

# **CARACTERIZAÇÃO ACÚSTICA DE CAMPAÍNHAS DE PASSAGEM DE NÍVEL**

**D. Alarcão<sup>1</sup>, J. L. Bento Coelho<sup>1</sup>, S. Gerges<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>CAPS – Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais, P-1049-001 Lisboa, Portugal

diogo.alarcão@ist.utl.pt

<sup>2</sup>LARI – UFSC, Florianópolis, Brasil

samir@emc.ufsc.br

## **Resumo**

O desempenho de uma fonte sonora, como seja uma campainha de passagem de nível, pode ser avaliado de forma rigorosa através de ensaios em condições laboratoriais de campo livre. Efectuou-se a caracterização experimental em termos acústicos de três campainhas distintas utilizadas pela REFER E.P. nas passagens de nível das suas linhas-férreas. A caracterização experimental das propriedades acústicas de cada uma das campainhas foi levada a cabo através de ensaios laboratoriais em condições de campo livre, na câmara anecóica do Grupo de Acústica e Controlo de Ruído do CAPS – IST. As principais características de cada uma das campainhas são descritas pela sua potência acústica, pelo seu conteúdo espectral e pelos seus diagramas de radiação. Pode-se concluir que estas características são bastante diferentes de campainha para campainha.

**Palavras-chave:** campainhas passagem nível, potência acústica, diagramas radiação

## **Abstract**

The performance of a sound source, such as a railway level crossing alarm bell, can be assessed by laboratory measurements under free field conditions. The main acoustic properties of three distinct level crossing alarm bells were measured in the anechoic chamber of the Acoustics and Noise Control Group of CAPS – IST. These bells are used by the Portuguese Railway Authority, REFER E. P., along their railway lines. The main characteristics of each bell are described by the acoustic power, the spectral contents and by the corresponding radiation diagrams. One can conclude that from bell to bell the characteristics are substantially different.

**Keywords:** level crossing alarm bells, acoustic power, radiation diagrams

## **1. Considerações gerais**

Campainhas de passagem de nível são dispositivos imperativos para estabelecer condições de segurança. No entanto, devido aos elevados níveis de pressão sonora que produzem, em conjunto com a sua composição espectral, originam diversas reclamações devido à incomodidade associada. Recentemente, novos tipos de alarmes avisadores de perigo, nomeadamente os alarmes direcccionais baseados em tons de banda larga (ruído branco), têm sido utilizados em diferentes aplicações com vista à segurança de pessoas, dada a menor incomodidade que provocam, com os mesmos resultados

práticos [1]. Neste âmbito, a REFER E.P. pretendeu avaliar as propriedades acústicas das campainhas de passagem de nível em funcionamento nas suas linhas-férreas, como uma forma de diagnóstico e de base de trabalho para futuros sistemas avisadores de perigo.

Este estudo teve como objectivo a caracterização experimental em termos acústicos de três campainhas distintas utilizadas em passagens de nível de linhas-férreas. As três campainhas são denominadas neste trabalho por:

1. Campainha “Type Exterieur SCE-50-200 AP”
2. Campainha “Siemens”
3. Campainha “Friedland Series 5 – Modelo 56024”

A caracterização experimental das propriedades acústicas de cada uma das campainhas foi levada a cabo através de ensaios laboratoriais em condições de campo livre, na câmara anecóica do Grupo de Acústica e Controlo de Ruído do CAPS – IST.

## 2. Metodologia

### 2.1 Propriedades de Fontes Sonoras

O desempenho de uma fonte sonora, como seja uma campainha de passagem de nível, pode ser avaliado de forma rigorosa através de ensaios em condições laboratoriais de campo livre, o que é conseguido dentro de uma sala sem reflexões, ou seja, em câmara anecóica.

As principais características de uma fonte sonora são descritas pela sua potência acústica, pelo seu conteúdo espectral e pelos seus diagramas de radiação.

### 2.2 Técnica Experimental

Para a caracterização acústica das campainhas de passagem de nível foi adoptado um procedimento experimental de ensaios laboratoriais em câmara anecóica que segue as recomendações descritas na norma ISO 3745:2003 “*Acoustics – Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure – precision methods for free-field test rooms and hemi-free-field test rooms*” [2]. Foram também seguidas as boas práticas de Engenharia Acústica referentes aos ensaios em laboratório, nomeadamente em câmara anecóica.

As três campainhas de passagem de nível caracterizadas, foram alimentadas com uma tensão nominal de 24 V AC, a qual foi fornecida através de um transformador adequado, correspondendo ao seu funcionamento em condições normais.

Na Figura 1 mostram-se fotografias das campainhas ensaiadas.



Figura 1 – Campainhas de passagem de nível ensaiadas. Esquerda: “Type Exterieur SCE-50-200AP”. Centro : “Siemens”. Direita : “Friedland Series 5”

Nas medições foi utilizado um microfone de campo livre de  $\frac{1}{2}$  polegada, um registador/analisador de nível, em conjunto com uma mesa giratória e software de aquisição e tratamento de dados. Na Figura 2 é mostrado o equipamento utilizado durante as medições.



Figura 2 – Equipamento utilizado nos ensaios laboratoriais

Os ensaios experimentais em câmara anecóica compreenderam, para cada campainha analisada, dois tipos de medições:

1. Medição dos níveis de pressão sonora total e em bandas de  $1/3$  de oitava, a uma distância de 1 metro da fonte, a funcionar num regime estacionário. Estes níveis de pressão sonora foram medidos para as campainhas “Type Exterieur SCE-50-200-AP” e “Friedland Series 5” num plano horizontal segundo 4 incidências: incidência frontal ( $0^\circ$ ), incidência lateral a  $90^\circ$ , incidência lateral a  $270^\circ$ , e incidência traseira a  $180^\circ$ . Para a campainha “Siemens”, foram medidos adicionalmente os níveis de pressão sonora num plano vertical, segundo incidência a  $90^\circ$  (por cima da campainha) e segundo  $270^\circ$  (por baixo da campainha). Estas medições adicionais justificam-se devido à construção assimétrica desta campainha (ver Figura 1).
2. Medição dos diagramas de radiação, a uma distância de 1 metro da fonte, a operar em regime estacionário, num arco de circunferência entre os  $0^\circ$  e os  $360^\circ$ . Para estas medições montaram-se as campainhas em cima da mesa rotativa a qual foi comandada pelo registador, procedendo-se em simultâneo ao registo dos níveis através da unidade de aquisição de dados. O microfone foi mantido numa posição fixa.

