

Acústica – Parte 3

4ºAno EN-AEL, 3ºAno M

Parâmetros Acústicos

Victor Lobo (Baseado nas apresentações do CFR EN-AEL Mendes Abrantes)

Mestrados Integrados de M (Acústica, Sonar e Armas Submarinas) e EN-AEL (Sistemas de Detecção e Armamento Submarino)

1

Intensidade acústica

- A intensidade acústica é a quantidade de **energia** que atravessa uma unidade de área por segundo (**potência** acústica).
- A relação entre intensidade acústica e pressão acústica é dada pela expressão:

$$I = p^2 / \rho c$$

- I → Intensidade acústica (W/m²)
- p → Pressão (Pa ou N/m²)
- ρ → Densidade do fluido (Kg/m³)
- c → Velocidade do som (m/s)

Diferença entre AMPLITUDE e ENERGIA

2

Intensidade acústica

$$I = p^2 / \rho c$$

- As variações de pressão associadas às vibrações acústicas exprimem-se em **N/m² (PASCAL - Pa)** e designam-se por **pressão acústica (p)**;
- Conseguindo medir a **pressão acústica** consegue-se obter o valor da **intensidade acústica (I)**.
- O valor da pressão acústica é obtido através de **hidrofonos**, que transformam as variações de pressão em diferenças de potencial eléctrico ("voltagem").

3

Noção de Decibel (dB)

- Tendo em conta a capacidade de audição do ouvido humano (de 20 µPa a 200 Pa) considera-se vantajosa a adopção de escalas **logarítmicas**;
- Grandezas acústicas normalmente são expressas em **DECIBEL (dB)**
 - Alexander Graham Bell ⇒ **Bel = log₁₀(P₁/P₀)**

$$\text{Decibel dB} = 10 * \text{Bel} = 10 * \log_{10}(P_1/P_0)$$

4

Noção de Decibel (dB)

- Valor logarítmico** de uma razão entre dois valores de uma grandeza (potência, intensidade, pressão, ..., etc)
- EXEMPLO:** Se I_2 e I_1 forem duas intensidades acústicas, o valor N em dB's que designa a razão I_2/I_1 , pode ser representado pela expressão:

$$N \text{ (dB)} = 10 \log I_2/I_1$$

5

Referencia para Decibel (dB)

- N em dB's corresponde ao valor logarítmico de uma relação entre duas intensidades acústicas I_1 e I_2

$$N \text{ (dB)} = 10 * \log(I_2/I_1)$$

- Notação:

- N dB ref I₁
- N dB re I₁
- N dB // I₁

6

Acústica – Parte 3

4ºAno EN-AEL, 3ºAno M

Intensidade de Referência

- Níveis de intensidade acústica são referidos em relação ao valor da **Intensidade de Referência**;
- A Intensidade de Referência é designada por I_{ref} ou I_0 ;
- Unidade de referência do decibel (I_0):
 - 20 μPa no ar;
 - 1 μPa na água.

7

Intensidade de Referência

- Em acústica submarina I_0 corresponde à intensidade de uma onda plana com uma **pressão acústica efectiva** de **1 μPa** ;
- **Intensidade Acústica** de referência (I_0) é dada por:
 - $I_0 = p_0^2 / \rho_0 c_0$
 - $I_0 = 0,6514 \times 10^{-18} \text{ W/m}^2$
 - $p_0 \rightarrow 1 \mu\text{Pa}$
 - $\rho_0 \rightarrow 1023,4 \text{ Kg/m}^3$
 - $c_0 \rightarrow 1500 \text{ m/s}$

8

Decibel - exemplo

- Qual o nível (N) de uma onda acústica com uma intensidade **100 vezes superior** a uma outra com uma pressão efectiva de 1 μPa ?
 - Em decibel será:
$$N \text{ (dB)} = 10 \log(I_1/I_0)$$
$$= 10 \log(100/1)$$
$$= 20 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}$$
$$= 20 \text{ dB // } 1 \mu\text{Pa}$$

9

9

Decibel - exemplo

- Uma ajuda para interpretar e compreender a Escala Decibel e a sua relação com a Intensidade, podemos recordar que:
 - Um factor de **2** na intensidade é **+3 dB**
 - Um factor de **0,5** na intensidade é **-3 dB**
 - Um factor de **10** na intensidade é **+10 dB**
 - Um factor de **0,1** na intensidade é **-10 dB**

