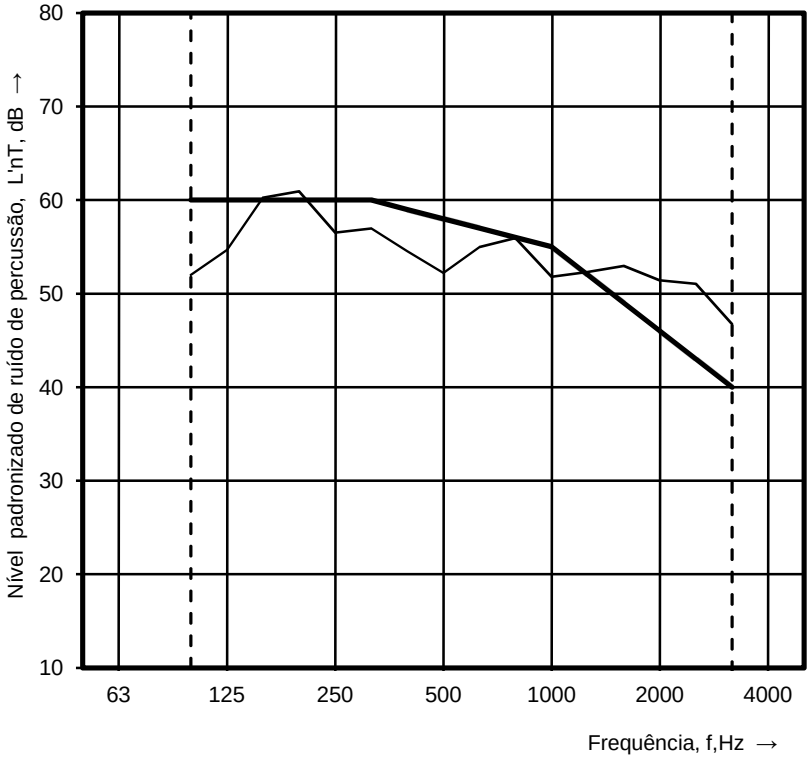
Medição, in situ, do isolamento sonoro a ruídos de percussão

Local do ensaio: **Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar**

Emissão: **APT. AD** Recepção: **APT. AB Quarto A**

Volume do recinto emissor: **41 m³** Volume do recinto receptor: **41 m³**

Frequência *f* Hz	L´nT (1/3 oitava) dB
50	
63	
80	
100	52.0
125	54.7
160	60.2
200	61.0
250	56.5
315	57.0
400	54.6
500	52.2
630	55.0
800	56.0
1000	51.8
1250	52.3
1600	53.0
2000	51.4
2500	51.0
3150	46.7
4000	
5000	



Frequência (Hz)	Leq (dB)		T_{rev} (s)
	L_2	L_b (som residual)	
100	56.7	18.4	1.49
125	57.7	18.7	1.00
160	62.7	21.4	0.88
200	64.8	22.0	1.21
250	60.6	20.2	1.28
315	61.3	18.5	1.37
400	59.7	18.8	1.62
500	57.1	17.5	1.54
630	59.3	18.8	1.36
800	60.1	16.6	1.31
1000	56.1	15.5	1.33
1250	55.9	14.9	1.15
1600	56.2	15.7	1.06
2000	54.1	13.7	0.93
2500	53.0	11.4	0.79
3150	48.9	10.4	0.82

Determinação conforme a norma NP EN ISO 717-2

$L_{nT,w}$ (C_i) = **58 (** -5 **)** dB

Determinação baseada nos resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ.

Data: **27-11-2010** Assinatura:

Níveis de pressão sonora de percussão, padronizado (NP EN ISO 140-7)

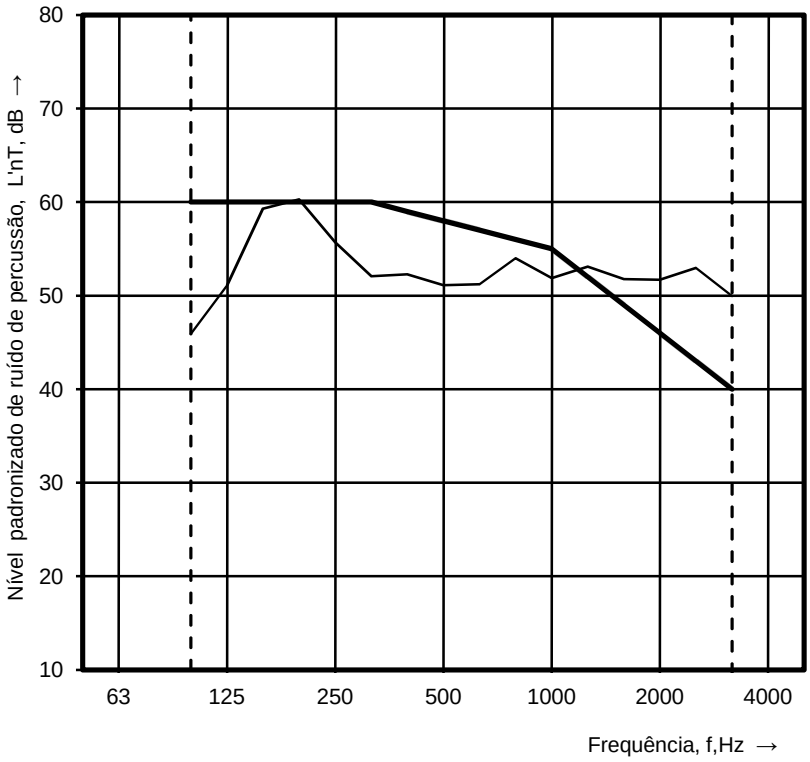
Medição, in situ, do isolamento sonoro a ruídos de percussão

Local do ensaio: **Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar**

Emissão: **APT. AD** Recepção: **APT. AB** **Quarto B**

Volume do recinto emissor: **26 m³** Volume do recinto receptor: **26 m³**

Frequência *f* Hz	L´nT (1/3 oitava) dB
50	
63	
80	
100	45.9
125	51.1
160	59.3
200	60.3
250	55.7
315	52.1
400	52.3
500	51.1
630	51.2
800	54.0
1000	51.9
1250	53.1
1600	51.8
2000	51.7
2500	53.0
3150	50.0
4000	
5000	



Frequência (Hz)	Leq (dB)		T_{rev} (s)
	L_2	L_b (som residual)	
100	48.7	14.1	0.95
125	53.1	16.1	0.79
160	60.4	18.6	0.64
200	62.1	20.1	0.76
250	58.9	19.0	1.05
315	56.4	17.3	1.36
400	56.4	17.2	1.30
500	55.1	16.5	1.26
630	55.0	15.1	1.20
800	57.5	19.0	1.13
1000	54.9	13.5	0.99
1250	55.8	12.3	0.94
1600	54.3	15.0	0.89
2000	53.6	11.6	0.77
2500	54.2	8.8	0.67
3150	51.4	7.8	0.69

Determinação conforme a norma NP EN ISO 717-2

$L_{nT,w}$ (C_i) = 58 (-7) dB

Determinação baseada nos resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ.

Data: **27-11-2010** Assinatura:

Níveis de pressão sonora de percussão, padronizado (NP EN ISO 140-7)

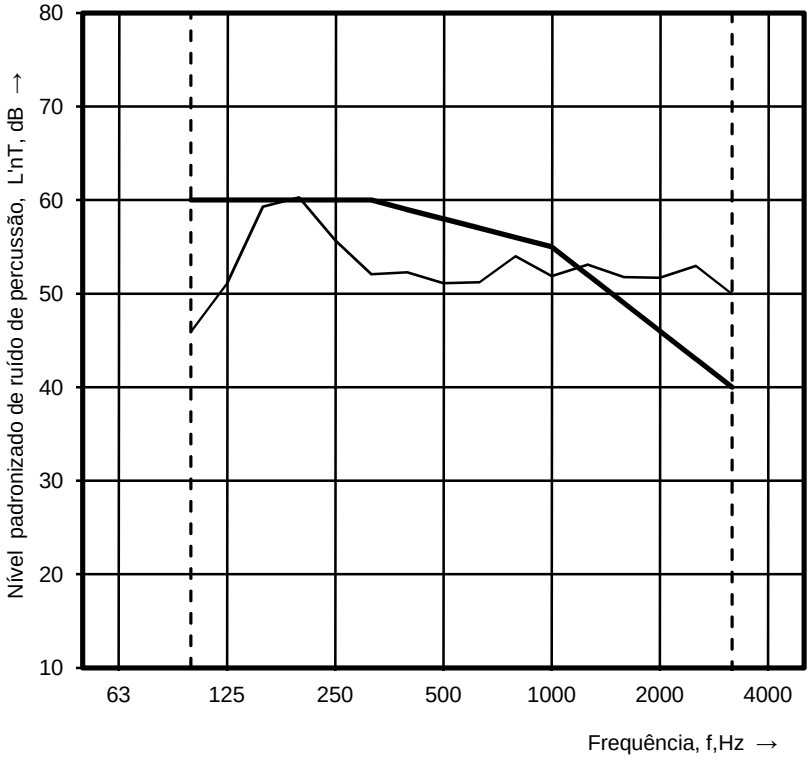
Medição, in situ, do isolamento sonoro a ruídos de percussão

Local do ensaio: **Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar**

Emissão: **APT. W** Recepção: **APT. U** **Quarto A**

Volume do recinto emissor: **31 m³** Volume do recinto receptor: **31 m³**

Frequência *f* Hz	L´nT (1/3 oitava) dB
50	
63	
80	
100	45.9
125	51.1
160	59.3
200	60.3
250	55.7
315	52.1
400	52.3
500	51.1
630	51.2
800	54.0
1000	51.9
1250	53.1
1600	51.8
2000	51.7
2500	53.0
3150	50.0
4000	
5000	



Frequência (Hz)	Leq (dB)		T_{rev} (s)
	L_2	L_b (som residual)	
100	48.7	14.1	0.95
125	53.1	16.1	0.79
160	60.4	18.6	0.64
200	62.1	20.1	0.76
250	58.9	19.0	1.05
315	56.4	17.3	1.36
400	56.4	17.2	1.30
500	55.1	16.5	1.26
630	55.0	15.1	1.20
800	57.5	19.0	1.13
1000	54.9	13.5	0.99
1250	55.8	12.3	0.94
1600	54.3	15.0	0.89
2000	53.6	11.6	0.77
2500	54.2	8.8	0.67
3150	51.4	7.8	0.69

Determinação conforme a norma NP EN ISO 717-2

$L_{nT,w}$ (C_i) = 58 (-7) dB

Determinação baseada nos resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ.

Data: **27-11-2010** Assinatura:

Níveis de pressão sonora de percussão, padronizado (NP EN ISO 140-7)

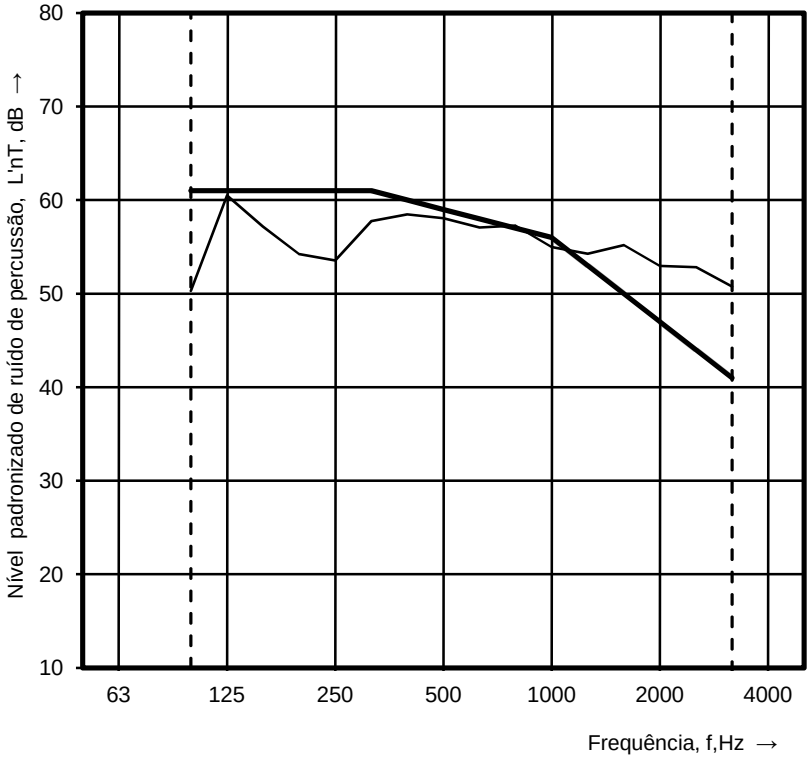
Medição, in situ, do isolamento sonoro a ruídos de percussão

Local do ensaio: **Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar**

Emissão: **APT. X** Recepção: **APT. V** **Quarto A**

Volume do recinto emissor: **41 m³** Volume do recinto receptor: **41 m³**

Frequência *f* Hz	L´nT (1/3 oitava) dB
50	
63	
80	
100	50,3
125	60,5
160	57,2
200	54,2
250	53,5
315	57,8
400	58,5
500	58,1
630	57,1
800	57,3
1000	55,0
1250	54,3
1600	55,2
2000	53,0
2500	52,8
3150	50,7
4000	
5000	



Frequência (Hz)	Leq (dB)		T_{rev} (s)
	L_2	L_b (som residual)	
100	53,3	19,2	1,01
125	62,0	13,7	0,70
160	58,9	20,7	0,74
200	57,5	19,8	1,07
250	56,8	18,4	1,07
315	61,3	16,5	1,13
400	63,0	18,9	1,41
500	62,1	19,0	1,25
630	60,7	19,2	1,16
800	60,9	16,6	1,14
1000	57,9	16,2	0,98
1250	56,9	14,7	0,92
1600	57,6	16,4	0,87
2000	55,0	13,9	0,80
2500	54,2	8,0	0,69
3150	52,4	6,6	0,73

Determinação conforme a norma NP EN ISO 717-2

$L_{nT,w}$ (C_i) = 59 (-6) dB

Determinação baseada nos resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ.

Data: **27-11-2010** Assinatura:

Níveis de pressão sonora de percussão, padronizado (NP EN ISO 140-7)

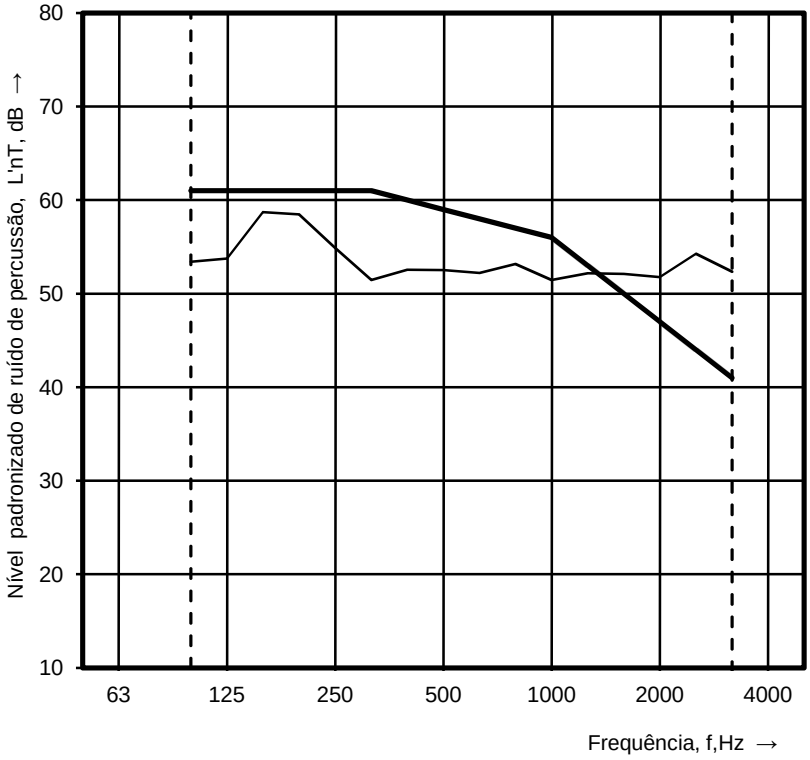
Medição, in situ, do isolamento sonoro a ruídos de percussão

Local do ensaio: **Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar**

Emissão: **APT. Z** Recepção: **APT.X** **Quarto A**

Volume do recinto emissor: **41 m³** Volume do recinto receptor: **41 m³**

Frequência *f* Hz	L´nT (1/3 oitava) dB
50	
63	
80	
100	53.4
125	53.8
160	58.7
200	58.5
250	54.9
315	51.5
400	52.5
500	52.5
630	52.2
800	53.2
1000	51.5
1250	52.2
1600	52.1
2000	51.8
2500	54.3
3150	52.4
4000	
5000	



Frequência (Hz)	Leq (dB)		T_{rev} (s)
	L_2	L_b (som residual)	
100	56.1	14.4	0.92
125	56.8	16.4	1.00
160	62.3	18.9	1.15
200	61.9	20.1	1.11
250	58.2	19.9	1.07
315	55.3	18.3	1.20
400	57.1	16.9	1.42
500	57.1	16.4	1.45
630	56.7	17.6	1.41
800	57.4	16.2	1.31
1000	55.6	13.0	1.28
1250	55.8	12.1	1.16
1600	55.5	13.5	1.08
2000	54.3	10.8	0.90
2500	56.2	8.0	0.78
3150	54.4	7.5	0.80

Determinação conforme a norma NP EN ISO 717-2

$L_{nT,w}$ (C_i) = 59 (-8) dB

Determinação baseada nos resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ.

