

AL — Velocidade de propagação do som: método do eco (e alternativas)

11.º Ano Física e Química A 3 páginas Atividade laboratorial

Objetivo: Determinar experimentalmente a **velocidade de propagação de um sinal sonoro** (método do eco), **identificar fontes de erro**, sugerir **melhorias** e propor **procedimentos alternativos** (osciloscópio/estalo de mão) — avaliando procedimentos e comunicando resultados.

Material e reagentes

Material	Função / nota
Faixa ≥ 100 m reta e plana (pátio/paredão/encosta lisa)	caminho acústico de ida e volta — $v = 2d/t$
Cronómetro (cronómetro de mão ou app com ms)	medir o tempo do eco
Fita métrica / rotação de passos calibrados	medir d
Osciloscópio + 2 microfones + cronómetro multicanal (alternativa)	procedimento alternativo: $v = \Delta d/\Delta t$
Termómetro	temperatura do ar (afeta v)

Normas de segurança

- Local livre de trânsito e obstáculos; **não atravessar vias** a medir.
- Som forte direcionado à parede — **nunca aos ouvidos** de ninguém (risco acústico).
- Trabalhar em dupla: um grita, outro cronometra; comunicação por gestos (o eco atrasa-se!).
- Terreno firme e seco; calçado fechado.

Procedimento — método do eco

- Hipótese:** o som no ar a 20 °C propaga-se a ≈ 340 m/s — a medição deve ficar perto ($\pm 5\%$)?
- Escolher e **medir a distância d** até à superfície refletora (plana e lisa): ex. $d = 100,0$ m.
- De costas para a parede, **gritar de uma vez** e cronometrar do grito ao **eco**.
- 5 repetições** (mesmo operador) — e depois trocar os papéis (outro operador).
- Registar a **temperatura** do ar (a v depende dela: $\approx +0,6$ m/s por °C).
- Alternativa (menor erro): dois microfones separados por Δd ligados ao osciloscópio — medir o **defasagem Δt** entre os sinais $\rightarrow v = \Delta d/\Delta t$.
- Comunicar: tabela de tempos, v calculada, comparação com 340 m/s, fontes de erro e melhorias.

Âncora das AE: «determinar experimentalmente a velocidade de propagação de um sinal sonoro, identificando fontes de erro, sugerindo melhorias na atividade laboratorial e propondo procedimentos alternativos» — todos os pontos desta ficha cumprem essa frase.

Registo de dados

Tabela 1 — Éco, d = m, T = °C

Ensaio	1	2	3	4	5	$\bar{t} \pm$ dispersão (s)
Operador A (s)						
Operador B (s)						

Gráfico opcional: v vs T (se houver ensaios a diferentes temperaturas) — ou v vs 1/t em ensaios com d diferentes (para ganhar confiança).

Tratamento de resultados

O som percorre ida e volta → dois caminhos de d:

$$v = 2d / \bar{t}$$

Verificação com d = 100,0 m e $\bar{t} = 0,59$ s:

$$v = 2 \times 100,0 / 0,59 \approx 339 \text{ m/s} \quad (\approx 1\,220 \text{ km/h})$$

Erro relativo vs referência (340 m/s a 20 °C):

$$Er = |v_{exp} - 340| / 340 \times 100 \% \quad (339 \rightarrow \approx 0,3 \%)$$

Conversão de escala: 1 m/s = 3,6 km/h (339 × 3,6 ≈ 1 220 km/h — mais rápido que um avião subsonico em cruzeiro? ~900 km/h: sim! o som «passa» aviões comerciais em subsónico).

Procedimento alternativo (osciloscópio): com Δd = 2,00 m entre microfones e Δt = 5,8 ms medidos no ecrã:

$$v = 2,00 / 0,0058 \approx 345 \text{ m/s}$$

Comparação dos métodos: qual dá erro menor? (Osciloscópio: Δt em milissegundos, sem reação humana — mas exige equipamento. Eco: acessível, mas depende do ouvido e da mão.)

Concordância entre operadores: se $|\bar{t}_A - \bar{t}_B|$ exceder a dispersão interna, o erro de reação domina — é sistemático (viciado por baixo/por cima), não aleatório.

Análise e conclusão

1. O valor obtido está dentro de $\pm 5\%$ de 340 m/s ? O que a dispersão dos 5 ensaios diz sobre a **reprodutibilidade** do método?
2. **Fontes de erro:** identifica e classifica (sistemático vs aleatório) — reação do cronómetro, eco múltiplo/reflexos laterais, vento (arrasto do ar), medida de d , temperatura. Qual domina e em que **sentido** desvia v (para mais/para menos)?
3. **Melhorias:** propõe duas (ex.: d maior — erro relativo do tempo cai; disparador automático; média de mais ensaios) e diz que erro cada uma reduz.
4. **Procedimento alternativo:** descreve o método dos dois microfones/osciloscópio — porque é que ele contorna o erro de reação? E um terceiro (ex.: câmara lenta/estalo + smartphone) — cada um com o seu compromisso.
5. Temperatura: a $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ o som seria mais lento ou mais rápido (ar mais denso $\neq$ — pensa em moléculas com menos energia cinética)? Que correção farias com um ensaio a $5\text{ }^{\circ}\text{C}$?
6. **Comunicação:** escreve a conclusão (4–5 linhas) — método, $v \pm$ erro, decisão sobre a hipótese e a melhoria mais importante.

Fontes de erro sistemático

- **Reação do operador** ($\approx 0,15\text{--}0,3\text{ s}$): $t_{\text{medido}} > t_{\text{real}} \rightarrow v = 2d/t$ **subestimada** — dominante no eco; por isso se escolhe **d grande** — o erro relativo do tempo cai.
- Pressão/temperatura do ar (referência fixa a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ sem correção).
- Eco múltiplo: cronometrar o 2.º eco (t quase dobro $\rightarrow v$ quase metade — confundir eco é clássico).
- Distância medida ao longo errado (não perpendicular à parede).

Conclusão-chave: o som no ar a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ propaga-se a $\approx 340\text{ m/s}$ — confirmado com erro típico de $1\text{--}5\%$ no método do eco e $< 2\%$ no osciloscópio.

A lição de método: **o erro dominante é humano** e trata-se com d maior ou instrumentação — «melhorar o procedimento» vale mais do que «repetir o mesmo».

Nota: AL das AE de FQ-A 11.º ano — domínio «Sinais e ondas» (determinação experimental da velocidade do som + fontes de erro + melhorias + alternativas). Liga: ficha 5 (velocidades por meio, conversão de sinais) e AL 19 (leitura de sinais no osciloscópio).