10

10

Unidades de Pressão

- 1 atm = 14,7 psi = 29,92 in. Hg (32°C)
$$= 33,9 \text{ ft H}_2\text{O} = 1,033 \times 10^4 \text{ kgf/m}^2$$
$$= 1,0133 \text{ bar}$$
- 1 bar = $1 \times 10^6 \text{ dyne/cm}^2 = 14,5 \text{ psi} = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$

11

11

Outras unidades de referência

- Em **acústica submarina a unidade de referência é o microPascal**:
 - 1 $\mu\text{PA} = 1 \times 10^{-5} \text{ dyne/cm}^2$
- Anteriormente eram utilizadas outras unidades de referência:
 - 0.0002 dyne/cm²
 - 1 dyne/cm² = 1 μbar

12

12

Acústica – Parte 3

4ºAno EN-AEL, 3ºAno M

Factores de conversão

- Nível de referência de pressão acústica, para converter em **dB re μ Pa** somar :

$$\mu\text{BAR} \text{ ----- } 100$$

$$\text{dyne/cm}^2 \text{ ----- } 100$$

$$0.0002 \text{ dyne/cm}^2 \text{ ----- } 26$$

- Exemplo:
 $22 \text{ dB}/\mu\text{BAR} = (22 + 100) \text{ dB}/\mu\text{Pa} = 122 \text{ dB}/\mu\text{Pa}$

$$96 \text{ dB}/0.0002 \text{ dyne/cm}^2 = (96 + 26) \text{ dB}/\mu\text{Pa} = 122 \text{ dB } // \mu\text{Pa}$$

13

Factores de conversão

- A expressão do dB permite converter valores de razões (intensidades, potências ou pressões) em valores equivalentes em dB's:

Razão de potências ou intensidades	dB	Razão de pressão equivalentes
2 : 1	3	1.4 : 1
4 : 1	6	2 : 1
10 : 1	10	3.2 : 1
10 ⁶ : 1	60	10 ³ : 1

14

Soma de dB's

- O dB é uma unidade diferente da grama ou do metro, como tal, caso se pretenda **conjuguar dois valores expressos em dB será um erro grave simplesmente adicionar as duas expressões**
- Expressões em dB não se podem somar.**
- Esta propriedade resulta da definição:
 - Expressar uma quantidade em dB significa a expressão de uma escala logarítmica e é sabido que **o logaritmo de uma soma não é igual à soma de logaritmos**

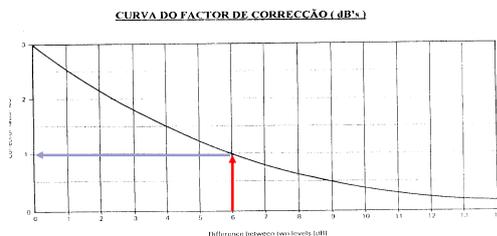
15

Soma de dB's

- Deve ter-se em atenção que **não se podem somar linearmente valores de fontes sonoras diferentes**
- Para esta situação existem **tabelas** que permitem efectuar somas de dB's de forma facilitada
- Exemplos :
 - "uma máquina de lavar roupa e um triturador do lixo, a trabalhar em simultâneo, provocam ruído no valor de 70 e 76 dB's respectivamente. qual o valor total de ruído?"
 - $N_1 = 76 \text{ dB re } 20\mu\text{Pa}$
 - $N_2 = 70 \text{ dB re } 20\mu\text{Pa}$

16

Soma de dB's



- Diferença entre os dois é **6 dB's**. Entra-se no gráfico e obtém-se o incremento de 1 dB que deverá ser somado ao nível acústico mais elevado;
- $76 \text{ dB}/20\mu\text{Pa} + 70 \text{ dB}/20\mu\text{Pa} = (76 + 1) \text{ dB}/20\mu\text{Pa} = 77 \text{ dB}/20\mu\text{Pa}$

17

Soma de dB's

$$N_{\text{total}} = N_1 + 10 \log(1 + 10^{(\Delta N/10)})$$

$$N_1 = 76 \text{ dB}$$

$$N_2 = 70 \text{ dB}$$

$$\Delta N = N_1 - N_2 = 6 \text{ dB}$$

18

Acústica – Parte 3

4ºAno EN-AEL, 3ºAno M

Propagação dos raios sonoros

- Lei de Snell;
- Propagação em Função do Gradiente da Temperatura;
- Propagação em Águas Pouco Profundas;
- Propagação em Águas Profundas;

19



20