Data: **27-11-2010** Assinatura:

Níveis de pressão sonora de percussão, padronizado (NP EN ISO 140-7)

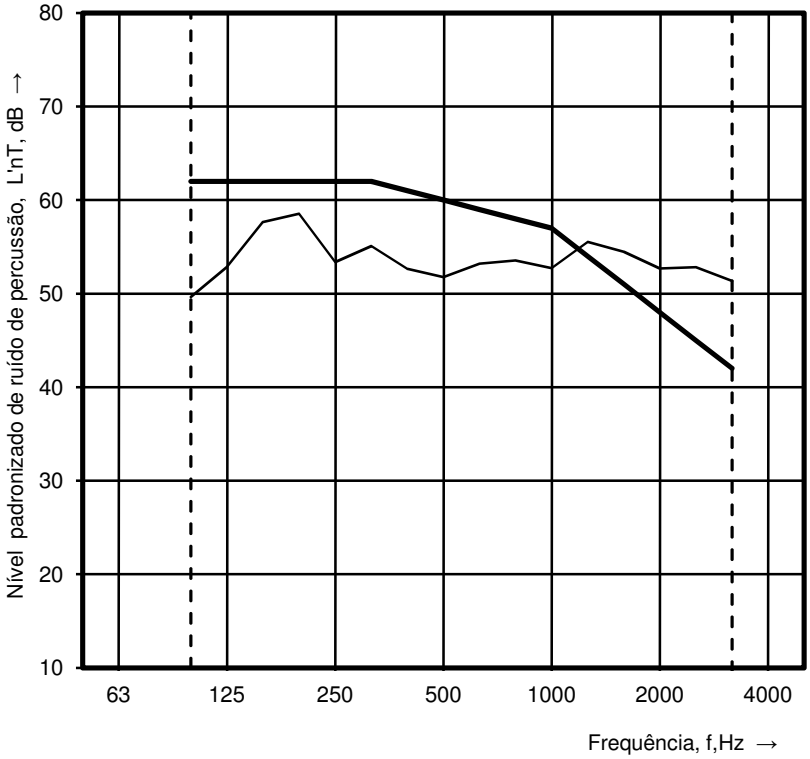
Medição, *in situ*, do isolamento sonoro a ruídos de percussão

Local do ensaio: **Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar**

Emissão: **APT. Z** Recepção: **APT. X** **Quarto B**

Volume do recinto emissor: **26 m³** Volume do recinto receptor: **26 m³**

Frequência *f* Hz	L'n (1/3 oitava) dB
50	
63	
80	
100	49.6
125	52.9
160	57.7
200	58.6
250	53.4
315	55.1
400	52.7
500	51.8
630	53.2
800	53.5
1000	52.7
1250	55.5
1600	54.5
2000	52.7
2500	52.8
3150	51.3
4000	
5000	



Frequência (Hz)	Leq (dB)		T_{rev} (s)
	L_2	L_b (som residual)	
100	52.8	14.3	1.03
125	55.4	19.0	0.89
160	59.3	39.7	0.73
200	61.3	37.2	0.95
250	56.6	25.6	1.05
315	58.8	34.1	1.19
400	56.6	31.5	1.25
500	55.8	29.4	1.27
630	57.1	21.0	1.21
800	56.8	16.6	1.06
1000	55.5	15.8	0.94
1250	58.4	15.3	0.96
1600	56.9	14.5	0.88
2000	54.7	14.0	0.80
2500	54.5	13.7	0.73
3150	53.0	12.3	0.73

Avaliação conforme a norma NP EN ISO 717-2

$L'_{n,w}$ (C_i) = **60 (-9)** dB

Determinação baseada nos resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas em 1/3 oitava.

Data: **27-11-2010** Assinatura:

Níveis de pressão sonora de percussão, padronizado (NP EN ISO 140-7)

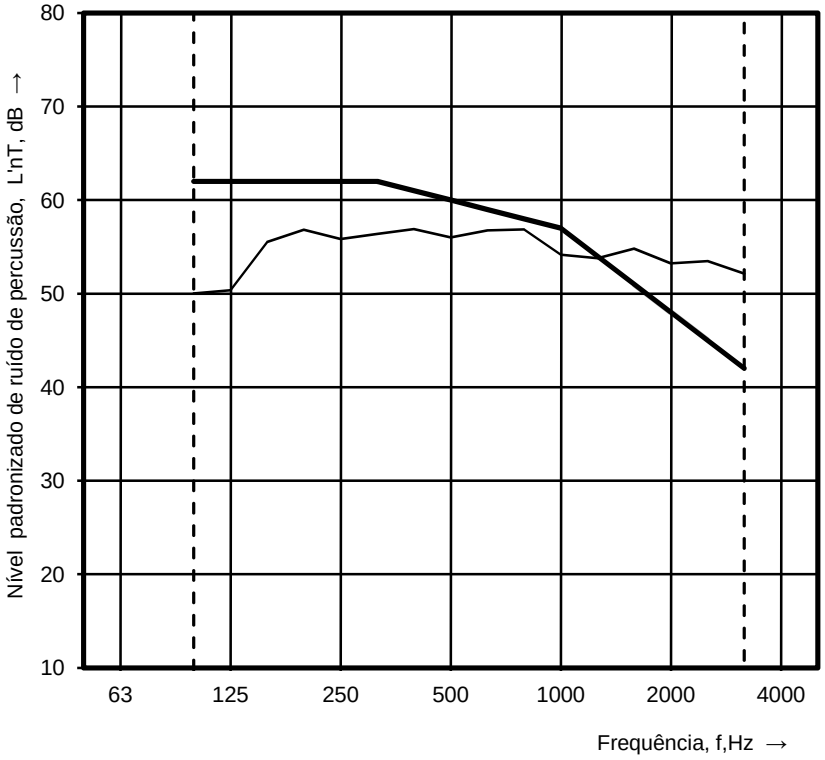
Medição, in situ, do isolamento sonoro a ruídos de percussão

Local do ensaio: **Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar**

Emissão: **APT.X** Recepção: **APT. V Quarto C**

Volume do recinto emissor: **31 m^3** Volume do recinto receptor: **31 m^3**

Frequência f Hz	L´nT (1/3 oitava) dB
50	
63	
80	
100	50.0
125	50.4
160	55.5
200	56.8
250	55.9
315	56.4
400	56.9
500	56.0
630	56.8
800	56.9
1000	54.2
1250	53.8
1600	54.8
2000	53.3
2500	53.5
3150	52.1
4000	
5000	



Frequência (Hz)	Leq (dB)		T_{rev} [s]
	L_2	L_b (som residual)	
100	53.8	22.8	1.19
125	53.7	17.2	1.08
160	58.0	20.4	0.88
200	60.2	22.9	1.08
250	59.7	20.1	1.22
315	61.4	18.5	1.58
400	61.8	18.0	1.53
500	60.4	19.9	1.38
630	61.5	18.8	1.48
800	61.2	19.9	1.36
1000	58.1	17.2	1.25
1250	57.6	13.9	1.20
1600	58.2	15.3	1.10
2000	56.0	13.3	0.94
2500	55.9	10.9	0.87
3150	54.4	9.9	0.84

Determinação conforme a norma NP EN ISO 717-2

$L_{nT,w}$ (C_i) = 60 (-8) dB

Determinação baseada nos resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ.

Data: **27-11-2010** Assinatura:

Níveis de pressão sonora de percussão, padronizado (NP EN ISO 140-7)

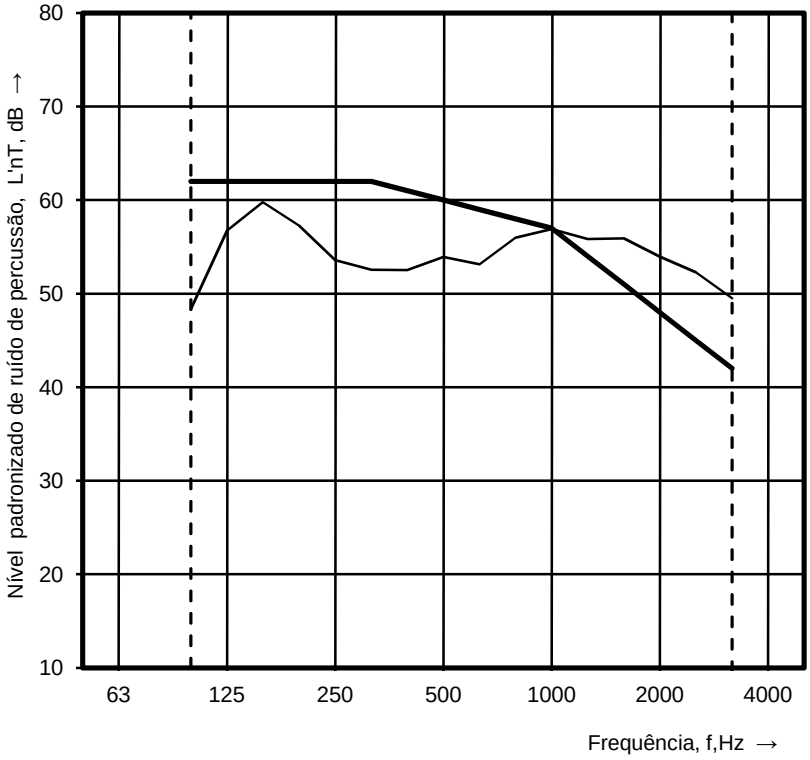
Medição, in situ, do isolamento sonoro a ruídos de percussão

Local do ensaio: **Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar**

Emissão: **APT. AB** Recepção: **APT. Z** **Quarto B**

Volume do recinto emissor: **26 m³** Volume do recinto receptor: **26 m³**

Frequência *f* Hz	L´nT (1/3 oitava) dB
50	
63	
80	
100	48.4
125	56.7
160	59.8
200	57.3
250	53.6
315	52.6
400	52.5
500	53.9
630	53.2
800	56.0
1000	56.9
1250	55.9
1600	55.9
2000	54.0
2500	52.3
3150	49.5
4000	
5000	



Frequência (Hz)	Leq (dB)		T_{rev} (s)
	L_2	L_b (som residual)	
100	50.7	19.6	0.86
125	59.3	13.0	0.90
160	62.8	17.3	0.99
200	60.6	20.8	1.07
250	56.5	16.9	0.97
315	56.1	19.0	1.13
400	56.5	17.1	1.26
500	57.7	16.6	1.20
630	56.7	16.7	1.14
800	59.1	22.5	1.02
1000	59.4	23.0	0.89
1250	58.3	19.2	0.87
1600	58.0	23.3	0.81
2000	55.8	25.8	0.76
2500	53.6	19.8	0.68
3150	50.9	19.9	0.69

Determinação conforme a norma NP EN ISO 717-2

$L_{nT,w}$ (C_i) = 60 (-8) dB

Determinação baseada nos resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ.

Data: **27-11-2010** Assinatura:

Níveis de pressão sonora de percussão, padronizado (NP EN ISO 140-7)

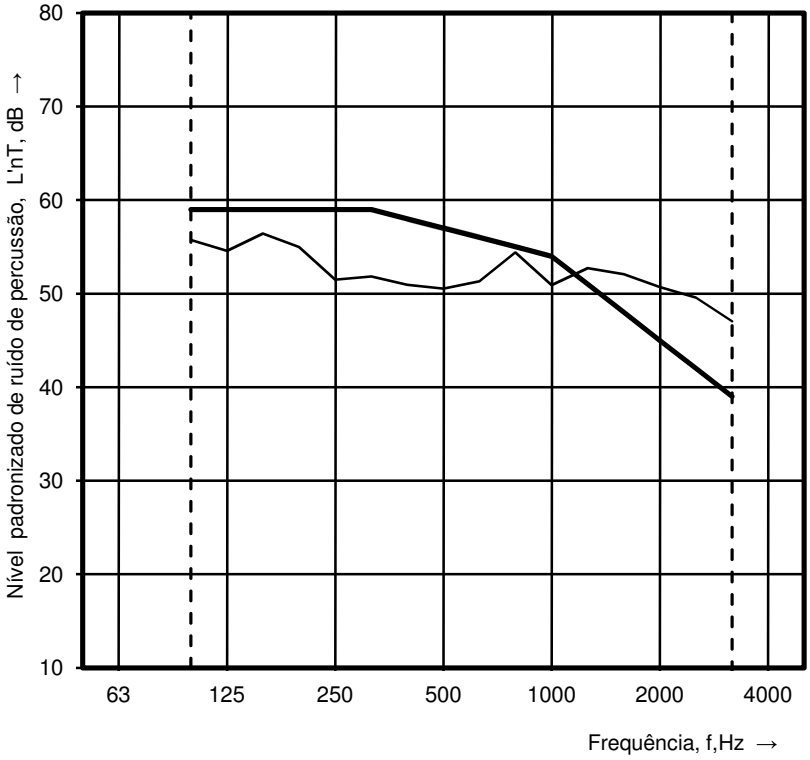
Medição, *in situ*, do isolamento sonoro a ruídos de percussão

Local do ensaio: **Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar**

Emissão: **APT. AB** Recepção: **APT. Z** **Quarto A**

Volume do recinto emissor: **41 m³** Volume do recinto receptor: **41 m³**

Frequência *f* Hz	L´n (1/3 oitava) dB
50	
63	
80	
100	55.7
125	54.6
160	56.4
200	55.0
250	51.5
315	51.8
400	50.9
500	50.5
630	51.3
800	54.4
1000	50.9
1250	52.7
1600	52.1
2000	50.7
2500	49.6
3150	47.0
4000	
5000	



Frequência (Hz)	Leq (dB)		T_{rev} (s)
	L_2	L_b (som residual)	
100	59.0	25.6	1.06
125	58.0	20.0	1.09
160	60.4	18.0	1.24
200	58.6	20.7	1.16
250	55.1	18.5	1.16
315	55.7	18.5	1.22
400	55.4	15.4	1.40
500	55.1	16.6	1.44
630	55.6	16.8	1.35
800	58.2	16.6	1.21
1000	54.8	17.3	1.21
1250	55.9	16.2	1.05
1600	55.3	17.5	1.04
2000	53.5	16.6	0.94
2500	51.6	11.9	0.79
3150	49.1	8.7	0.80

Avaliação conforme a norma NP EN ISO 717-2

$L'_{n,w}$ (C_i) = **57 (-7)** dB

Determinação baseada nos resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas em 1/3 oitava.