Para as campainhas “Type Exterieur SCE-50-200-AP” e “Friedland Series 5” mediram-se os diagramas de radiação num plano horizontal, enquanto que para a campainha “Siemens” se

mediu adicionalmente o diagrama de radiação segundo o plano vertical (com a campainha “deitada” montada sobre a mesa rotativa).

A resolução dos diagramas de radiação obtidos é igual a  $0,45^\circ$ , que corresponde a um tempo de rotação da mesa de 80s a dividir pelo intervalo temporal de amostragem igual a 100ms.

Na Figura 3 mostram-se fotografias das montagens das três campainhas aquando dos ensaios em câmara anecóica.



Figura 3 – Ensaios em câmara anecóica das três campainhas de passagem de nível

A partir dos diagramas de radiação calcularam-se as respectivas potências acústicas, em termos de bandas de 1/3 de oitava, e em termos totais. Foram utilizadas as expressões constantes da norma ISO3745:2003 [1], com os seguintes valores:  $\theta = 17,1^\circ\text{C}$  e  $B = 1022,3\text{ hPa}$ . Estes foram os valores medidos antes dos ensaios experimentais dentro da câmara anecóica do CAPS – IST.

Os níveis de potência acústica calculados, e mostrados no Capítulo 3, referem-se portanto às condições de referência descritos na norma ISO3745:2003 [1], ou seja, mais precisamente:

- $\theta = 23,0^\circ\text{C}; \quad B = 1013,25\text{ hPa}; \quad p_{\text{hum}} = 50\%$

### 3. Caracterização Acústica

#### 3.1 Campainha “*Type Exterieur SCE-50-200 AP Mod.59*”

##### *Potência Acústica*

A Tabela 1 mostra os valores espectrais do nível de potência acústica da campainha “*Type Exterieur Mod.59*”, em bandas de terço de oitava, no intervalo de frequências compreendido entre os 100 Hz e os 20000 Hz.

Tabela 1 – Níveis de potência acústica por bandas de 1/3 de oitava

Lw [dB]	Frequência											
	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz	250 Hz	315 Hz	400 Hz	500 Hz	630 Hz	800 Hz	1 kHz	1.25 kHz
32,9	26,1	52,0	55,1	42,9	58,7	56,0	61,7	50,2	51,0	62,4	78,2	
Lw [dB]	Frequência											
	1.6 kHz	2 kHz	2.5 kHz	3.15 kHz	4 kHz	5 kHz	6.3 kHz	8 kHz	10 kHz	12.5 kHz	16 kHz	20 kHz
63,7	83,5	75,0	89,6	83,8	81,9	85,9	86,9	83,4	77,2	73,9	66,4	

A Tabela 2 indica o nível de potência acústica total obtido a partir dos valores espectrais da Tabela 1:

Tabela 2 – Nível de potência acústica total

Lw Total [dB]	94,5
---------------	------

A Figura 4 ilustra de forma gráfica os níveis de potência acústica obtidos.

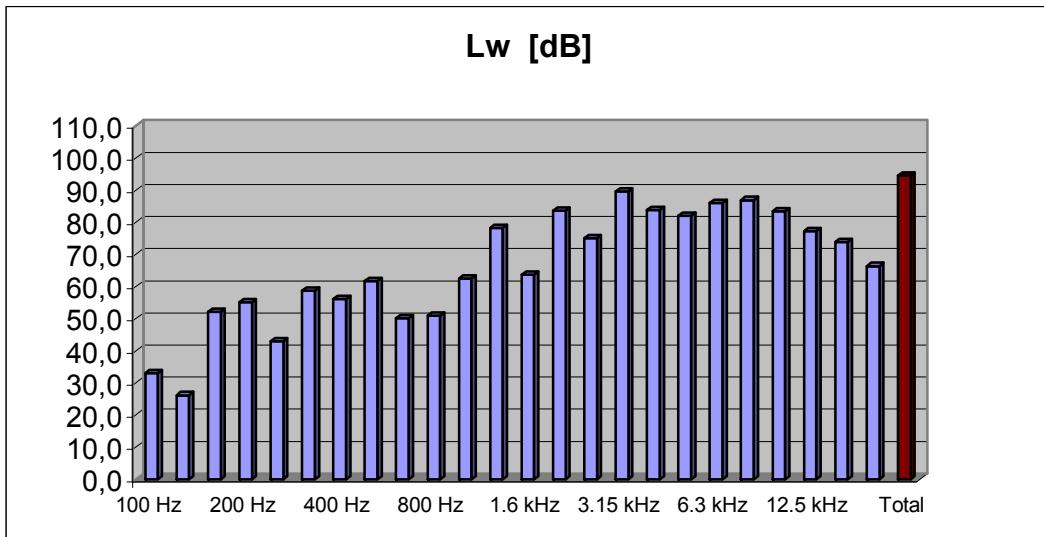


Figura 4 – Níveis de potência acústica da campainha “Type Exterieur Mod.59”

### Níveis de Pressão Sonora

A Tabela 3 mostra os valores dos níveis de pressão sonora medidos a 1 metro da fonte sonora, para incidência frontal ( $0^\circ$ ), para incidência lateral ( $90^\circ$  e  $270^\circ$ ) bem como para incidência traseira ( $180^\circ$ ), no plano horizontal:

Tabela 3 – Níveis de pressão sonora total a 1 metro, para diferentes incidências

Lp Total [dB]	Incidência (plano horizontal)			
	$0^\circ$	$90^\circ$	$180^\circ$	$270^\circ$
80,4	84,6	73,3	83,4	