Data: **27-11-2010** Assinatura:

Níveis de pressão sonora de percussão, padronizado (NP EN ISO 140-7)

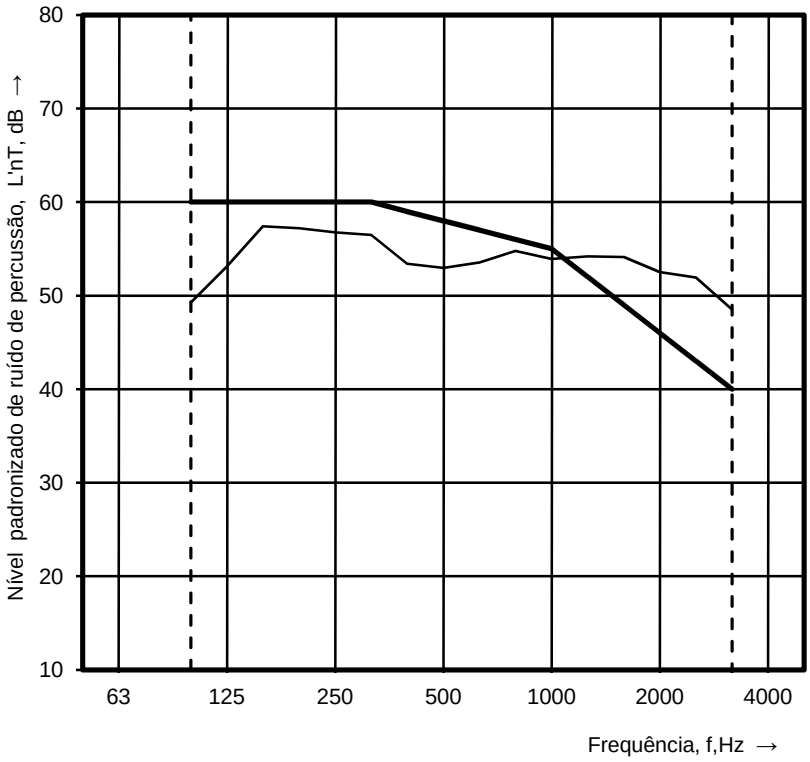
Medição, in situ, do isolamento sonoro a ruídos de percussão

Local do ensaio: **Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar**

Emissão: **APT. Y** Recepção: **APT. W** **Quarto A**

Volume do recinto emissor: **31 m³** Volume do recinto receptor: **31 m³**

Frequência *f* Hz	L´nT (1/3 oitava) dB
50	
63	
80	
100	49.3
125	53.2
160	57.4
200	57.2
250	56.8
315	56.5
400	53.4
500	53.0
630	53.6
800	54.8
1000	53.9
1250	54.2
1600	54.1
2000	52.5
2500	51.9
3150	48.5
4000	
5000	



Frequência (Hz)	Leq (dB)		T_{rev} (s)
	L_2	L_b (som residual)	
100	52.1	23.0	0.96
125	53.6	17.0	0.56
160	59.2	21.2	0.76
200	60.0	20.2	0.96
250	60.6	19.1	1.20
315	60.1	15.2	1.16
400	57.9	20.0	1.39
500	56.8	22.3	1.21
630	57.4	19.8	1.21
800	58.2	18.7	1.10
1000	56.7	17.3	0.95
1250	56.9	16.6	0.92
1600	56.4	17.6	0.84
2000	54.4	13.5	0.76
2500	53.3	7.9	0.68
3150	50.0	6.7	0.70

Determinação conforme a norma NP EN ISO 717-2

$L_{nT,w}$ (C_i) = **58 (-7)** dB

Determinação baseada nos resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ.

Data: **27-11-2010** Assinatura:

Níveis de pressão sonora de percussão, padronizado (NP EN ISO 140-7)

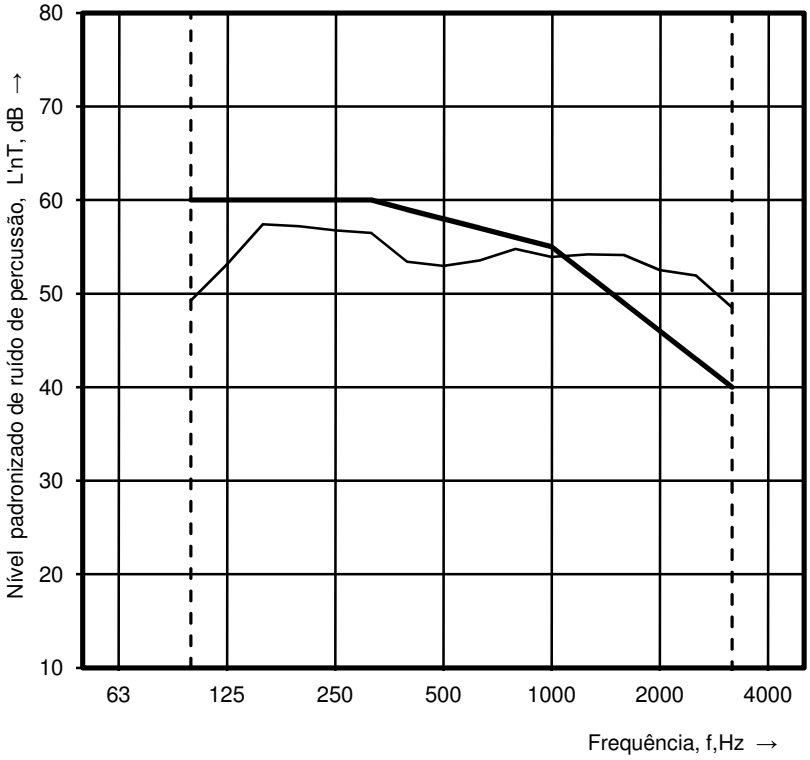
Medição, *in situ*, do isolamento sonoro a ruídos de percussão

Local do ensaio: **Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar**

Emissão: **APT. AA** Recepção: **APT. Y** **Quarto B**

Volume do recinto emissor: **38 m³** Volume do recinto receptor: **38 m³**

Frequência *f* Hz	L´n (1/3 oitava) dB
50	
63	
80	
100	49.3
125	53.2
160	57.4
200	57.2
250	56.8
315	56.5
400	53.4
500	53.0
630	53.6
800	54.8
1000	53.9
1250	54.2
1600	54.1
2000	52.5
2500	51.9
3150	48.5
4000	
5000	



Frequência (Hz)	Leq (dB)		T_{rev} (s)
	L_2	L_b (som residual)	
100	52.1	23.0	0.96
125	53.6	17.0	0.56
160	59.2	21.2	0.76
200	60.0	20.2	0.96
250	60.6	19.1	1.20
315	60.1	15.2	1.16
400	57.9	20.0	1.39
500	56.8	22.3	1.21
630	57.4	19.8	1.21
800	58.2	18.7	1.10
1000	56.7	17.3	0.95
1250	56.9	16.6	0.92
1600	56.4	17.6	0.84
2000	54.4	13.5	0.76
2500	53.3	7.9	0.68
3150	50.0	6.7	0.70

Avaliação conforme a norma NP EN ISO 717-2

$L'_{n,w}$ (C_i) = **58 (-7)** dB

Determinação baseada nos resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas em 1/3 oitava.

Data: **27-11-2010** Assinatura:

Níveis de pressão sonora de percussão, padronizado (NP EN ISO 140-7)

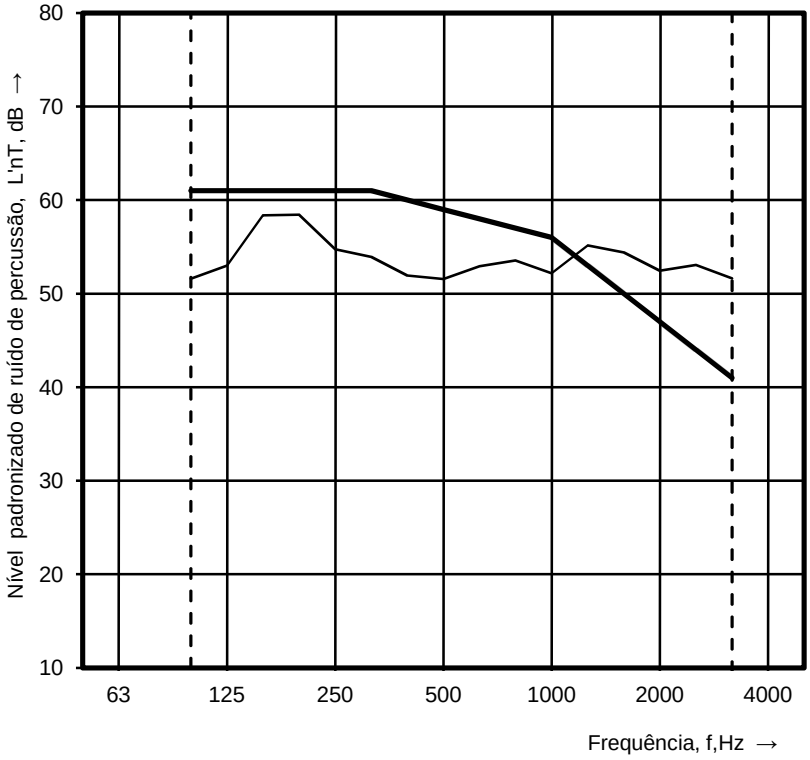
Medição, in situ, do isolamento sonoro a ruídos de percussão

Local do ensaio: **Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar**

Emissão: **APT.W** Recepção: **APT. U** **Quarto B**

Volume do recinto emissor: **38 m³** Volume do recinto receptor: **38 m³**

Frequência *f* Hz	L´nT (1/3 oitava) dB
50	
63	
80	
100	51.6
125	53.0
160	58.4
200	58.4
250	54.8
315	53.9
400	51.9
500	51.6
630	52.9
800	53.5
1000	52.2
1250	55.2
1600	54.4
2000	52.4
2500	53.1
3150	51.6
4000	
5000	



Frequência (Hz)	Leq (dB)		T_{rev} (s)
	L_2	L_b (som residual)	
100	54.6	16.9	1.00
125	56.1	15.0	1.02
160	61.4	19.3	1.00
200	61.4	22.8	0.99
250	58.1	21.9	1.08
315	58.1	16.9	1.31
400	56.8	18.6	1.52
500	56.0	17.2	1.40
630	57.0	15.7	1.27
800	57.6	19.5	1.27
1000	56.0	13.4	1.20
1250	58.7	12.9	1.14
1600	57.6	14.2	1.05
2000	55.3	11.8	0.96
2500	55.2	9.1	0.82
3150	53.9	7.8	0.84

Determinação conforme a norma NP EN ISO 717-2

$L_{nT,w}$ (C_i) = 59 (-8) dB

Determinação baseada nos resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ.

Data: **27-11-2010** Assinatura:

Níveis de pressão sonora de percussão, padronizado (NP EN ISO 140-7)

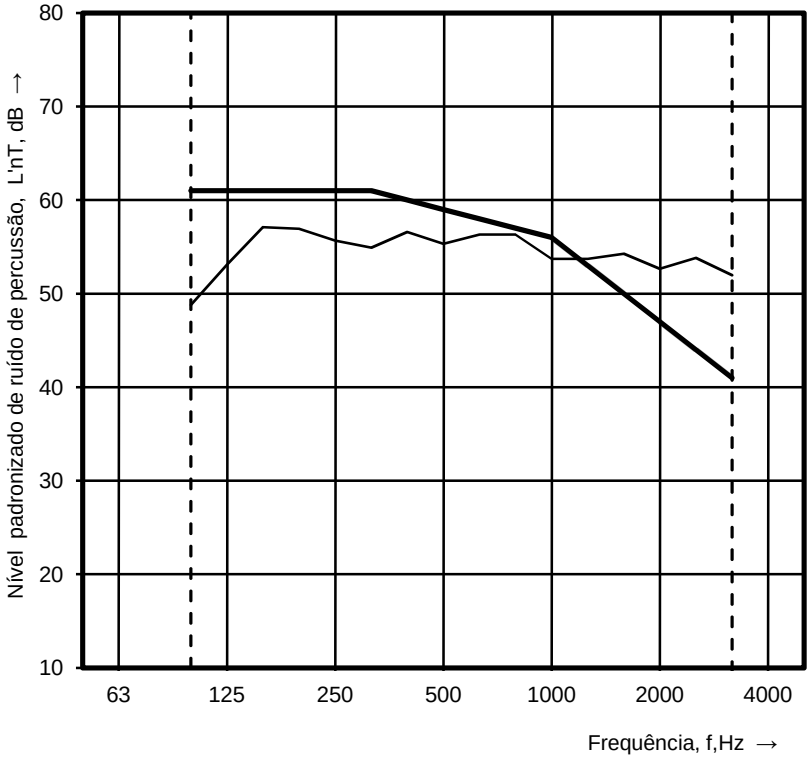
Medição, in situ, do isolamento sonoro a ruídos de percussão

Local do ensaio: **Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar**

Emissão: **APT. AD** Recepção: **APT. AB Quarto C**

Volume do recinto emissor: **31 m³** Volume do recinto receptor: **31 m³**

Frequência *f* Hz	L´nT (1/3 oitava) dB
50	
63	
80	
100	48.8
125	53.1
160	57.1
200	56.9
250	55.7
315	54.9
400	56.6
500	55.3
630	56.3
800	56.3
1000	53.7
1250	53.7
1600	54.3
2000	52.6
2500	53.8
3150	52.0
4000	
5000	



Frequência (Hz)	Leq (dB)		T_{rev} [s]
	L_2	L_b (som residual)	
100	53.1	15.8	1.36
125	56.0	13.5	0.97
160	59.5	19.2	0.86
200	60.8	18.8	1.21
250	59.8	16.2	1.28
315	59.6	13.3	1.45
400	61.4	16.6	1.52
500	60.1	17.8	1.51
630	60.9	16.7	1.43
800	60.7	15.5	1.37
1000	57.8	14.8	1.28
1250	57.5	14.6	1.20
1600	57.6	15.7	1.07
2000	55.5	13.8	0.96
2500	56.1	9.2	0.84
3150	54.5	7.3	0.89

Determinação conforme a norma NP EN ISO 717-2

$L_{nT,w}$ (C_i) = 59 (-7) dB

Determinação baseada nos resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ.

Data: **27-11-2010** Assinatura:

Níveis de pressão sonora de percussão, padronizado (NP EN ISO 140-7)

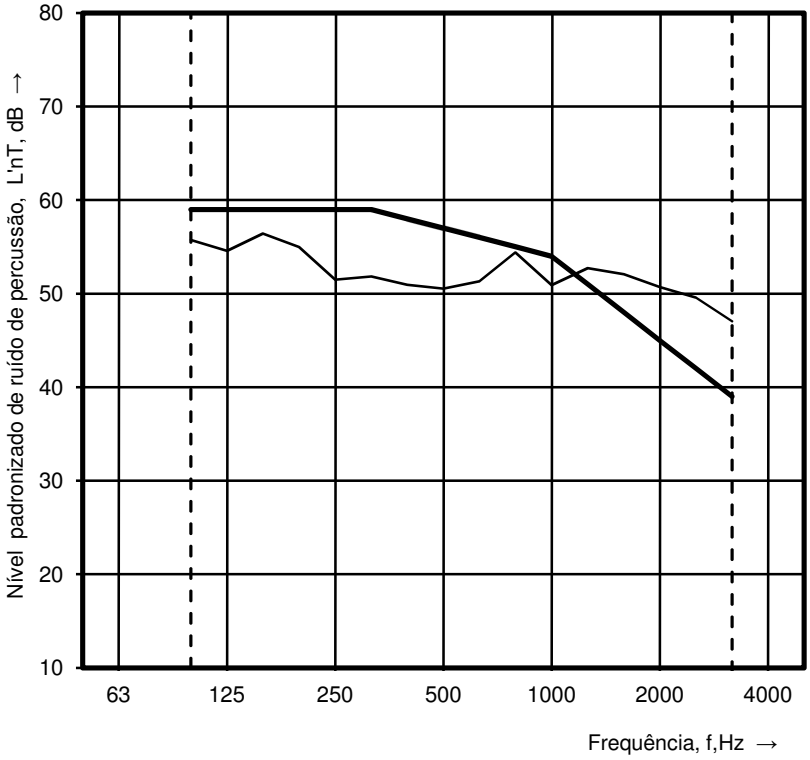
Medição, *in situ*, do isolamento sonoro a ruídos de percussão

Local do ensaio: **Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar**

Emissão: **APT. Z** Recepção: **APT. X** **Quarto C**

Volume do recinto emissor: **31 m³** Volume do recinto receptor: **31 m³**

Frequência *f* Hz	L´n (1/3 oitava) dB
50	
63	
80	
100	55.7
125	54.6
160	56.4
200	55.0
250	51.5
315	51.8
400	50.9
500	50.5
630	51.3
800	54.4
1000	50.9
1250	52.7
1600	52.1
2000	50.7
2500	49.6
3150	47.0
4000	
5000	



Frequência (Hz)	Leq (dB)		T_{rev} (s)
	L_2	L_b (som residual)	
100	59.0	25.6	1.06
125	58.0	20.0	1.09
160	60.4	18.0	1.24
200	58.6	20.7	1.16
250	55.1	18.5	1.16
315	55.7	18.5	1.22
400	55.4	15.4	1.40
500	55.1	16.6	1.44
630	55.6	16.8	1.35
800	58.2	16.6	1.21
1000	54.8	17.3	1.21
1250	55.9	16.2	1.05
1600	55.3	17.5	1.04
2000	53.5	16.6	0.94
2500	51.6	11.9	0.79
3150	49.1	8.7	0.80

Avaliação conforme a norma NP EN ISO 717-2

$L'_{n,w}$ (C_i) = **57 (-7)** dB

Determinação baseada nos resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas em 1/3 oitava.

Data: **27-11-2010** Assinatura:

Níveis de pressão sonora de percussão, padronizado (NP EN ISO 140-7)

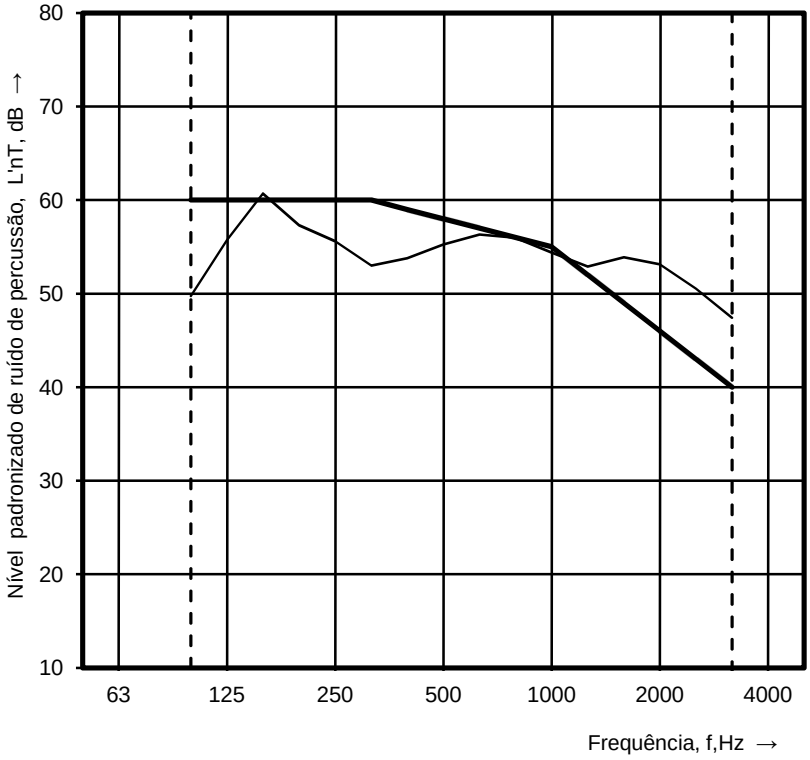
Medição, in situ, do isolamento sonoro a ruídos de percussão

Local do ensaio: **Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar**

Emissão: **APT. X** Recepção: **APT. V** **Quarto B**

Volume do recinto emissor: **26 m³** Volume do recinto receptor: **26 m³**

Frequência *f* Hz	L´nT (1/3 oitava) dB
50	
63	
80	
100	49.7
125	55.8
160	60.7
200	57.3
250	55.6
315	53.0
400	53.8
500	55.3
630	56.3
800	56.0
1000	54.4
1250	52.9
1600	53.9
2000	53.1
2500	50.6
3150	47.4
4000	
5000	



Frequência (Hz)	Leq (dB)		T_{rev} (s)
	L_2	L_b (som residual)	
100	55.2	22.5	1.76
125	58.9	20.5	1.02
160	64.1	20.5	1.10
200	61.3	23.2	1.26
250	59.1	21.5	1.12
315	57.1	20.1	1.29
400	58.1	17.3	1.35
500	59.7	17.7	1.39
630	60.5	17.2	1.30
800	59.8	17.3	1.22
1000	58.1	17.8	1.17
1250	56.5	17.9	1.14
1600	57.1	20.7	1.04
2000	56.0	19.8	0.97
2500	53.0	16.7	0.88
3150	49.9	13.0	0.89

Determinação conforme a norma NP EN ISO 717-2

$L_{nT,w}$ (C_i) = **58 (-6)** dB

Determinação baseada nos resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ.

Data: **27-11-2010** Assinatura:

Níveis de pressão sonora de percussão, padronizado (NP EN ISO 140-7)

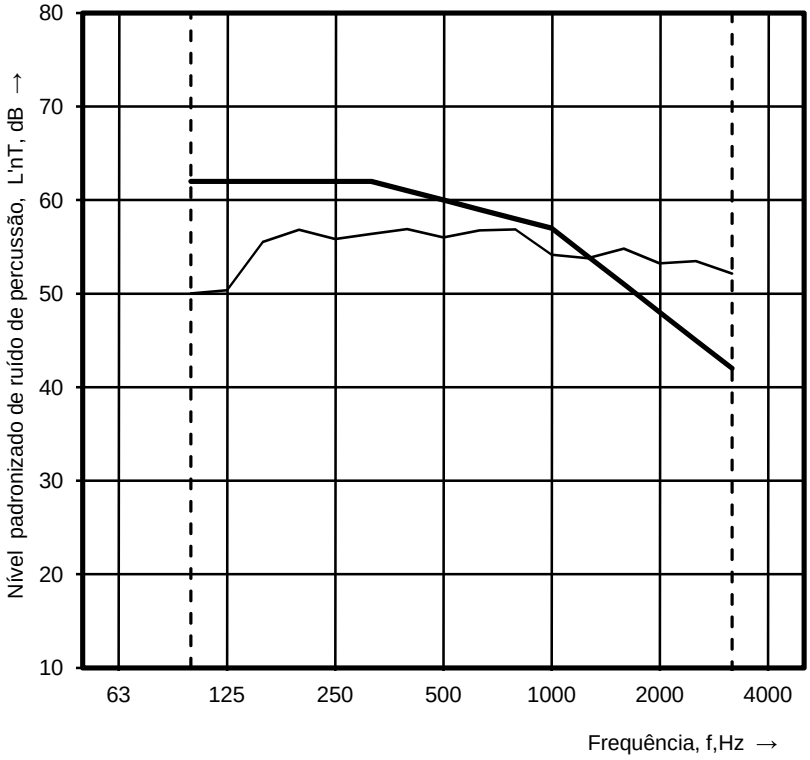
Medição, in situ, do isolamento sonoro a ruídos de percussão

Local do ensaio: **Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar**

Emissão: **APT. AB** Recepção: **APT. Z** **Quarto C**

Volume do recinto emissor: **31 m³** Volume do recinto receptor: **31 m³**

Frequência *f* Hz	L´nT (1/3 oitava) dB
50	
63	
80	
100	50.0
125	50.4
160	55.5
200	56.8
250	55.9
315	56.4
400	56.9
500	56.0
630	56.8
800	56.9
1000	54.2
1250	53.8
1600	54.8
2000	53.3
2500	53.5
3150	52.1
4000	
5000	



Frequência (Hz)	Leq (dB)		T_{rev} (s)
	L_2	L_b (som residual)	
100	53.8	22.8	1.19
125	53.7	17.2	1.08
160	58.0	20.4	0.88
200	60.2	22.9	1.08
250	59.7	20.1	1.22
315	61.4	18.5	1.58
400	61.8	18.0	1.53
500	60.4	19.9	1.38
630	61.5	18.8	1.48
800	61.2	19.9	1.36
1000	58.1	17.2	1.25
1250	57.6	13.9	1.20
1600	58.2	15.3	1.10
2000	56.0	13.3	0.94
2500	55.9	10.9	0.87
3150	54.4	9.9	0.84

Determinação conforme a norma NP EN ISO 717-2

$L_{nT,w}$ (C_i) = 60 (-8) dB

Determinação baseada nos resultados obtidos por meio de um método de engenharia, com medições realizadas in situ.

Data: **27-11-2010** Assinatura:

ANEXOS B

Resultado das Incertezas Associadas a cada Ensaio de Isolamento Sonoro a Ruídos de Percussão

LOCAL DO ENSAIO: Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar

DATA DO ENSAIO: 27-11-2010

ELEMENTO AVALIADO: Laje **APARTAMENTO:** AA **QUARTO:** A

Componentes de Incerteza

		Frequência (Hz)															
		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	100	1250	1600	2000	2500	3150
L_2 (dB)	$q = L_2$ médio	53,79	53,71	57,99	60,17	59,72	61,39	61,75	60,43	61,48	61,20	58,14	57,59	58,24	55,99	55,87	54,38
	$u(x_i)$	1,74	2,63	0,93	1,04	1,23	1,17	2,35	1,85	2,23	1,30	0,78	0,47	0,84	0,82	1,21	1,83
	c_i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	$U_c(y)$	1,74	2,63	0,93	1,04	1,23	1,17	2,35	1,85	2,23	1,30	0,78	0,47	0,84	0,82	1,21	1,83
T_{30} (s)	T_{30} médio	1,23	1,07	1,08	1,10	1,28	1,47	1,47	1,46	1,44	1,35	1,27	1,21	1,11	0,96	0,90	0,91
	σ	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
	$u(x_i)$	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
	c_i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	$U_c(y)$	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01

	Sonómetro		Calibrador				Erro de arredondamento (dB)
	Classe de exactidão (dB)	Resolução (dB)	Influência Temperatura (dB/ºC)	Influência Pressão Atmosférica (dB/hPa)	Influência Humidade Relativa (dB/%Hr)	Calibração (1000Hz) (dB)	
u(xi)	3,50E-01	5,77E-02	1,15E-01	1,15E-01	1,15E-01	2,00E-01	2,89E-02
c_i	1	1	1,50E-03	8,00E-05	1,00E-03	1	1
$U_c(y)$	3,50E-01	5,77E-02	1,73E-04	9,24E-06	1,15E-04	2,00E-01	2,89E-02

L'_{nT}

	Frequência (Hz)															
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	100	1250	1600	2000	2500	3150
$U_c(y)$ total (dB)	1,80	2,67	1,04	1,13	1,30	1,24	2,39	1,89	2,27	1,37	0,88	0,63	0,94	0,92	1,28	1,88
K	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Incerteza expandida (U) -L'_{nT} (dB)	**3,59**	**5,34**	**2,07**	**2,26**	**2,61**	**2,49**	**4,78**	**3,79**	**4,54**	**2,74**	**1,77**	**1,26**	**1,88**	**1,83**	**2,56**	**3,75**

Resultado das Incertezas Associadas a cada Ensaio de Isolamento Sonoro a Ruídos de Percussão

LOCAL DO ENSAIO: Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar

DATA DO ENSAIO: 27-11-2010

ELEMENTO AVALIADO: Laje **APARTAMENTO:** AB **QUARTO:** B

Componentes de Incerteza

		Frequência (Hz)															
		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	100	1250	1600	2000	2500	3150
L_2 (dB)	$q = L_2$ médio	51,22	56,03	61,11	59,41	58,29	55,09	56,07	55,77	55,24	56,02	55,19	57,63	53,61	53,71	53,25	51,40
	$u(x_i)$	1,91	0,66	1,31	1,24	0,84	0,44	0,56	0,80	0,17	0,42	0,52	0,19	0,26	0,14	0,22	0,29
	c_i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	$U_c(y)$	1,91	0,66	1,31	1,24	0,84	0,44	0,56	0,80	0,17	0,42	0,52	0,19	0,26	0,14	0,22	0,29
T_{30} (s)	T_{30} médio	0,91	0,76	0,75	0,73	0,95	1,04	1,10	1,07	1,05	0,98	0,89	0,86	0,82	0,74	0,66	0,69
	σ	0,05	0,04	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
	$u(x_i)$	0,05	0,04	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
	c_i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	$U_c(y)$	0,05	0,04	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01

	Sonómetro		Calibrador				Erro de arredondamento (dB)
	Classe de exactidão (dB)	Resolução (dB)	Influência Temperatura (dB/ºC)	Influência Pressão Atmosférica (dB/hPa)	Influência Humidade Relativa (dB/%Hr)	Calibração (1000Hz) (dB)	
u(xi)	3,50E-01	5,77E-02	1,15E-01	1,15E-01	1,15E-01	2,00E-01	2,89E-02
c_i	1	1	1,50E-03	8,00E-05	1,00E-03	1	1
$U_c(y)$	3,50E-01	5,77E-02	1,73E-04	9,24E-06	1,15E-04	2,00E-01	2,89E-02

L'_{nT}

	Frequência (Hz)															
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	100	1250	1600	2000	2500	3150
$U_c(y)$ total (dB)	1,97	0,82	1,39	1,32	0,95	0,62	0,70	0,90	0,45	0,59	0,67	0,46	0,49	0,44	0,47	0,51
K	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Incerteza expandida (U) -L'_{nT} (dB)	**3,94**	**1,63**	**2,77**	**2,64**	**1,90**	**1,24**	**1,40**	**1,81**	**0,90**	**1,19**	**1,34**	**0,91**	**0,98**	**0,88**	**0,93**	**1,01**

Resultado das Incertezas Associadas a cada Ensaio de Isolamento Sonoro a Ruídos de Percussão

LOCAL DO ENSAIO: Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar

DATA DO ENSAIO: 27-11-2010

ELEMENTO AVALIADO: Laje **APARTAMENTO:** AC **QUARTO:** A

Componentes de Incerteza

		Frequência (Hz)															
		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	100	1250	1600	2000	2500	3150
L_2 (dB)	$q = L_2$ médio	53,79	57,25	62,75	62,67	59,06	58,53	57,17	57,51	57,93	58,39	56,68	56,76	56,76	54,37	53,42	49,73
	$u(x_i)$	0,81	1,13	1,59	0,77	0,67	0,28	0,41	0,34	0,42	0,30	0,19	0,23	0,57	0,82	0,75	0,97
	c_i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	$U_c(y)$	0,81	1,13	1,59	0,77	0,67	0,28	0,41	0,34	0,42	0,30	0,19	0,23	0,57	0,82	0,75	0,97
T_{30} (s)	T_{30} médio	0,83	0,61	0,72	1,01	1,09	1,09	1,32	1,27	1,17	1,09	0,97	0,86	0,85	0,79	0,67	0,67
	σ	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
	$u(x_i)$	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
	c_i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	$U_c(y)$	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01

	Sonómetro		Calibrador				Erro de arredondamento (dB)
	Classe de exactidão (dB)	Resolução (dB)	Influência Temperatura (dB/ºC)	Influência Pressão Atmosférica (dB/hPa)	Influência Humidade Relativa (dB/%Hr)	Calibração (1000Hz) (dB)	
u(xi)	3,50E-01	5,77E-02	1,15E-01	1,15E-01	1,15E-01	2,00E-01	2,89E-02
c_i	1	1	1,50E-03	8,00E-05	1,00E-03	1	1
$U_c(y)$	3,50E-01	5,77E-02	1,73E-04	9,24E-06	1,15E-04	2,00E-01	2,89E-02

L'_{nT}

	Frequência (Hz)															
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	100	1250	1600	2000	2500	3150
$U_c(y)$ total (dB)	0,94	1,24	1,66	0,89	0,80	0,51	0,59	0,54	0,59	0,51	0,46	0,48	0,70	0,92	0,85	1,06
K	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Incerteza expandida (U) -L'_{nT} (dB)	**1,89**	**2,47**	**3,32**	**1,78**	**1,60**	**1,02**	**1,18**	**1,08**	**1,18**	**1,02**	**0,92**	**0,95**	**1,40**	**1,84**	**1,71**	**2,12**