A Figura 5 mostra a distribuição espectral da pressão sonora segundo incidência frontal ( $0^\circ$ ):

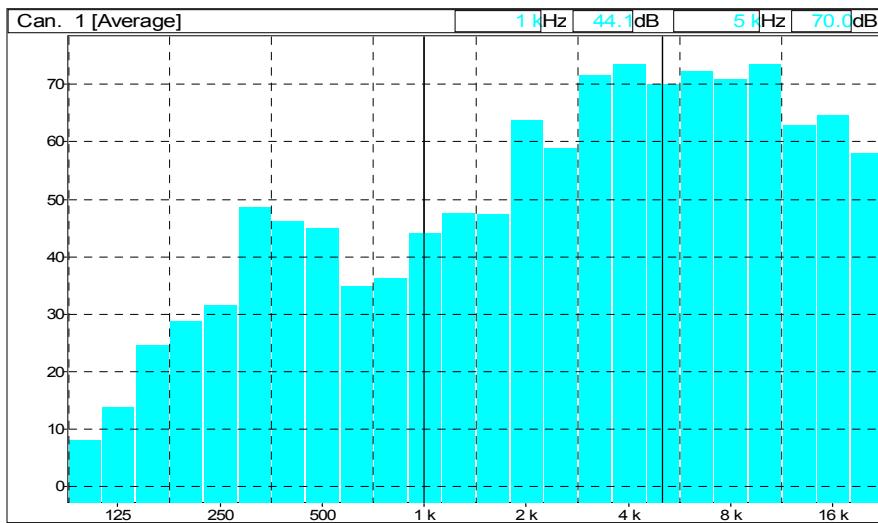


Figura 5 – Distribuição espectral dos níveis de pressão sonora para incidência a 0º

### Diagramas de Radiação

Em seguida mostram-se os diagramas de radiação (níveis de pressão sonora) obtidos para a campainha “Type Exterieur Mod.59”.

São apresentados os diagramas de radiação horizontal para o nível de pressão sonora total, em formato linear e polar, bem como os diagramas de radiação horizontal para as bandas de 1/3 de oitava centradas nas frequências 500 Hz, 1000 Hz e 5000 Hz, em forma polar.

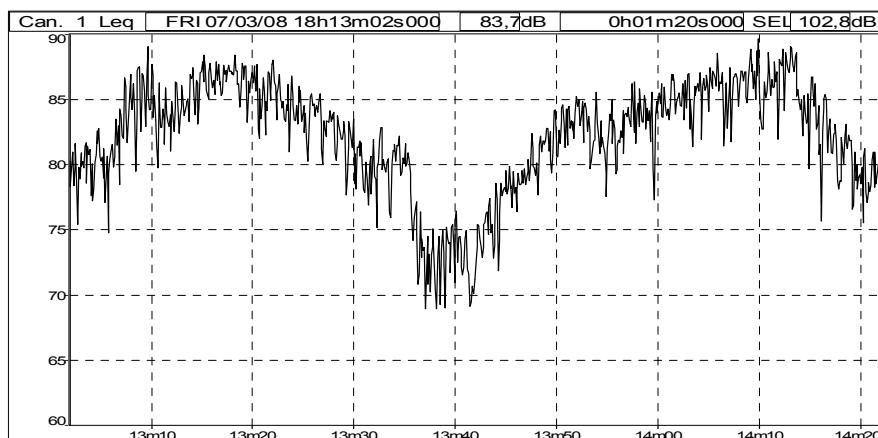


Figura 6 – Diagrama de radiação horizontal para o nível de pressão sonora total – forma linear

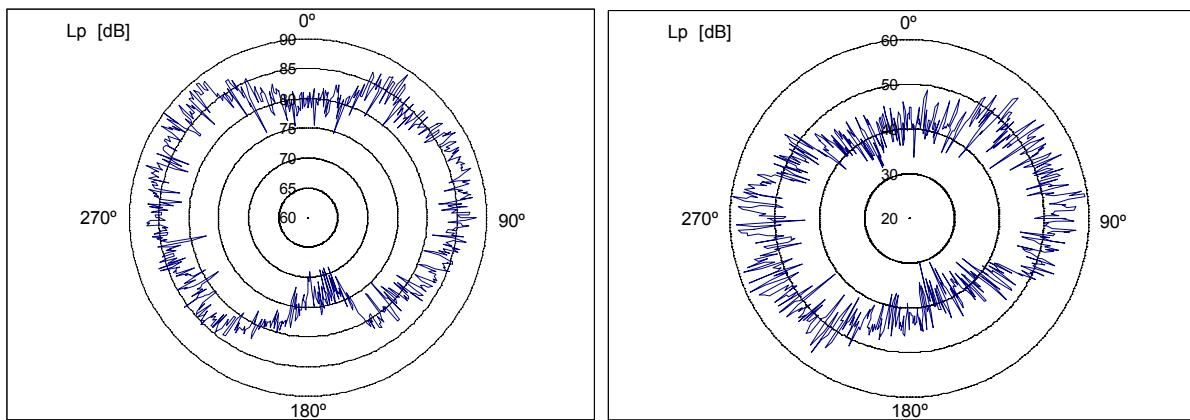


Figura 7 – Diagrama polar de radiação horizontal para o nível de pressão sonora. Esquerda: Total. Direita: 500 Hz.