Resultado das Incertezas Associadas a cada Ensaio de Isolamento Sonoro a Ruídos de Percussão

LOCAL DO ENSAIO: Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar

DATA DO ENSAIO: 27-11-2010

ELEMENTO AVALIADO: Laje **APARTAMENTO:** AC **QUARTO:** B

Componentes de Incerteza

		Frequência (Hz)															
		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	100	1250	1600	2000	2500	3150
L_2 (dB)	$q = L_2$ médio	52,74	58,26	60,14	59,75	61,21	61,03	61,93	61,13	62,05	61,48	58,48	57,44	58,11	55,74	55,55	53,91
	$u(x_i)$	0,70	1,30	0,95	1,38	0,68	0,53	0,34	0,61	0,54	0,26	0,31	0,23	0,14	0,23	0,37	0,55
	c_i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	$U_c(y)$	0,70	1,30	0,95	1,38	0,68	0,53	0,34	0,61	0,54	0,26	0,31	0,23	0,14	0,23	0,37	0,55
T_{30} (s)	T_{30} médio	1,60	0,96	0,93	1,01	1,38	1,35	1,66	1,56	1,43	1,33	1,28	1,18	1,06	0,96	0,83	0,88
	σ	0,07	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
	$u(x_i)$	0,07	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
	c_i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	$U_c(y)$	0,07	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01

	Sonómetro		Calibrador				Erro de arredondamento (dB)
	Classe de exactidão (dB)	Resolução (dB)	Influência Temperatura (dB/ºC)	Influência Pressão Atmosférica (dB/hPa)	Influência Humidade Relativa (dB/%Hr)	Calibração (1000Hz) (dB)	
u(xi)	3,50E-01	5,77E-02	1,15E-01	1,15E-01	1,15E-01	2,00E-01	2,89E-02
c_i	1	1	1,50E-03	8,00E-05	1,00E-03	1	1
$U_c(y)$	3,50E-01	5,77E-02	1,73E-04	9,24E-06	1,15E-04	2,00E-01	2,89E-02

L'_{nT}

	Frequência (Hz)															
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	100	1250	1600	2000	2500	3150
$U_c(y)$ total (dB)	0,84	1,38	1,05	1,45	0,80	0,68	0,54	0,74	0,68	0,49	0,52	0,47	0,44	0,47	0,55	0,69
K	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Incerteza expandida (U) -L'_{nT} (dB)	**1,67**	**2,76**	**2,11**	**2,91**	**1,61**	**1,36**	**1,08**	**1,47**	**1,37**	**0,98**	**1,04**	**0,95**	**0,87**	**0,95**	**1,11**	**1,38**

Resultado das Incertezas Associadas a cada Ensaio de Isolamento Sonoro a Ruídos de Percussão

LOCAL DO ENSAIO: Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar

DATA DO ENSAIO: 27-11-2010

ELEMENTO AVALIADO: Laje **APARTAMENTO:** AD **QUARTO:** A

Componentes de Incerteza

		Frequência (Hz)															
		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	100	1250	1600	2000	2500	3150
L_2 (dB)	$q = L_2$ médio	56,74	57,67	62,70	64,79	60,60	61,34	59,66	57,10	59,32	60,13	56,06	55,94	56,23	54,14	53,02	48,88
	$u(x_i)$	1,49	1,15	0,97	1,67	0,99	1,65	0,97	0,59	0,64	0,22	0,25	0,36	0,32	0,46	0,90	1,23
	c_i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	$U_c(y)$	1,49	1,15	0,97	1,67	0,99	1,65	0,97	0,59	0,64	0,22	0,25	0,36	0,32	0,46	0,90	1,23
T_{30} (s)	T_{30} médio	1,61	1,10	0,93	1,19	1,31	1,39	1,61	1,58	1,46	1,34	1,31	1,14	1,07	0,93	0,81	0,85
	σ	0,07	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
	$u(x_i)$	0,07	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
	c_i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	$U_c(y)$	0,07	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01

	Sonómetro		Calibrador				Erro de arredondamento (dB)
	Classe de exactidão (dB)	Resolução (dB)	Influência Temperatura (dB/ºC)	Influência Pressão Atmosférica (dB/hPa)	Influência Humidade Relativa (dB/%Hr)	Calibração (1000Hz) (dB)	
u(xi)	3,50E-01	5,77E-02	1,15E-01	1,15E-01	1,15E-01	2,00E-01	2,89E-02
c_i	1	1	1,50E-03	8,00E-05	1,00E-03	1	1
$U_c(y)$	3,50E-01	5,77E-02	1,73E-04	9,24E-06	1,15E-04	2,00E-01	2,89E-02

L'_{nT}

	Frequência (Hz)															
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	100	1250	1600	2000	2500	3150
$U_c(y)$ total (dB)	1,55	1,24	1,07	1,72	1,08	1,70	1,06	0,72	0,76	0,47	0,49	0,55	0,52	0,62	0,99	1,30
K	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Incerteza expandida (U) -L'_{nT} (dB)	**3,11**	**2,48**	**2,15**	**3,45**	**2,16**	**3,40**	**2,11**	**1,45**	**1,52**	**0,94**	**0,97**	**1,09**	**1,05**	**1,24**	**1,98**	**2,60**

Resultado das Incertezas Associadas a cada Ensaio de Isolamento Sonoro a Ruídos de Percussão

LOCAL DO ENSAIO: Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar

DATA DO ENSAIO: 27-11-2010

ELEMENTO AVALIADO: Laje **APARTAMENTO:** AD **QUARTO:** B

Componentes de Incerteza

		Frequência (Hz)															
		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	100	1250	1600	2000	2500	3150
L_2 (dB)	$q = L_2$ médio	48,71	53,08	60,38	62,10	58,93	56,41	56,44	55,14	55,01	57,53	54,85	55,84	54,26	53,56	54,24	51,36
	$u(x_i)$	0,88	0,80	0,93	1,09	0,69	0,71	0,64	0,68	0,53	0,27	0,32	0,26	0,37	0,48	0,40	0,59
	c_i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	$U_c(y)$	0,88	0,80	0,93	1,09	0,69	0,71	0,64	0,68	0,53	0,27	0,32	0,26	0,37	0,48	0,40	0,59
T_{30} (s)	T_{30} médio	0,94	0,85	0,64	0,89	1,05	1,44	1,35	1,21	1,17	1,12	0,99	0,94	0,88	0,78	0,69	0,71
	σ	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
	$u(x_i)$	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
	c_i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	$U_c(y)$	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01

	Sonómetro		Calibrador				Erro de arredondamento (dB)
	Classe de exactidão (dB)	Resolução (dB)	Influência Temperatura (dB/ºC)	Influência Pressão Atmosférica (dB/hPa)	Influência Humidade Relativa (dB/%Hr)	Calibração (1000Hz) (dB)	
u(xi)	3,50E-01	5,77E-02	1,15E-01	1,15E-01	1,15E-01	2,00E-01	2,89E-02
c_i	1	1	1,50E-03	8,00E-05	1,00E-03	1	1
$U_c(y)$	3,50E-01	5,77E-02	1,73E-04	9,24E-06	1,15E-04	2,00E-01	2,89E-02

L'_{nT}

	Frequência (Hz)															
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	100	1250	1600	2000	2500	3150
$U_c(y)$ total (dB)	1,01	0,93	1,04	1,18	0,82	0,83	0,77	0,80	0,68	0,50	0,52	0,49	0,55	0,63	0,57	0,72
K	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Incerteza expandida (U) -L'_{nT} (dB)	**2,01**	**1,86**	**2,08**	**2,36**	**1,63**	**1,66**	**1,53**	**1,61**	**1,36**	**1,00**	**1,05**	**0,98**	**1,11**	**1,27**	**1,14**	**1,43**

Resultado das Incertezas Associadas a cada Ensaio de Isolamento Sonoro a Ruídos de Percussão

LOCAL DO ENSAIO: Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar

DATA DO ENSAIO: 27-11-2010

ELEMENTO AVALIADO: Laje **APARTAMENTO:** U **QUARTO:** A

Componentes de Incerteza

		Frequência (Hz)															
		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	100	1250	1600	2000	2500	3150
L_2 (dB)	$q = L_2$ médio	48,71	53,08	60,38	62,10	58,93	56,41	56,44	55,14	55,01	57,53	54,85	55,84	54,26	53,56	54,24	51,36
	$u(x_i)$	3,85	2,68	2,05	0,72	1,04	1,01	1,15	1,26	1,40	0,67	0,38	0,39	1,29	0,76	0,33	0,51
	c_i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	$U_c(y)$	3,85	2,68	2,05	0,72	1,04	1,01	1,15	1,26	1,40	0,67	0,38	0,39	1,29	0,76	0,33	0,51
T_{30} (s)	T_{30} médio	0,94	0,85	0,64	0,89	1,05	1,44	1,35	1,21	1,17	1,12	0,99	0,94	0,88	0,78	0,69	0,71
	σ	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
	$u(x_i)$	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
	c_i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	$U_c(y)$	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01

	Sonómetro		Calibrador				Erro de arredondamento (dB)
	Classe de exactidão (dB)	Resolução (dB)	Influência Temperatura (dB/ºC)	Influência Pressão Atmosférica (dB/hPa)	Influência Humidade Relativa (dB/%Hr)	Calibração (1000Hz) (dB)	
u(xi)	3,50E-01	5,77E-02	1,15E-01	1,15E-01	1,15E-01	2,00E-01	2,89E-02
c_i	1	1	1,50E-03	8,00E-05	1,00E-03	1	1
$U_c(y)$	3,50E-01	5,77E-02	1,73E-04	9,24E-06	1,15E-04	2,00E-01	2,89E-02

L'_{nT}

	Frequência (Hz)															
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	100	1250	1600	2000	2500	3150
$U_c(y)$ total (dB)	3,88	2,72	2,10	0,85	1,12	1,10	1,23	1,33	1,46	0,79	0,57	0,57	1,36	0,87	0,53	0,65
K	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Incerteza expandida (U) -L'_{nT} (dB)	**7,75**	**5,44**	**4,21**	**1,70**	**2,25**	**2,19**	**2,45**	**2,66**	**2,91**	**1,58**	**1,13**	**1,13**	**2,72**	**1,73**	**1,06**	**1,31**

Resultado das Incertezas Associadas a cada Ensaio de Isolamento Sonoro a Ruídos de Percussão

LOCAL DO ENSAIO: Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar

DATA DO ENSAIO: 27-11-2010

ELEMENTO AVALIADO: Laje **APARTAMENTO:** W **QUARTO:** A

Componentes de Incerteza

		Frequência (Hz)															
		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	100	1250	1600	2000	2500	3150
L_2 (dB)	$q = L_2$ médio	53,33	61,95	58,86	57,54	56,84	61,29	62,98	62,05	60,72	60,87	57,91	56,92	57,58	55,02	54,24	52,37
	$u(x_i)$	1,08	0,80	0,78	0,56	0,55	0,57	0,55	0,77	0,19	0,21	0,21	0,22	0,29	0,32	0,25	0,17
	c_i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	$U_c(y)$	1,08	0,80	0,78	0,56	0,55	0,57	0,55	0,77	0,19	0,21	0,21	0,22	0,29	0,32	0,25	0,17
T_{30} (s)	T_{30} médio	1,00	0,73	0,84	1,04	1,05	1,11	1,36	1,28	1,18	1,08	0,97	0,92	0,88	0,82	0,69	0,72
	σ	0,10	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01
	$u(x_i)$	0,10	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01
	c_i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	$U_c(y)$	0,10	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01

	Sonómetro		Calibrador				Erro de arredondamento (dB)
	Classe de exactidão (dB)	Resolução (dB)	Influência Temperatura (dB/ºC)	Influência Pressão Atmosférica (dB/hPa)	Influência Humidade Relativa (dB/%Hr)	Calibração (1000Hz) (dB)	
u(xi)	3,50E-01	5,77E-02	1,15E-01	1,15E-01	1,15E-01	2,00E-01	2,89E-02
c_i	1	1	1,50E-03	8,00E-05	1,00E-03	1	1
$U_c(y)$	3,50E-01	5,77E-02	1,73E-04	9,24E-06	1,15E-04	2,00E-01	2,89E-02

L'_{nT}

	Frequência (Hz)															
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	100	1250	1600	2000	2500	3150
$U_c(y)$ total (dB)	1,23	0,99	0,95	0,75	0,73	0,74	0,71	0,89	0,48	0,48	0,48	0,48	0,51	0,53	0,49	0,45
K	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Incerteza expandida (U) -L'_{nT} (dB)	**2,45**	**1,99**	**1,90**	**1,50**	**1,46**	**1,47**	**1,42**	**1,78**	**0,95**	**0,96**	**0,96**	**0,96**	**1,03**	**1,06**	**0,98**	**0,90**

Resultado das Incertezas Associadas a cada Ensaio de Isolamento Sonoro a Ruídos de Percussão

LOCAL DO ENSAIO: Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar

DATA DO ENSAIO: 27-11-2010

ELEMENTO AVALIADO: Laje **APARTAMENTO:** X **QUARTO:** A

Componentes de Incerteza

		Frequência (Hz)															
		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	100	1250	1600	2000	2500	3150
L_2 (dB)	$q = L_2$ médio	56,05	56,76	62,33	61,94	58,19	55,27	57,07	57,13	56,71	57,36	55,55	55,82	55,45	54,30	56,19	54,40
	$u(x_i)$	1,63	1,42	0,62	0,95	0,33	0,40	0,42	0,64	0,48	0,20	0,35	0,33	0,15	0,16	0,31	0,43
	c_i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	$U_c(y)$	1,63	1,42	0,62	0,95	0,33	0,40	0,42	0,64	0,48	0,20	0,35	0,33	0,15	0,16	0,31	0,43
T_{30} (s)	T_{30} médio	0,99	1,05	1,16	1,12	1,07	1,35	1,44	1,49	1,44	1,29	1,23	1,16	1,06	0,92	0,79	0,81
	σ	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
	$u(x_i)$	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
	c_i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	$U_c(y)$	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01

	Sonómetro		Calibrador				Erro de arredondamento (dB)
	Classe de exactidão (dB)	Resolução (dB)	Influência Temperatura (dB/ºC)	Influência Pressão Atmosférica (dB/hPa)	Influência Humidade Relativa (dB/%Hr)	Calibração (1000Hz) (dB)	
u(xi)	3,50E-01	5,77E-02	1,15E-01	1,15E-01	1,15E-01	2,00E-01	2,89E-02
c_i	1	1	1,50E-03	8,00E-05	1,00E-03	1	1
$U_c(y)$	3,50E-01	5,77E-02	1,73E-04	9,24E-06	1,15E-04	2,00E-01	2,89E-02

L'_{nT}

	Frequência (Hz)															
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	100	1250	1600	2000	2500	3150
$U_c(y)$ total (dB)	1,70	1,50	0,77	1,05	0,55	0,58	0,59	0,77	0,64	0,46	0,54	0,53	0,44	0,44	0,52	0,59
K	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Incerteza expandida (U) -L'_{nT} (dB)	**3,40**	**3,00**	**1,53**	**2,10**	**1,10**	**1,17**	**1,19**	**1,54**	**1,28**	**0,93**	**1,08**	**1,06**	**0,88**	**0,88**	**1,04**	**1,19**

Resultado das Incertezas Associadas a cada Ensaio de Isolamento Sonoro a Ruídos de Percussão

LOCAL DO ENSAIO: Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar

DATA DO ENSAIO: 27-11-2010

ELEMENTO AVALIADO: Laje **APARTAMENTO:** X **QUARTO:** B

Componentes de Incerteza

		Frequência (Hz)															
		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	100	1250	1600	2000	2500	3150
L_2 (dB)	$q = L_2$ médio	52,77	55,19	59,09	59,58	56,12	58,21	56,42	55,35	56,97	56,76	55,37	58,31	56,88	54,67	54,27	52,73
	$u(x_i)$	1,25	0,54	0,59	1,56	0,95	1,07	0,61	0,88	0,38	0,27	0,44	0,31	0,28	0,29	0,57	0,66
	c_i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	$U_c(y)$	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
T_{30} (s)	T_{30} médio	1,03	0,91	0,75	1,01	1,06	1,21	1,26	1,25	1,21	1,10	0,96	0,92	0,89	0,82	0,72	0,74
	σ	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
	$u(x_i)$	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
	c_i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	$U_c(y)$	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01