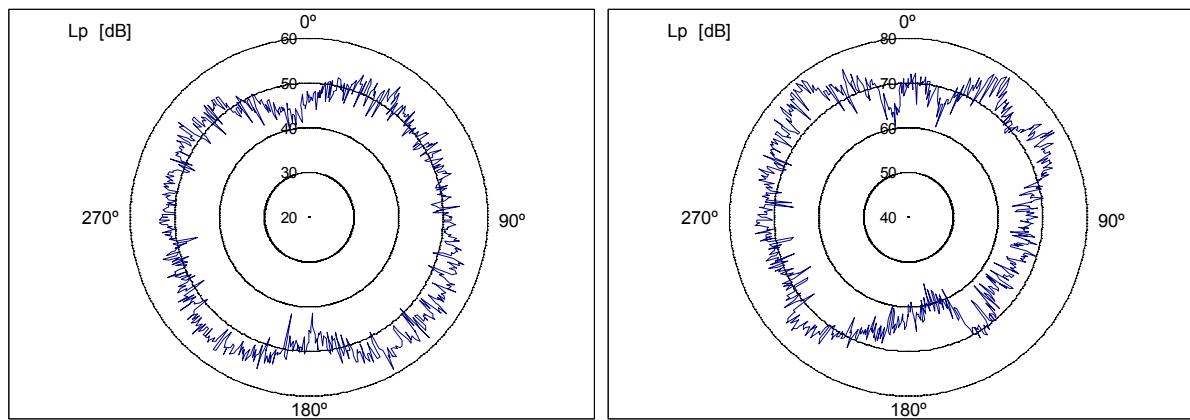


Figura 8 – Diagrama polar de radiação horizontal para o nível de pressão sonora. Esquerda: 1000 Hz. Direita: 5000 Hz

### 3.2 Campainha “Siemens”

#### Potência Acústica

Na Tabela 4 são mostrados os valores espectrais do nível de potência acústica da campainha “Siemens”, em bandas de terço de oitava, no intervalo de frequências compreendido entre os 100 Hz e os 20000 Hz.

Tabela 4 – Níveis de potência acústica por bandas de 1/3 de oitava

Lw [dB]	Frequência											
	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz	250 Hz	315 Hz	400 Hz	500 Hz	630 Hz	800 Hz	1 kHz	1.25 kHz
<b>49,7</b>	<b>38,3</b>	<b>43,9</b>	<b>49,0</b>	<b>55,1</b>	<b>66,1</b>	<b>56,1</b>	<b>64,2</b>	<b>65,1</b>	<b>78,6</b>	<b>76,1</b>	<b>81,8</b>	

Lw [dB]	Frequência											
	1.6 kHz	2 kHz	2.5 kHz	3.15 kHz	4 kHz	5 kHz	6.3 kHz	8 kHz	10 kHz	12.5 kHz	16 kHz	20 kHz
<b>82,0</b>	<b>91,1</b>	<b>85,2</b>	<b>87,4</b>	<b>88,3</b>	<b>94,6</b>	<b>96,8</b>	<b>97,6</b>	<b>95,7</b>	<b>95,9</b>	<b>94,7</b>	<b>91,7</b>	

A Tabela 5 indica o nível de potência acústica total obtido a partir dos valores espetrais da Tabela 4.

Tabela 5 – Nível de potência acústica total

<b>Lw Total [dB]</b>	<b>104,6</b>
----------------------	--------------

A Figura 9 ilustra de forma gráfica os níveis de potência acústica obtidos.

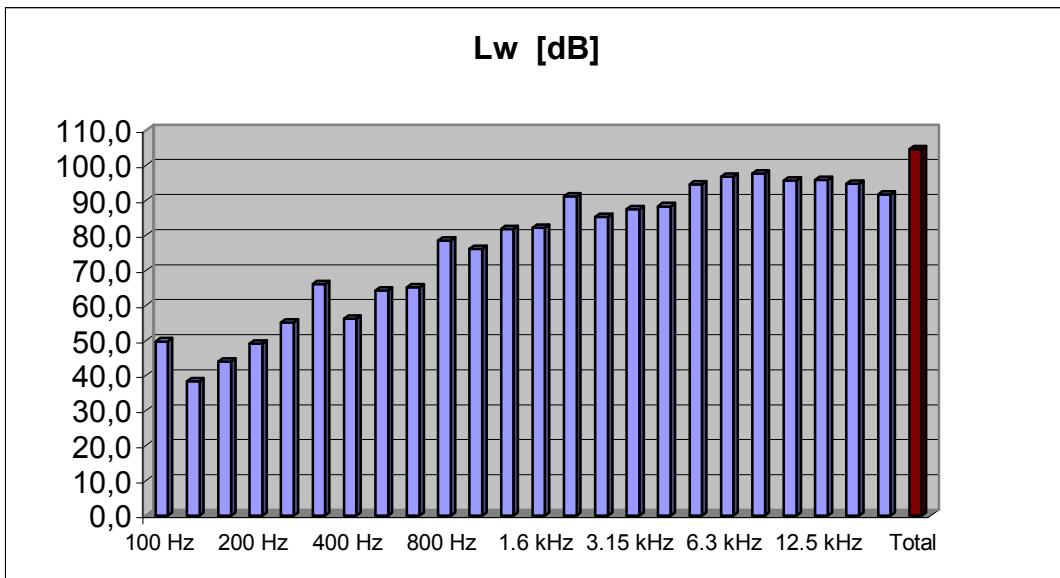


Figura 9 – Níveis de potência acústica da campainha “Siemens”

#### Níveis de Pressão Sonora

A Tabela 6 mostra os valores dos níveis de pressão sonora medidos a 1 metro da fonte sonora, para incidência frontal ( $0^\circ$ ), para incidência lateral ( $90^\circ$  e  $270^\circ$ ) e para incidência traseira ( $180^\circ$ ) no plano horizontal, bem como para incidência a  $90^\circ$  e  $270^\circ$  no plano vertical.

Tabela 6 – Níveis de pressão sonora total a 1 metro, para diferentes incidências

	Incidência (plano horizontal)			
	$0^\circ$	$90^\circ$	$180^\circ$	$270^\circ$
<b>Lp Total [dB]</b>	<b>91,2</b>	<b>94,8</b>	<b>94,5</b>	<b>93,0</b>
Incidência (plano vertical)				
	$90^\circ$	$270^\circ$		
<b>Lp Total [dB]</b>	<b>87,4</b>	<b>93,9</b>		

A Figura 10 mostra a distribuição espectral dos níveis de pressão sonora medidos segundo incidência frontal ( $0^\circ$ ).

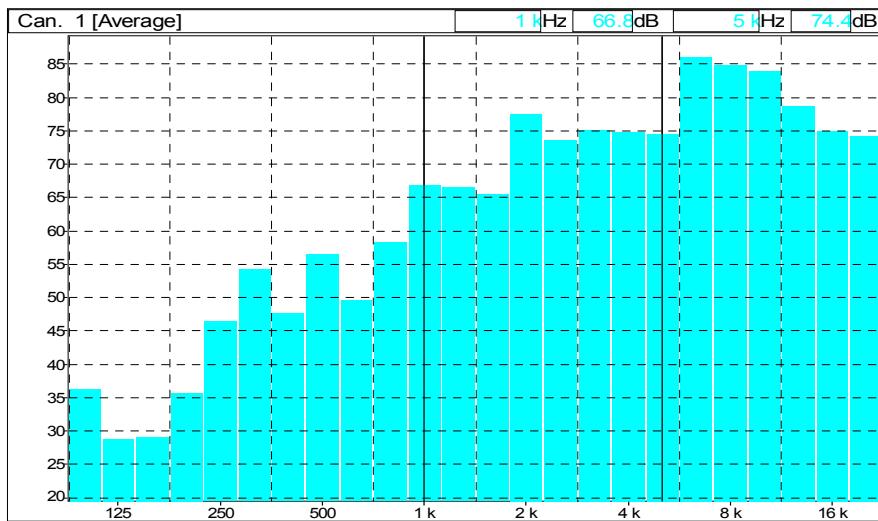


Figura 10 – Distribuição espectral dos níveis de pressão sonora para incidência a 0º

#### Diagramas de Radiação

Mostram-se agora os diagramas de radiação (níveis de pressão sonora) obtidos para a campainha “Siemens”. São apresentados em primeiro lugar os diagramas de radiação horizontal para o nível de pressão sonora total, em formato linear e polar, bem como os diagramas de radiação horizontal para as bandas de 1/3 de oitava centradas nas frequências 500 Hz, 1000 Hz e 5000 Hz, em forma polar. Em segundo lugar, são também apresentados os diagramas de radiação vertical para o nível de pressão sonora total, em formato linear e polar, bem como os diagramas de radiação vertical para as bandas de 1/3 de oitava centradas nas frequências 500 Hz, 1000 Hz e 5000 Hz, em forma polar.

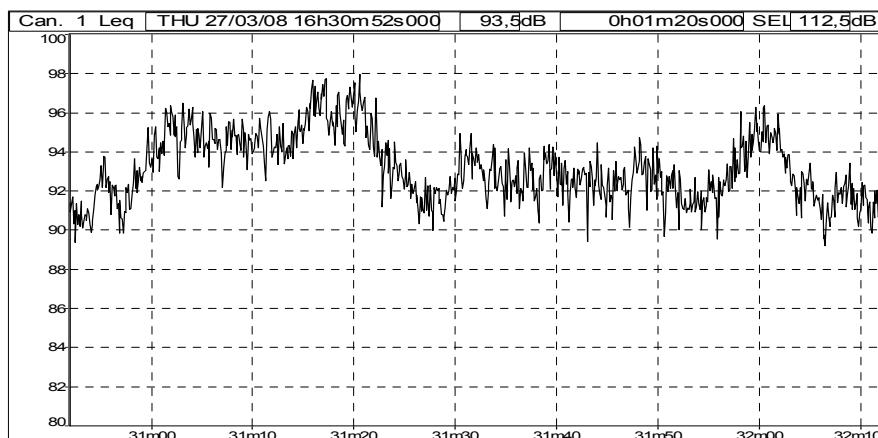


Figura 11 – Diagrama de radiação para o nível de pressão sonora total – plano horizontal – forma linear

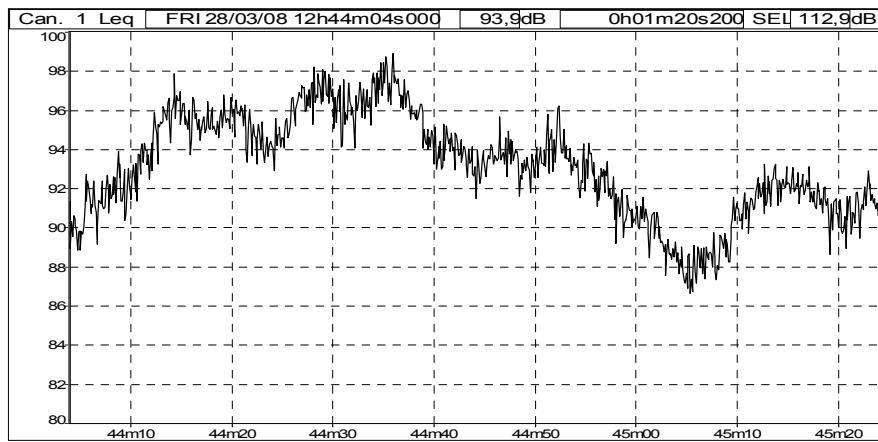


Figura 12 – Diagrama de radiação para o nível de pressão sonora total – plano vertical – forma linear

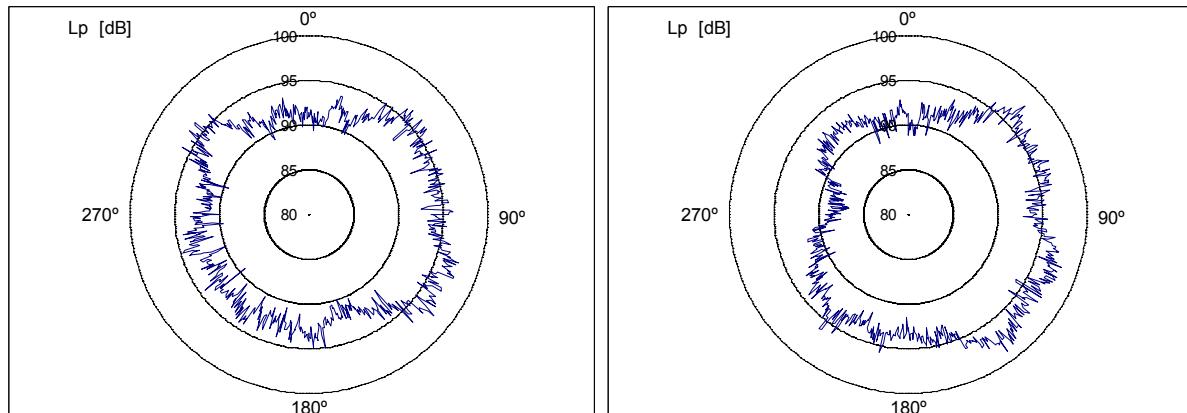


Figura 13 – Diagrama polar de radiação para o nível de pressão sonora total. Esquerda: plano horizontal. Direita: plano vertical