	Sonómetro		Calibrador				Erro de arredondamento (dB)
	Classe de exactidão (dB)	Resolução (dB)	Influência Temperatura (dB/ºC)	Influência Pressão Atmosférica (dB/hPa)	Influência Humidade Relativa (dB/%Hr)	Calibração (1000Hz) (dB)	
u(xi)	3,50E-01	5,77E-02	1,15E-01	1,15E-01	1,15E-01	2,00E-01	2,89E-02
c_i	1	1	1,50E-03	8,00E-05	1,00E-03	1	1
$U_c(y)$	3,50E-01	5,77E-02	1,73E-04	9,24E-06	1,15E-04	2,00E-01	2,89E-02

L'_{nT}

	Frequência (Hz)															
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	100	1250	1600	2000	2500	3150
$U_c(y)$ total (dB)	1,34	0,71	0,75	1,62	1,04	1,16	0,74	0,98	0,57	0,50	0,61	0,52	0,50	0,50	0,71	0,78
K	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Incerteza expandida (U) -L'_{nT} (dB)	**2,67**	**1,43**	**1,51**	**3,25**	**2,09**	**2,31**	**1,49**	**1,96**	**1,14**	**0,99**	**1,21**	**1,04**	**1,00**	**1,01**	**1,41**	**1,56**

Resultado das Incertezas Associadas a cada Ensaio de Isolamento Sonoro a Ruídos de Percussão

LOCAL DO ENSAIO: Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar

DATA DO ENSAIO: 27-11-2010

ELEMENTO AVALIADO: Laje **APARTAMENTO:** AA **QUARTO:** B

Componentes de Incerteza

		Frequência (Hz)															
		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	100	1250	1600	2000	2500	3150
L_2 (dB)	$q = L_2$ médio	53,79	53,71	57,99	60,17	59,72	61,39	61,75	60,43	61,48	61,20	58,14	57,59	58,24	55,99	55,87	54,38
	$u(x_i)$	1,98	0,75	0,93	0,88	0,38	0,28	0,22	0,30	0,23	0,15	0,30	0,12	0,29	0,30	0,45	0,69
	c_i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	$U_c(y)$	1,98	0,75	0,93	0,88	0,38	0,28	0,22	0,30	0,23	0,15	0,30	0,12	0,29	0,30	0,45	0,69
T_{30} (s)	T_{30} médio	1,23	1,07	1,08	1,10	1,28	1,47	1,47	1,46	1,44	1,35	1,27	1,21	1,11	0,96	0,90	0,91
	σ	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
	$u(x_i)$	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
	c_i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	$U_c(y)$	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01

	Sonómetro		Calibrador				Erro de arredondamento (dB)
	Classe de exactidão (dB)	Resolução (dB)	Influência Temperatura (dB/ºC)	Influência Pressão Atmosférica (dB/hPa)	Influência Humidade Relativa (dB/%Hr)	Calibração (1000Hz) (dB)	
u(xi)	3,50E-01	5,77E-02	1,15E-01	1,15E-01	1,15E-01	2,00E-01	2,89E-02
c_i	1	1	1,50E-03	8,00E-05	1,00E-03	1	1
$U_c(y)$	3,50E-01	5,77E-02	1,73E-04	9,24E-06	1,15E-04	2,00E-01	2,89E-02

L'_{nT}

	Frequência (Hz)															
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	100	1250	1600	2000	2500	3150
$U_c(y)$ total (dB)	2,03	0,88	1,03	0,99	0,57	0,51	0,47	0,52	0,48	0,44	0,51	0,43	0,51	0,51	0,61	0,81
K	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Incerteza expandida (U) -L'_{nT} (dB)	**4,06**	**1,76**	**2,06**	**1,97**	**1,15**	**1,02**	**0,95**	**1,03**	**0,96**	**0,89**	**1,02**	**0,86**	**1,01**	**1,02**	**1,22**	**1,61**

Resultado das Incertezas Associadas a cada Ensaio de Isolamento Sonoro a Ruídos de Percussão

LOCAL DO ENSAIO: Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar

DATA DO ENSAIO: 27-11-2010

ELEMENTO AVALIADO: Laje **APARTAMENTO:** Z **QUARTO:** B

Componentes de Incerteza

		Frequência (Hz)															
		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	100	1250	1600	2000	2500	3150
L_2 (dB)	$q = L_2$ médio	50,72	59,27	62,75	60,57	56,47	56,09	56,54	57,72	56,73	59,06	59,41	58,26	58,01	55,78	53,61	50,91
	$u(x_i)$	1,50	2,81	1,65	0,80	0,64	0,62	0,71	0,34	0,43	0,16	0,33	0,19	0,16	0,41	0,56	0,77
	c_i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	$U_c(y)$	1,50	2,81	1,65	0,80	0,64	0,62	0,71	0,34	0,43	0,16	0,33	0,19	0,16	0,41	0,56	0,77
T_{30} (s)	T_{30} médio	0,87	0,89	1,00	1,05	1,05	1,10	1,22	1,16	1,13	1,05	0,92	0,88	0,83	0,77	0,70	0,71
	σ	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
	$u(x_i)$	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
	c_i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	$U_c(y)$	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01

	Sonómetro		Calibrador				Erro de arredondamento (dB)
	Classe de exactidão (dB)	Resolução (dB)	Influência Temperatura (dB/ºC)	Influência Pressão Atmosférica (dB/hPa)	Influência Humidade Relativa (dB/%Hr)	Calibração (1000Hz) (dB)	
u(xi)	3,50E-01	5,77E-02	1,15E-01	1,15E-01	1,15E-01	2,00E-01	2,89E-02
c_i	1	1	1,50E-03	8,00E-05	1,00E-03	1	1
$U_c(y)$	3,50E-01	5,77E-02	1,73E-04	9,24E-06	1,15E-04	2,00E-01	2,89E-02

L'_{nT}

	Frequência (Hz)															
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	100	1250	1600	2000	2500	3150
$U_c(y)$ total (dB)	1,58	2,85	1,71	0,92	0,78	0,76	0,83	0,54	0,60	0,45	0,53	0,46	0,44	0,58	0,70	0,87
K	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Incerteza expandida (U) -L'_{nT} (dB)	**3,16**	**5,70**	**3,42**	**1,84**	**1,55**	**1,52**	**1,66**	**1,09**	**1,21**	**0,89**	**1,07**	**0,91**	**0,89**	**1,17**	**1,39**	**1,75**

Resultado das Incertezas Associadas a cada Ensaio de Isolamento Sonoro a Ruídos de Percussão

LOCAL DO ENSAIO: Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar

DATA DO ENSAIO: 27-11-2010

ELEMENTO AVALIADO: Laje **APARTAMENTO:** Z **QUARTO:** C

Componentes de Incerteza

		Frequência (Hz)															
		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	100	1250	1600	2000	2500	3150
L_2 (dB)	$q = L_2$ médio	58,99	57,96	60,36	58,63	55,14	55,71	55,41	55,13	55,64	58,23	54,76	55,94	55,25	53,45	51,57	49,08
	$u(x_i)$	1,23	0,84	0,72	0,72	0,48	0,43	0,39	0,30	0,21	0,30	0,18	0,33	0,32	0,53	0,60	0,85
	c_i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	$U_c(y)$	1,23	0,84	0,72	0,72	0,48	0,43	0,39	0,30	0,21	0,30	0,18	0,33	0,32	0,53	0,60	0,85
T_{30} (s)	T_{30} médio	1,08	1,15	1,20	1,20	1,14	1,16	1,37	1,37	1,33	1,25	1,22	1,08	1,05	0,93	0,80	0,79
	σ	0,06	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
	$u(x_i)$	0,06	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
	c_i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	$U_c(y)$	0,06	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01

	Sonómetro		Calibrador				Erro de arredondamento (dB)
	Classe de exactidão (dB)	Resolução (dB)	Influência Temperatura (dB/ºC)	Influência Pressão Atmosférica (dB/hPa)	Influência Humidade Relativa (dB/%Hr)	Calibração (1000Hz) (dB)	
u(xi)	3,50E-01	5,77E-02	1,15E-01	1,15E-01	1,15E-01	2,00E-01	2,89E-02
c_i	1	1	1,50E-03	8,00E-05	1,00E-03	1	1
$U_c(y)$	3,50E-01	5,77E-02	1,73E-04	9,24E-06	1,15E-04	2,00E-01	2,89E-02

L'_{nT}

	Frequência (Hz)															
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	100	1250	1600	2000	2500	3150
$U_c(y)$ total (dB)	1,31	0,95	0,84	0,84	0,65	0,60	0,58	0,52	0,47	0,51	0,45	0,53	0,52	0,67	0,73	0,95
K	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Incerteza expandida (U) -L'_{nT} (dB)	**2,63**	**1,91**	**1,69**	**1,68**	**1,29**	**1,21**	**1,15**	**1,03**	**0,93**	**1,03**	**0,91**	**1,06**	**1,04**	**1,34**	**1,45**	**1,89**

Resultado das Incertezas Associadas a cada Ensaio de Isolamento Sonoro a Ruídos de Percussão

LOCAL DO ENSAIO: Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar

DATA DO ENSAIO: 27-11-2010

ELEMENTO AVALIADO: Laje **APARTAMENTO:** Y **QUARTO:** A

Componentes de Incerteza

		Frequência (Hz)															
		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	100	1250	1600	2000	2500	3150
L_2 (dB)	$q = L_2$ médio	52,11	56,37	61,86	61,52	60,05	59,62	57,24	56,26	57,64	58,71	56,80	56,78	56,77	54,44	53,46	50,74
	$u(x_i)$	1,28	1,18	1,32	0,96	0,58	0,55	0,56	0,20	0,32	0,27	0,35	0,43	0,24	0,54	0,37	0,48
	c_i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	$U_c(y)$	1,28	1,18	1,32	0,96	0,58	0,55	0,56	0,20	0,32	0,27	0,35	0,43	0,24	0,54	0,37	0,48
T_{30} (s)	T_{30} médio	1,08	1,05	1,01	1,03	1,37	1,46	1,51	1,54	1,47	1,33	1,30	1,17	1,11	0,98	0,84	0,92
	σ	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
	$u(x_i)$	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
	c_i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	$U_c(y)$	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01

	Sonómetro		Calibrador				Erro de arredondamento (dB)
	Classe de exactidão (dB)	Resolução (dB)	Influência Temperatura (dB/ºC)	Influência Pressão Atmosférica (dB/hPa)	Influência Humidade Relativa (dB/%Hr)	Calibração (1000Hz) (dB)	
u(xi)	3,50E-01	5,77E-02	1,15E-01	1,15E-01	1,15E-01	2,00E-01	2,89E-02
c_i	1	1	1,50E-03	8,00E-05	1,00E-03	1	1
$U_c(y)$	3,50E-01	5,77E-02	1,73E-04	9,24E-06	1,15E-04	2,00E-01	2,89E-02

L'_{nT}

	Frequência (Hz)															
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	100	1250	1600	2000	2500	3150
$U_c(y)$ total (dB)	1,36	1,27	1,39	1,06	0,73	0,69	0,70	0,46	0,52	0,49	0,54	0,59	0,48	0,68	0,55	0,63
K	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Incerteza expandida (U) -L'_{nT} (dB)	**2,72**	**2,54**	**2,79**	**2,11**	**1,45**	**1,39**	**1,40**	**0,93**	**1,05**	**0,99**	**1,09**	**1,19**	**0,96**	**1,37**	**1,10**	**1,27**

Resultado das Incertezas Associadas a cada Ensaio de Isolamento Sonoro a Ruídos de Percussão

LOCAL DO ENSAIO: Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar

DATA DO ENSAIO: 27-11-2010

ELEMENTO AVALIADO: Laje **APARTAMENTO:** Y **QUARTO:** B

Componentes de Incerteza

		Frequência (Hz)															
		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	100	1250	1600	2000	2500	3150
L_2 (dB)	$q = L_2$ médio	52,09	53,64	59,23	60,02	60,57	60,14	57,86	56,81	57,40	58,20	56,70	56,86	56,36	54,35	53,27	49,98
	$u(x_i)$	1,10	0,90	0,89	0,75	1,17	0,30	0,91	0,49	0,39	0,33	0,14	0,24	0,28	0,43	0,44	0,57
	c_i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	$U_c(y)$	1,10	0,90	0,89	0,75	1,17	0,30	0,91	0,49	0,39	0,33	0,14	0,24	0,28	0,43	0,44	0,57
T_{30} (s)	T_{30} médio	0,94	0,58	0,77	0,97	1,15	1,22	1,38	1,21	1,20	1,08	0,95	0,90	0,87	0,79	0,68	0,71
	σ	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
	$u(x_i)$	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
	c_i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	$U_c(y)$	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01

	Sonómetro		Calibrador				Erro de arredondamento (dB)
	Classe de exactidão (dB)	Resolução (dB)	Influência Temperatura (dB/ºC)	Influência Pressão Atmosférica (dB/hPa)	Influência Humidade Relativa (dB/%Hr)	Calibração (1000Hz) (dB)	
u(xi)	3,50E-01	5,77E-02	1,15E-01	1,15E-01	1,15E-01	2,00E-01	2,89E-02
c_i	1	1	1,50E-03	8,00E-05	1,00E-03	1	1
$U_c(y)$	3,50E-01	5,77E-02	1,73E-04	9,24E-06	1,15E-04	2,00E-01	2,89E-02

L'_{nT}

	Frequência (Hz)															
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	100	1250	1600	2000	2500	3150
$U_c(y)$ total (dB)	1,20	1,03	1,00	0,87	1,25	0,52	1,00	0,64	0,57	0,53	0,44	0,48	0,50	0,60	0,60	0,71
K	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Incerteza expandida (U) -L'_{nT} (dB)	**2,40**	**2,06**	**2,01**	**1,74**	**2,50**	**1,05**	**2,01**	**1,29**	**1,14**	**1,06**	**0,88**	**0,96**	**0,99**	**1,19**	**1,20**	**1,41**

Resultado das Incertezas Associadas a cada Ensaio de Isolamento Sonoro a Ruídos de Percussão

LOCAL DO ENSAIO: Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar

DATA DO ENSAIO: 27-11-2010

ELEMENTO AVALIADO: Laje **APARTAMENTO:** U **QUARTO:** B

Componentes de Incerteza

		Frequência (Hz)															
		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	100	1250	1600	2000	2500	3150
L_2 (dB)	$q = L_2$ médio	54,62	56,10	61,37	61,40	58,09	58,09	56,76	56,02	56,98	57,59	55,99	58,74	57,61	55,27	55,23	53,88
	$u(x_i)$	0,65	0,84	1,07	0,74	0,74	0,99	0,57	0,25	0,21	0,34	0,24	0,22	0,33	0,38	0,35	0,37
	c_i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	$U_c(y)$	0,65	0,84	1,07	0,74	0,74	0,99	0,57	0,25	0,21	0,34	0,24	0,22	0,33	0,38	0,35	0,37
T_{30} (s)	T_{30} médio	1,03	1,04	1,01	1,04	1,07	1,36	1,48	1,41	1,29	1,20	1,18	1,14	1,05	0,96	0,83	0,85
	σ	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
	$u(x_i)$	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
	c_i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	$U_c(y)$	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01

	Sonómetro		Calibrador				Erro de arredondamento (dB)
	Classe de exactidão (dB)	Resolução (dB)	Influência Temperatura (dB/ºC)	Influência Pressão Atmosférica (dB/hPa)	Influência Humidade Relativa (dB/%Hr)	Calibração (1000Hz) (dB)	
u(xi)	3,50E-01	5,77E-02	1,15E-01	1,15E-01	1,15E-01	2,00E-01	2,89E-02
c_i	1	1	1,50E-03	8,00E-05	1,00E-03	1	1
$U_c(y)$	3,50E-01	5,77E-02	1,73E-04	9,24E-06	1,15E-04	2,00E-01	2,89E-02