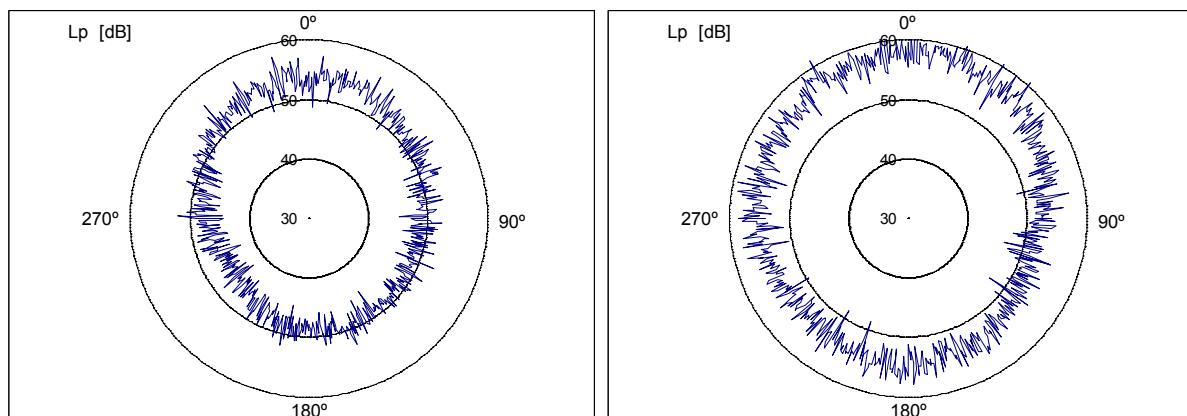


Figura 14 – Diagrama polar de radiação para o nível de pressão sonora a 500 Hz. Esquerda: plano horizontal. Direita: plano vertical

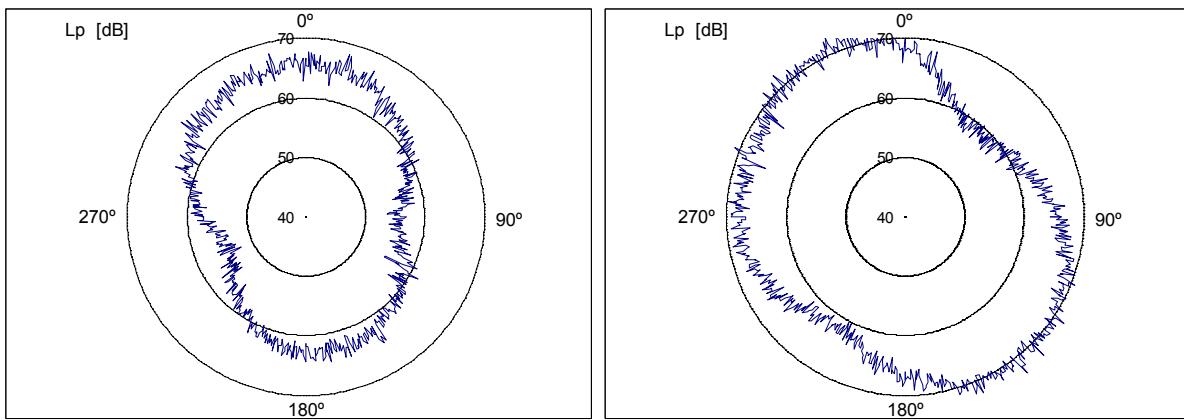


Figura 15 – Diagrama polar de radiação para o nível de pressão sonora a 1000 Hz. Esquerda: plano horizontal. Direita: plano vertical

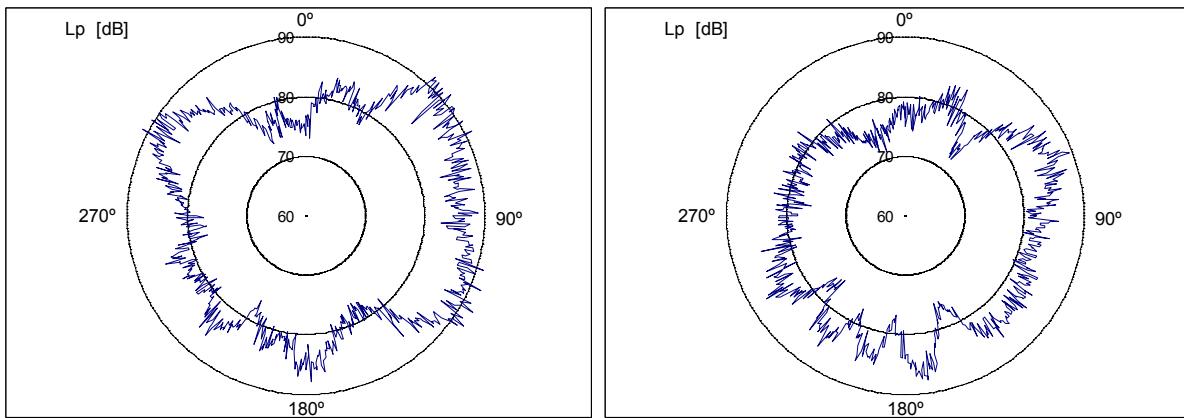


Figura 16 – Diagrama polar de radiação para o nível de pressão sonora a 5000 Hz. Esquerda: plano horizontal. Direita: plano vertical

### 3.3 Campainha “Friedland Series 5 – Modelo 56024”

#### Potência Acústica

A Tabela 7 mostra os valores espectrais do nível de potência acústica da campainha “Friedland Series 5”, em bandas de terço de oitava, no intervalo de frequências compreendido entre os 100 Hz e os 20000 Hz.