L'_{nT}

	Frequência (Hz)															
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	100	1250	1600	2000	2500	3150
$U_c(y)$ total (dB)	0,81	0,96	1,16	0,87	0,86	1,07	0,71	0,49	0,47	0,54	0,48	0,47	0,53	0,56	0,54	0,55
K	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Incerteza expandida (U) -L'_{nT} (dB)	**1,62**	**1,92**	**2,33**	**1,73**	**1,72**	**2,15**	**1,42**	**0,97**	**0,94**	**1,08**	**0,96**	**0,94**	**1,06**	**1,13**	**1,08**	**1,10**

Resultado das Incertezas Associadas a cada Ensaio de Isolamento Sonoro a Ruídos de Percussão

LOCAL DO ENSAIO: Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar

DATA DO ENSAIO: 27-11-2010

ELEMENTO AVALIADO: Laje **APARTAMENTO:** W **QUARTO:** B

Componentes de Incerteza

		Frequência (Hz)															
		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	100	1250	1600	2000	2500	3150
L_2 (dB)	$q = L_2$ médio	53,13	55,98	59,47	60,76	59,76	59,55	61,41	60,14	60,89	60,71	57,80	57,52	57,55	55,47	56,07	54,48
	$u(x_i)$	0,85	0,52	0,38	0,43	0,31	0,61	0,46	0,29	0,39	0,32	0,27	0,13	0,19	0,16	0,39	0,58
	c_i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	$U_c(y)$	0,85	0,52	0,38	0,43	0,31	0,61	0,46	0,29	0,39	0,32	0,27	0,13	0,19	0,16	0,39	0,58
T_{30} (s)	T_{30} médio	1,43	1,00	0,93	1,23	1,26	1,34	1,59	1,50	1,44	1,35	1,30	1,21	1,09	0,98	0,86	0,90
	σ	0,07	0,05	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
	$u(x_i)$	0,07	0,05	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
	c_i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	$U_c(y)$	0,07	0,05	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01

	Sonómetro		Calibrador				Erro de arredondamento (dB)
	Classe de exactidão (dB)	Resolução (dB)	Influência Temperatura (dB/ºC)	Influência Pressão Atmosférica (dB/hPa)	Influência Humidade Relativa (dB/%Hr)	Calibração (1000Hz) (dB)	
u(xi)	3,50E-01	5,77E-02	1,15E-01	1,15E-01	1,15E-01	2,00E-01	2,89E-02
c_i	1	1	1,50E-03	8,00E-05	1,00E-03	1	1
$U_c(y)$	3,50E-01	5,77E-02	1,73E-04	9,24E-06	1,15E-04	2,00E-01	2,89E-02

L'_{nT}

	Frequência (Hz)															
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	100	1250	1600	2000	2500	3150
$U_c(y)$ total (dB)	0,96	0,70	0,60	0,61	0,53	0,74	0,63	0,51	0,57	0,52	0,50	0,43	0,45	0,44	0,57	0,71
K	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Incerteza expandida (U) -L'_{nT} (dB)	**1,93**	**1,40**	**1,19**	**1,22**	**1,07**	**1,48**	**1,25**	**1,02**	**1,14**	**1,05**	**0,99**	**0,87**	**0,91**	**0,88**	**1,14**	**1,42**

Resultado das Incertezas Associadas a cada Ensaio de Isolamento Sonoro a Ruídos de Percussão

LOCAL DO ENSAIO: Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar

DATA DO ENSAIO: 27-11-2010

ELEMENTO AVALIADO: Laje **APARTAMENTO:** Z **QUARTO:** C

Componentes de Incerteza

		Frequência (Hz)															
		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	100	1250	1600	2000	2500	3150
L_2 (dB)	$q = L_2$ médio	58,99	57,96	60,36	58,63	55,14	55,71	55,41	55,13	55,64	58,23	54,76	55,94	55,25	53,45	51,57	49,08
	$u(x_i)$	1,23	0,84	0,72	0,72	0,48	0,43	0,39	0,30	0,21	0,30	0,18	0,33	0,32	0,53	0,60	0,85
	c_i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	$U_c(y)$	1,23	0,84	0,72	0,72	0,48	0,43	0,39	0,30	0,21	0,30	0,18	0,33	0,32	0,53	0,60	0,85
T_{30} (s)	T_{30} médio	1,08	1,15	1,20	1,20	1,14	1,16	1,37	1,37	1,33	1,25	1,22	1,08	1,05	0,93	0,80	0,79
	σ	0,06	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
	$u(x_i)$	0,06	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
	c_i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	$U_c(y)$	0,06	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01

	Sonómetro		Calibrador				Erro de arredondamento (dB)
	Classe de exactidão (dB)	Resolução (dB)	Influência Temperatura (dB/ºC)	Influência Pressão Atmosférica (dB/hPa)	Influência Humidade Relativa (dB/%Hr)	Calibração (1000Hz) (dB)	
u(xi)	3,50E-01	5,77E-02	1,15E-01	1,15E-01	1,15E-01	2,00E-01	2,89E-02
c_i	1	1	1,50E-03	8,00E-05	1,00E-03	1	1
$U_c(y)$	3,50E-01	5,77E-02	1,73E-04	9,24E-06	1,15E-04	2,00E-01	2,89E-02

L'_{nT}

	Frequência (Hz)															
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	100	1250	1600	2000	2500	3150
$U_c(y)$ total (dB)	1,31	0,95	0,84	0,84	0,65	0,60	0,58	0,52	0,47	0,51	0,45	0,53	0,52	0,67	0,73	0,95
K	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Incerteza expandida (U) -L'_{nT} (dB)	**2,63**	**1,91**	**1,69**	**1,68**	**1,29**	**1,21**	**1,15**	**1,03**	**0,93**	**1,03**	**0,91**	**1,06**	**1,04**	**1,34**	**1,45**	**1,89**

Resultado das Incertezas Associadas a cada Ensaio de Isolamento Sonoro a Ruídos de Percussão

LOCAL DO ENSAIO: Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar

DATA DO ENSAIO: 27-11-2010

ELEMENTO AVALIADO: Laje **APARTAMENTO:** V **QUARTO:** B

Componentes de Incerteza

		Frequência (Hz)															
		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	100	1250	1600	2000	2500	3150
L_2 (dB)	$q = L_2$ médio	55,21	58,85	64,11	61,32	59,09	57,12	58,11	59,70	60,47	59,83	58,09	56,49	57,08	56,02	53,01	49,92
	$u(x_i)$	1,08	0,73	0,43	0,58	1,07	0,46	0,44	0,35	0,24	0,20	0,35	0,36	0,25	0,27	0,61	0,99
	c_i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	$U_c(y)$	1,08	0,73	0,43	0,58	1,07	0,46	0,44	0,35	0,24	0,20	0,35	0,36	0,25	0,27	0,61	0,99
T_{30} (s)	T_{30} médio	1,75	1,00	1,05	1,21	1,24	1,37	1,34	1,41	1,37	1,25	1,19	1,16	1,07	0,99	0,88	0,89
	σ	0,08	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
	$u(x_i)$	0,08	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
	c_i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	$U_c(y)$	0,08	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01

	Sonómetro		Calibrador				Erro de arredondamento (dB)
	Classe de exactidão (dB)	Resolução (dB)	Influência Temperatura (dB/ºC)	Influência Pressão Atmosférica (dB/hPa)	Influência Humidade Relativa (dB/%Hr)	Calibração (1000Hz) (dB)	
u(xi)	3,50E-01	5,77E-02	1,15E-01	1,15E-01	1,15E-01	2,00E-01	2,89E-02
c_i	1	1	1,50E-03	8,00E-05	1,00E-03	1	1
$U_c(y)$	3,50E-01	5,77E-02	1,73E-04	9,24E-06	1,15E-04	2,00E-01	2,89E-02

L'_{nT}

	Frequência (Hz)															
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	100	1250	1600	2000	2500	3150
$U_c(y)$ total (dB)	1,17	0,86	0,62	0,72	1,15	0,63	0,61	0,55	0,48	0,46	0,54	0,55	0,48	0,49	0,73	1,07
K	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Incerteza expandida (U) -L'_{nT} (dB)	**2,35**	**1,73**	**1,24**	**1,45**	**2,31**	**1,25**	**1,22**	**1,09**	**0,96**	**0,93**	**1,09**	**1,10**	**0,97**	**0,98**	**1,47**	**2,15**

Resultado das Incertezas Associadas a cada Ensaio de Isolamento Sonoro a Ruídos de Percussão

LOCAL DO ENSAIO: Travessa Almirante Pinheiro de Azevedo, n.º 212, Rio Tinto, Gondomar

DATA DO ENSAIO: 27-11-2010

ELEMENTO AVALIADO: Laje **APARTAMENTO:** AB **QUARTO:** C

Componentes de Incerteza

		Frequência (Hz)															
		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	100	1250	1600	2000	2500	3150
L_2 (dB)	$q = L_2$ médio	53,79	53,71	57,99	60,17	59,72	61,39	61,75	60,43	61,48	61,20	58,14	57,59	58,24	55,99	55,87	54,38
	$u(x_i)$	1,74	2,63	0,93	1,04	1,23	1,17	2,35	1,85	2,23	1,30	0,78	0,47	0,84	0,82	1,21	1,83
	c_i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	$U_c(y)$	1,74	2,63	0,93	1,04	1,23	1,17	2,35	1,85	2,23	1,30	0,78	0,47	0,84	0,82	1,21	1,83
T_{30} (s)	T_{30} médio	1,23	1,07	1,08	1,10	1,28	1,47	1,47	1,46	1,44	1,35	1,27	1,21	1,11	0,96	0,90	0,91
	σ	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
	$u(x_i)$	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
	c_i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	$U_c(y)$	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01

	Sonómetro		Calibrador				Erro de arredondamento (dB)
	Classe de exactidão (dB)	Resolução (dB)	Influência Temperatura (dB/ºC)	Influência Pressão Atmosférica (dB/hPa)	Influência Humidade Relativa (dB/%Hr)	Calibração (1000Hz) (dB)	
u(xi)	3,50E-01	5,77E-02	1,15E-01	1,15E-01	1,15E-01	2,00E-01	2,89E-02
c_i	1	1	1,50E-03	8,00E-05	1,00E-03	1	1
$U_c(y)$	3,50E-01	5,77E-02	1,73E-04	9,24E-06	1,15E-04	2,00E-01	2,89E-02

L'_{nT}

	Frequência (Hz)															
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	100	1250	1600	2000	2500	3150
$U_c(y)$ total (dB)	1,80	2,67	1,04	1,13	1,30	1,24	2,39	1,89	2,27	1,37	0,88	0,63	0,94	0,92	1,28	1,88
K	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Incerteza expandida (U) -L'_{nT} (dB)	**3,59**	**5,34**	**2,07**	**2,26**	**2,61**	**2,49**	**4,78**	**3,79**	**4,54**	**2,74**	**1,77**	**1,26**	**1,88**	**1,83**	**2,56**	**3,75**

ANEXO C
CERTIFICADOS EQUIPAMENTOS

Signature Not Verified
Digitally signed by LabMetro Online
Date: 2010.11.12 10:26:19 +00:00
Reason: Documento aprovado electronicamente

BOLETIM DE VERIFICAÇÃO

NÚMERO 245.70 / 10.796

ENTIDADE:

Nome	IRG - Inspecções Técnicas, SA.
Endereço	Rua Sr. de Matosinhos, 955 - Vila Nova de Gaia - 4400-304 Vila Nova de Gaia

INSTRUMENTO DE MEDIÇÃO:

Desp. Aprov. Modelo n.º	245.70.05.3.16	
Sonómetro	Marca / Modelo / Nº de série	Brüel & Kjær / 2250 / 2507201
Microfone	Marca / Modelo / Nº de série	Brüel & Kjær / 4189 / 2502879
Pré-amplificador	Marca / Modelo / Nº de série	Brüel & Kjær / ZC 0032 / 11704
Calibrador	Marca / Modelo / Nº de série	Brüel & Kjær / 4231 / 2642847

CARACTERÍSTICAS METROLÓGICAS:

Classe	1

OPERAÇÃO EFECTUADA:

Tipo / Data	Verificação Periódica / 10/11/2010
Rastreabilidade	Tensão contínua e alternada - Lab. Metrol. Eléct. ISQ (Portugal) Frequência - IPQ (Portugal) Nível de pressão sonora - Danak (Dinamarca)
Documentos de referência	Portaria 977/09 de 1 de Setembro de 2009 Proc. Interno PO.M-DM/ACUS 01 tendo por base os documentos de referência Norma IEC 61672-3.
Condições ambientais	Temp.: 23,0 ºC Hum. Rel.: 55,0 % Pressão atmosf.: 99,6 kPa
RESULTADO	**Em conformidade com os valores regulamentares** **O Valor do erro de cada uma das medições efectuadas são inferiores aos valores dos erros máximos admissíveis para a classe do equipamento de medição**

Local / Data	Verificado por	Responsável pela Validação
Oeiras, 10 de Novembro de 2010	António Lopes	Luís Ferreira (Responsável Técnico)

O presente Boletim de Verificação só pode ser reproduzido no seu todo e apenas se refere ao(s) item(s) ensaiado(s).
O equipamento é selado como consta no Despacho de aprovação de modelo respectivo.
A operação de controlo metrológico efectuada é evidenciada apenas pela aposição no instrumento do símbolo respectivo como consta dos anexos da Portaria n.º 962/90 de 9 de Setembro

Este documento não pode ser reproduzido, excepto integralmente, sem autorização por escrito do ISQ.

instituto de soldadura e qualidade
labmetro@isq.pt http://metrologia.isq.pt
Lisboa: Av. Prof. Cavaco Silva, 33 • Taguspark • 2740-120 Oeiras • Portugal
Tels.: +351 21 422 90 34/81 86/90 20 • Fax: +351 21 422 81 02
Porto: Rua do Mirante, 258 • 4415-491 Grijó • Portugal
Tels.: +351 22 747 19 10/50 • Fax: +351 22 747 19 19/745 57 78

BOLETIM DE VERIFICAÇÃO - cont.

NÚMERO 245.70 / 10.796

Características Acústicas

Calibrador acústico	CONFORME
Condições de referência	CONFORME
Ponderação em frequência	CONFORME
Ruído inerente	CONFORME

Características Eléctricas

Ruído inerente	CONFORME
Ponderação em frequência	CONFORME
Ponderação no tempo	CONFORME
Linearidade escala de referência/escalas	CONFORME
Resposta a sinais de curta duração	CONFORME
Indicação de sinais de pico em ponderação C	CONFORME
Indicação de sobrecarga	CONFORME

Este documento não pode ser reproduzido, excepto integralmente, sem autorização por escrito do ISQ.

instituto de soldadura e qualidade
labmetro@isq.pt http://metrologia.isq.pt
Lisboa: Av. Prof. Cavaco Silva, 33 • Taguspark • 2740-120 Oeiras • Portugal
Tels.: +351 21 422 90 34/81 86/90 20 • Fax: +351 21 422 81 02
Porto: Rua do Mirante, 258 • 4415-491 Grijó • Portugal
Tels.: +351 22 747 19 10/50 • Fax: +351 22 747 19 19/745 57 78

CARTA DE CONTROLO METROLÓGICO

Data de emissão: **10 / 11 / 2010**

EQUIPAMENTO

Tipo:	Sonómetro Integrador		
Marca:	Brüel & Kjær	Despacho de aprovação de modelo nº:	245.70.05.3.16
Modelo:	2250		
Nº Série:	2507201	Classe de exactidão atribuída:	1

ENTIDADE UTILIZADORA

IRG - Inspecções Técnicas, SA.
Rua Sr. de Matosinhos, 955
Vila Nova de Gaia
4400-304 Vila Nova de Gaia

FABRICANTE / IMPORTADOR

Brüel & Kjær Ibérica - Sucursal em Portugal, Lda.