Tabela 7 – Níveis de potência acústica por bandas de 1/3 de oitava

	Frequência											
	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz	250 Hz	315 Hz	400 Hz	500 Hz	630 Hz	800 Hz	1 kHz	1.25 kHz
Lw [dB]	50,5	35,9	47,7	52,6	45,2	45,5	49,5	66,4	80,1	67,9	71,7	77,4
Frequência												
Lw [dB]	1.6 kHz	2 kHz	2.5 kHz	3.15 kHz	4 kHz	5 kHz	6.3 kHz	8 kHz	10 kHz	12.5 kHz	16 kHz	20 kHz
Lw [dB]	92,5	74,7	99,0	87,5	92,5	104,2	97,5	100,9	101,2	101,6	99,8	97,7

A Tabela 8 indica o nível de potência acústica total obtido a partir dos valores espetrais da Tabela 7.

Tabela 8 – Nível de potência acústica total

<b>Lw Total [dB]</b>	<b>110,0</b>
----------------------	--------------

A Figura 17 ilustra de forma gráfica os níveis de potência acústica obtidos.

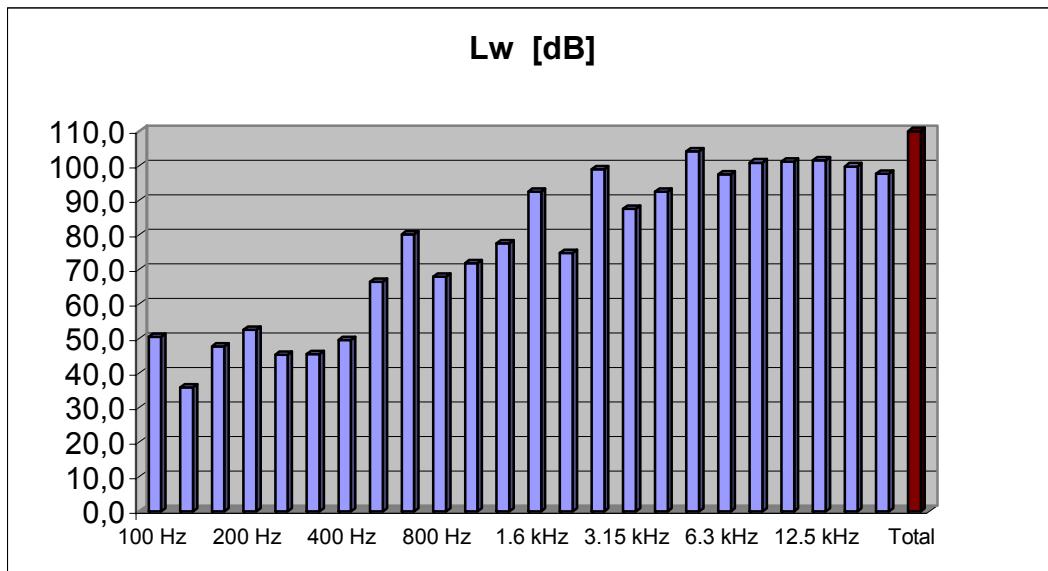


Figura 17 – Níveis de potência acústica da campainha “Friedland Series 5”

#### Níveis de Pressão Sonora

A Tabela 9 mostra os valores dos níveis de pressão sonora medidos a 1 metro da fonte sonora, para incidência frontal ( $0^\circ$ ), para incidência lateral ( $90^\circ$  e  $270^\circ$ ) bem como para incidência traseira ( $180^\circ$ ), no plano horizontal.

Tabela 9 – Níveis de pressão sonora total a 1 metro, para diferentes incidências

	Incidência (plano horizontal)			
	$0^\circ$	$90^\circ$	$180^\circ$	$270^\circ$
<b>Lp Total [dB]</b>	<b>95,7</b>	<b>99,7</b>	<b>95,8</b>	<b>101,1</b>

A Figura 18 mostra a distribuição espectral dos níveis de pressão sonora medidos segundo incidência frontal ( $0^\circ$ ).

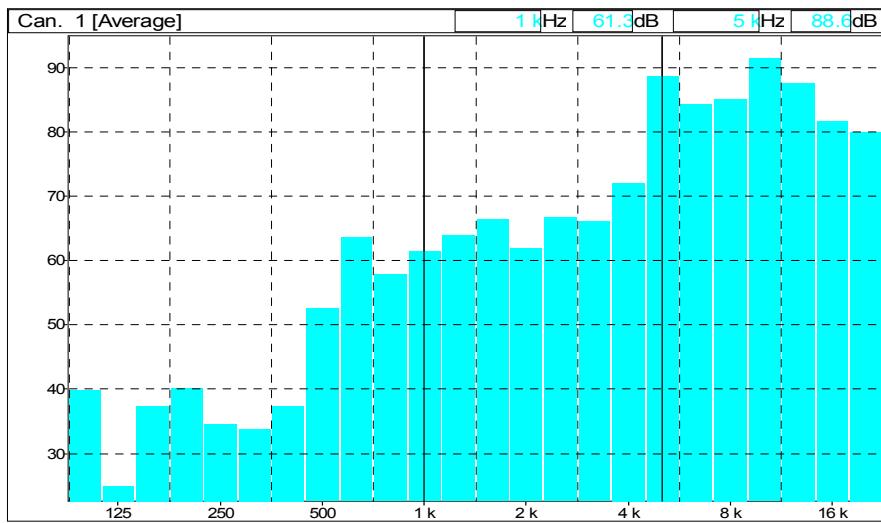


Figura 18 – Distribuição espectral dos níveis de pressão sonora para incidência a 0º

#### **Diagramas de Radiação**

Em seguida mostram-se os diagramas de radiação (níveis de pressão sonora) obtidos para a campainha “*Friedland Series 5*”. São apresentados os diagramas de radiação horizontal para o nível de pressão sonora total, em formato linear e polar, bem como os diagramas de radiação horizontal para as bandas de 1/3 de oitava centradas nas frequências 500 Hz, 1000 Hz e 5000 Hz, em forma polar.