OPERAÇÃO EFECTUADA

Data	ANO: **2008**	Documentos de referência	Documentos de registo	Resultado
29 / 08 / 2008	☑ **1ª Verificação**	IEC 60804; IEC 60651	Boletim nº 245.70 / 08.530	CONFORME
	☐ **Verificação Periódica**			
	☐ **Verificação Extraordinária**			
	☐ Banco de filtros			
	☐ **Tempo de reverberação**			

Data	ANO: **2009**	Documentos de referência	Documentos de registo	Resultado
10 / 09 / 2009	☑ **1ª Verificação**	IEC 60804; IEC 60651	Boletim nº 245.70 / 09.670	CONFORME
	☐ **Verificação Periódica**			
	☐ **Verificação Extraordinária**			
	☐ Banco de filtros			
	☐ **Tempo de reverberação**			

Data	ANO: **2009**	Documentos de referência	Documentos de registo	Resultado
13 / 11 / 2009	☑ **1ª Verificação**	IEC 60804; IEC 60651	Boletim nº 245.70 / 09.920	CONFORME
	☐ **Verificação Periódica**			
	☐ **Verificação Extraordinária**			
13 / 11 / 2009	☑ Banco de filtros	IEC 1260 - Classe 0	Certificado nº CACV706/09	CONFORME
	☐ **Tempo de reverberação**			

OBSERVAÇÕES

Considerada 1ª. Verificação após alteração de pré-amplificador. 10/09/2009. Considerada 1ª. Verificação após reparação. 13/11/2009.

Responsável pela Validação

Luís Ferreira (Responsável Técnico)

Este documento não pode ser reproduzido, excepto integralmente, sem autorização por escrito do ISQ.

instituto de soldadura e qualidade
labmetro@isq.pt http://metrologia.isq.pt
Lisboa: Av. Prof. Cavaco Silva, 33 • Taguspark • 2740-120 Oeiras • Portugal
Tels.: +351 21 422 90 34/81 86/90 20 • Fax: +351 21 422 81 02
Porto: Rua do Mirante, 258 • 4415-491 Grijó • Portugal
Tels.: +351 22 747 19 10/50 • Fax: +351 22 747 19 19/745 57 78

CARTA DE CONTROLO METROLÓGICO

(CONTINUAÇÃO)

OPERAÇÃO EFECTUADA

Data	ANO: **2010**	Documentos de referência	Documentos de registo	Resultado
	☐ 1ª Verificação			
10 / 11 / 2010	☑ Verificação Periódica	IEC 61672-3	Boletim nº 245.70 / 10.796	CONFORME
	☐ Verificação Extraordinária			
	☐ Banco de filtros			
	☐ Tempo de reverberação			

Data	ANO:	Documentos de referência	Documentos de registo	Resultado
	☐ 1ª Verificação			
	☐ Verificação Periódica			
	☐ Verificação Extraordinária			
	☐ Banco de filtros			
	☐ Tempo de reverberação			

Data	ANO:	Documentos de referência	Documentos de registo	Resultado
	☐ 1ª Verificação			
	☐ Verificação Periódica			
	☐ Verificação Extraordinária			
	☐ Banco de filtros			
	☐ Tempo de reverberação			

Data	ANO:	Documentos de referência	Documentos de registo	Resultado
	☐ 1ª Verificação			
	☐ Verificação Periódica			
	☐ Verificação Extraordinária			
	☐ Banco de filtros			
	☐ Tempo de reverberação			

Data	ANO:	Documentos de referência	Documentos de registo	Resultado
	☐ 1ª Verificação			
	☐ Verificação Periódica			
	☐ Verificação Extraordinária			
	☐ Banco de filtros			
	☐ Tempo de reverberação			

Data	ANO:	Documentos de referência	Documentos de registo	Resultado
	☐ 1ª Verificação			
	☐ Verificação Periódica			
	☐ Verificação Extraordinária			
	☐ Banco de filtros			
	☐ Tempo de reverberação			

Este documento não pode ser reproduzido, excepto integralmente, sem autorização por escrito do ISQ.

instituto de soldadura e qualidade
labmetro@isq.pt http://metrologia.isq.pt
Lisboa: Av. Prof. Cavaco Silva, 33 • Taguspark • 2740-120 Oeiras • Portugal
Tels.: +351 21 422 90 34/81 86/90 20 • Fax: +351 21 422 81 02
Porto: Rua do Mirante, 258 • 4415-491 Grijó • Portugal
Tels.: +351 22 747 19 10/50 • Fax: +351 22 747 19 19/745 57 78

Signature Not Verified
Digitally signed by LabMetro Online
Date: 2009.11.13 15:55:47 +00:00
Reason: Documento aprovado electronicamente

Laboratório de Metrologia

IPAC acreditação M0059 Calibração

Certificado de Calibração

Data 13.11.2009 Certificado nº. CACV706/09 Página 1 de 2

Equipamento

SONÓMETRO

Marca: Brüel & Kjær
Modelo: 2250
Nº série: 2507201
Aprov. Modelo: 245.70.05.3.16
Classe IEC 1260: 0

MICROFONE

Marca: Brüel & Kjær
Modelo: 4189
Nº série: 2502879

PRÉ-AMPLIFICADOR

Marca: Brüel & Kjær
Modelo: ZC 0032
Nº série: 11704

Cliente

IRG - Inspecções Técnicas, SA.
Rua Sr. de Matosinhos, 955
Vila Nova de Gaia
4400-304 Vila Nova de Gaia

Data de Calibração: 13.11.2009

Condições Ambientais: Temperatura: 20,7 ºC Humidade rel.: 55,0 %

Procedimento: PO.M-DM/ACUS 05 tendo por base os documentos de referência Norma IEC 1260.

Rastreabilidade: Tensão alternada e Corrente alternada, Fluke 5790A, rastreado à Fluke, Kassel (Alemanha - DKD), Fluke A40/A40A e Fluke Y5020, rastreado ao INETI (Portugal).
Tempo/Frequência, Hewlett Packard 58503A, rastreado ao Instituto Português da Qualidade (IPQ), Portugal.

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.

Nota: Em conformidade com os valores regulamentares

Calibrado por

Luís Silva

Responsável pela Validação

Luís Ferreira

O IPAC é signatário dos acordos de reconhecimento mútuo da EA para calibrações, ensaios, certificações e inspecções.
Este documento não pode ser reproduzido, excepto integralmente, sem autorização por escrito do ISQ.

instituto de soldadura e qualidade
labmetro@isq.pt www.isq.pt
Lisboa: Av. Prof. Cavaco Silva, 33 • Taguspark • 2740-120 Oeiras • Portugal
Tels.: +351 21 422 90 34/81 86/90 20 • Fax: +351 21 422 81 02
Porto: Rua do Mirante, 258 • 4415-491 Grijó • Portugal
Tels.: +351 227 471 958/50 • Fax: +351 227 455 778

Continuação de Certificado

Caracterização de filtros passa-banda - IEC 1260

Atenuação relativa	CONFORME
Gama linear de operação	CONFORME
Filtro "anti-alias"	CONFORME
Resposta em frequência	CONFORME

Calibrado por

Luís Silva

Responsável pela Validação

Luís Ferreira

O IPAC é signatário dos acordos de reconhecimento mútuo da EA para calibrações, ensaios, certificações e inspecções.
Este documento não pode ser reproduzido, excepto integralmente, sem autorização por escrito do ISQ.

instituto de soldadura e qualidade
labmetro@isq.pt www.isq.pt
Lisboa: Av. Prof. Cavaco Silva, 33 • Taguspark • 2740-120 Oeiras • Portugal
Tels.: +351 21 422 90 34/81 86/90 20 • Fax: +351 21 422 81 02
Porto: Rua do Mirante, 258 • 4415-491 Grijó • Portugal
Tels.: +351 227 471 958/50 • Fax: +351 227 455 778

ANEXO D
PLANTAS DAS HABITAÇÕES

107.880
108.080
108.150
108.530
FEUP

FEUP
02

FEUP
03

FEUP
04
1/100

ANEXO E
LISTA DAS ENTIDADES ACREDITADAS

ENTIDADE	LOCALIDADE
Direção Regional de Lisboa e Vale do Tejo do Ministério da Economia - Laboratório de Acústica	Amadora
A. RAMALHAO - Consultoria, Gestão e Serviços, Lda. - Laboratório de Ensaios	Porto
ABIMOTA – Associação Nacional das Indústrias de Duas Rodas, Ferragens, Mobiliário e Afins - Laboratório de Ensaios Químicos	Águeda
ADESUS, Lda - Labdesus - Laboratório de ensaios	Valongo
ALACÚSTICA - Ensaios e Projectos de Engenharia Acústica, Lda	Valença
Alfadvice - Serviços de Engenharia Unipessoal, Lda - Laboratório de Ensaios Acústicos	Vila Nova de Famalicão
AMBERGO II - Engenharia, Lda. - AMBERLAB - Laboratório de Ensaios da AMBERGO II	Braga
Ambiente Global - Serviços Ambientais, Lda.	Tondela
Ambiente Positivo - Serviços de Engenharia Lda - Ambiente Positivo	Setúbal
Ambiestudos - Ensaios e Análises Ambientais, Lda - Laboratório de Ensaios	Fafe
Ambiteste - Tecnologias Ambientais, Lda - Laboratório de Ensaios Acústicos da Ambiteste	Viseu
António Santos Lessa & Associados, Lda - Laboratório	Leça da Palmeira
Associação para o Desenvolvimento da Aerodinâmica Industrial - Laboratório de Ensaios de Aerodinâmica Industrial	Coimbra
Barcelinspe, Lda - Laboratório de Ensaios Acústicos	Barcelos
Besolution, Engenharia Lda. - Engacústica - Ensaios e medições acústicas	Viseu
CATIM - Centro de Apoio Tecnológico à Indústria Metalomecânica - Laboratório de Estudos de Ruído	Porto
CERTAND, Lda	Anadia
CERTIFER - Ensaios, Inspecções e Certificação Energética, Unipessoal, Lda	Vagos
Certiprojecto - Arquitectos e Engenheiros Consultores, Lda - Certipro-Lab - Laboratório de Ensaios Acústicos e Vibráticos	S. Domingos de Rana
CERTIRAM - Projectos e Certificação de Edifícios, Lda. - Laboratório de Ensaios	Funchal
CIVILCHECK, Actividades de Engenharia, Lda -	Castelo Branco
CIVILINSP - Inspecções Técnicas de Gás, Lda. - CivilInsp	Coimbra
Concepes - Concepção e Projecto de Estruturas, Lda - Laboratório de Ensaios Acústicos	Loulé
CSH - Centro de Saúde Familiar de Viseu, Lda	Viseu
DBLAB-Laboratório de Acústica e Vibrações, Lda.	Rio de Mouro
Direção Regional da Economia de Lisboa e Vale do Tejo - Laboratório de Acústica	Amadora
Direção Regional da Economia do Algarve - Laboratório de Acústica	Faro
ECO 14 - Serviços e Consultadoria Ambiental, Lda. - Laboratório de Acústica	Gafanha da

e Vibrações	Nazaré
en.gage - Engenharia e Consultoria Ambiental Lda. - Laboratório	Coimbra
ENARPUR - Estudos Atmosféricos e Energia, Lda.	Ílhavo
Engenharia de Acústica e Ambiente, Lda - Laboratório - Engenharia de Acústica e Ambiente, Lda	Lisboa
Engirigor - Engenharia e Construções Unipessoal, Lda	Montenegro
Engivito, Engenharia, Lda - Laboratório	Valença
Gama Audível - Projecto e Medição Acústica, Lda - Laboratório	Guimarães
GELTRO - Gabinete Electrotécnico, Lda. - Laboratório de Acústica da GELTRO	Ovar
Globalarte - Construção Civil, Unipessoal, Lda - GLab, Grupo Globalarte	Setúbal
Hicofor - Engenharia, Certificações e HST, Lda - Laboratório de Ensaios Acusticos	Mafra
I.R.G. - Inspecções Técnicas, SA. - Laboratório de Ensaios Acústicos	Vila Nova de Gaia
Imagem Urbana - Laboratório de Ensaios Acústicos, Lda - Laboratório	Santa Maria da Feira
Inambiente-Engenharia, Unipessoal, Lda - Laboratório	Massamá
Infinitech - Engenharia, Unipessoal Lda - INSITU - Laboratório de Acústica	Ermesinde
Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências da Construção - ITeCons -	Coimbra
Instituto de Soldadura e Qualidade - Laboratório de Ruído e Vibrações	Porto Salvo
Instituto de Soldadura e Qualidade - Laboratório de Ruído e Vibrações	Grijó
Instituto Electrotécnico Português - Laboratório de Metrologia e Ensaios	Matosinhos
Isofonia - Acústica Aplicada, Lda - Laboratório de Ensaios	Porto Salvo
Jorge Loureiro - Projectos de Engenharia e Arquitectura, Lda. - Laboratorio JORGE LOUREIRO	Abrantes
Lusiprojecto - Soluções em Engenharia, Lda - Scalacústica	Santarém
Manuel Martins, Serviço de Engenharia, Lda. - Laboratório de Medições	Leiria
Martins & Reis - Higiene, Segurança e Saúde no Trabalho, Lda - Laboratório	Fátima
Matéria - Atelier de Arquitectura e Engenharia, Lda - Matéria Acústica	Santarém
Monitar, Lda - Laboratório	Viseu
MPT - Medicina e Prevenção no Trabalho, Lda. - Laboratório de Ensaios de Emissões Atmosféricas, Qualidade do Ar Interior, Avaliações de Ruído de Incomodidade, Ruído de Exposição de Trabalhadores e Acústica de Edifícios	Caldas da Rainha
Multinfra - Projectos e Representações Electromecânicas, Lda. - Laboratório de Acústica da Multinfra	Marinha Grande
Município de Vila Nova de Gaia - Laboratório de Acústica	Vila Nova de Gaia
N. Bigotte, Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho e Ambiente, Lda - NBLAB - Laboratório de Acústica	Leiria
Neoamb, Gestão Ambiental, Lda - Neoamb	LEIRIA

NÓBREGA & NÓBREGA, Lda - N2-Acústica. Laboratório de Ensaios Acústicos	Quinta do Anjo
NoiseLab - Laboratório de Engenheiros Acústicos Associados, Lda - NoiseLab	Sarilhos Pequenos
OGCBI, Lda - Laboratório de Acústica	Covilhã
OITAVA - Avaliação e Certificação Acústica, Lda. - LAB_1/3 OITAVA	S. João da Madeira
Oliveiros Sociedade Unipessoal, Lda - Noreng LAB	Arcos de Valdevez
P2S - Estudos e Projectos de Engenharia, Lda. - Laboratório	Lisboa
Partnervip Lda - Laboratório	Cascais
PEDAMB - Engenharia Ambiental, Lda. - Laboratório de Monitorização Ambiental	Marinha Grande
PEDAMB - Engenharia Ambiental, Lda. - Laboratório de Monitorização Ambiental	Ílhavo
PROENSAL - Projectos de Engenharia de Segurança, Lda. - Laboratório de Ensaios	Vila Nova de Famalicão
PROJAC, Lda	Figueira da Foz
QUESTÃO DE SOM - Laboratório de Ensaios e Estudos Acústicos, Lda -	Albergaria-a-Velha
Renato Manuel Inácio de Sousa Martins, Sociedade Unipessoal, Lda - Laboratório	S. Brás de Alportel
Safelab - Consultoria Técnica, Lda - Laboratório de Acústica e Vibrações	Guimarães
Sonometria, Medições de Som, Projectos Acústicos, Consultoria, Higiene e Segurança, Lda. - Laboratório	Barcarena
Termoflux, Engenharia e Certificação Energética, Lda - Laboratório de Acústica	Almancil
Urbiarte - Mediação Imobiliária, Arquitectura e Planeamento, Ld - Laboratório	Lisboa
VAGAENG - Consultores Associados, Lda - CONTRARUIDO - Acústica e Controlo do Ruído - Laboratório de Ensaios	Coimbra
VERSEGURA - Equipamentos de Combate à Poluição e Segurança, Unipessoal, Lda.	Vermoim
WISE - Acústica, Lda. - WISE - Acústica LAB	Póvoa de Varzim
XZ Consultores, S.A.	Braga