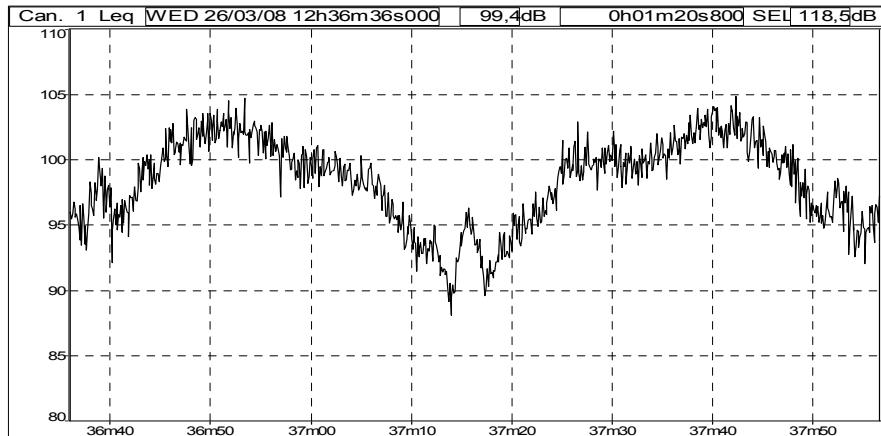


Figura 19 – Diagrama de radiação horizontal para o nível de pressão sonora total – forma linear

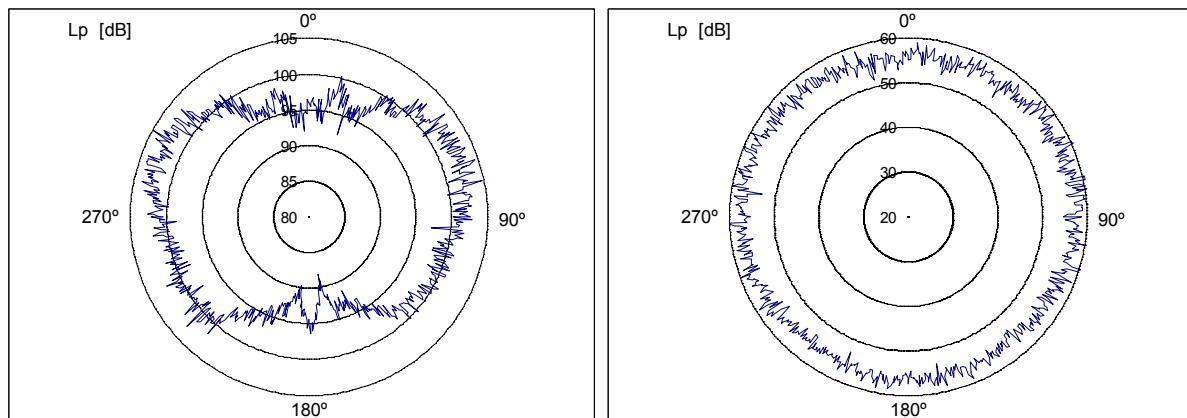


Figura 20 – Diagrama polar de radiação horizontal para o nível de pressão sonora. Esquerda: Total.  
Direita: 500 Hz

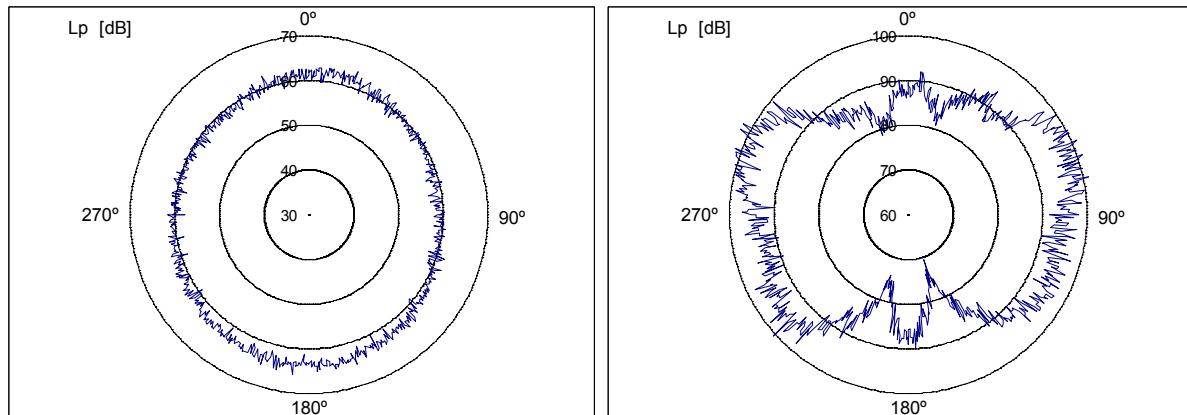


Figura 21 – Diagrama polar de radiação horizontal para o nível de pressão sonora. Esquerda: 1000 Hz.  
Direita: 5000 Hz

### Agradecimentos

Este trabalho foi efectuado ao abrigo do Protocolo de Assessoria Técnica em Ruído de Tráfego Ferroviário com a REFER E. P., com suporte parcial do financiamento plurianual FCT-CAPS/IST através do programa POS\_C e fundos do FEDER.

### 4. Referências

- [1] – Leventhall, G. Auditory warnings and the environment, *Acoustics Bulletin*, Vol. 33(3), 2008, pp. 36-38.
- [2] – Norma Internacional ISO 3745:2003 “*Acoustics – Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure – precision methods for free-field test rooms and hemi-free-field test rooms*”