

AL — Resultante de forças: de repouso e movimento uniforme ao MUV

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

Objetivo: Investigar o movimento de um corpo quando sujeito a uma **resultante nula e não nula**, relacionar experimentalmente **velocidade e deslocamento num MUV**, determinar a **aceleração** (gráfico v-t) e a **resultante** (LFD) — formulando hipóteses, avaliando procedimentos e comunicando conclusões.

Material e reagentes

Material	Função / nota
Carrinho com rodas e rail/bancada reta (≈ 2 m)	corpo em estudo; atrito de rolamento pequeno
Massa motriz (pesos de 50 g) + fio e roldana na extremidade	força constante conhecida: $F_m = m_p \cdot g$
Sensor de movimento (ultrassons) + suporte/PC (ou ticker-timer)	recolher x-t → v-t
Balança (massa do carrinho), régua	massas e calibração

Normas de segurança

- Carrinho só no rail — **nunca a lançar** para o lado (rolar para o chão, pés).
- Massas penduradas: **bem fixas** e sem balanço — nunca sobre os dedos.
- Sensor posicionado à **altura do carrinho**, sem mãos à frente da trajetória.
- Recolher pesos pela base; rail firme (não deslizar na bancada).

Procedimento

- Hipóteses:** (a) sem força motriz, o carrinho manterá v? (b) com força constante, o movimento é *que tipo* — e o gráfico x-t será reta ou parábola?
- Parte I — resultante ≈ 0:** pôr o carrinho em repouso (nada o empurra) → registar estado; depois impulsioná-lo levemente e observar (com as rodas livres) o que acontece à velocidade quando a força acaba (aproxima-se do uniforme).
- Parte II — resultante ≠ 0:** montar massa motriz de $m_p = 50\text{ g}$; largar o carrinho do repouso com o sensor ativo — registar $x(t)$ ao longo de ≥ 1,5 m.
- Repetir a Parte II **3x** (reprodutibilidade).
- Repetir com $m_p = 100\text{ g}$ (força dobrada) — prever antes: a dobra?
- Obter o gráfico **v-t** (pendente do x-t) e medir a aceleração.
- Comunicar: gráficos, tabelas, cálculo de F_{res} e comparação com o teórico, com erro e conclusão.

Âncora das AE: «resultante nula → repouso ou uniforme (1.ª lei)» · «resultante não nula → aceleração na sua direção (2.ª lei)» — e a geologia do 11.º ano (materiais em zona de vertente) reaparece na análise 6.

Registo de dados

Tabela 1 — Parte II, m_p = 50 g (exemplo de escala do sensor)

t (s)	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	...
x (m)	.....	.....	.....	.....	.....	.....
v (m/s)	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Tabela 2 — Síntese das condições

Condição	m _p (g)	F _m = m _p g (N)	a medida (m/s²)	a teórica (m/s²)
II-a	50	0,49	.....	.....
II-b	100	0,98	.....	.....

Gráficos: (1) x vs t (espera-se parábola → MUV) · (2) v vs t (espera-se reta → pendente = a).

Tratamento de resultados

1. Aceleração pelo gráfico v-t:

$a = \Delta v / \Delta t = \text{declive da reta } v\text{-}t \text{ (unidades: m/s}^2\text{)}$

2. Resultante medida (LFD): com $M = m_{\text{carrinho}} + m_p$ (todo o sistema acelera):

$F_{\text{res}} = M \cdot a$

3. Resultante teórica (sem atrito): $F_{\text{teórica}} = m_p \cdot g$ (o peso motriz).

Exemplo de verificação (m_c = 0,50 kg, m_p = 0,05 kg):

$F_{\text{teórica}} = 0,05 \times 9,8 = 0,49 \text{ N} \cdot a_{\text{teórica}} = 0,49 / 0,55 \approx \mathbf{0,89 \text{ m/s}^2}$

Se a medição der $a \approx 0,80 \text{ m/s}^2 \rightarrow F_{\text{res}} = 0,55 \times 0,80 \approx \mathbf{0,44 \text{ N}} \text{ — } \approx \mathbf{10 \% \text{ abaixo do teórico:}}$ perdas no atrito de rolamento e no fio. É resultado, não fracasso — quantificar é avaliar o procedimento.

4. Erro relativo: $Er = |a_{\text{med}} - a_{\text{teórica}}| / a_{\text{teórica}} \times 100 \%$ · 5. Dobrar m_p: a teórica **duplica** (F ∝ m_p com M constante) — comparar com a medida (dobra? fica abaixo?).

Análise e conclusão

1. Parte I: o que se observa no repouso e depois da impulsão? Relaciona com a **1.ª Lei** — porquê «resultante nula» não significa «parado»?
2. Parte II: o gráfico $x-t$ deu parábola e o $v-t$ reta? O que cada um prova sobre o movimento (MUV) — e porquê a **pendente do $v-t$** é a aceleração?
3. Compara $F_{\text{res}} = M \cdot a$ com $m_p \cdot g$: os valores batem dentro do erro? Que **sentido** tem o desvio e qual a causa física (o que «come» força)?
4. Dobrar a massa motriz: a aceleração dobra? Justifica com a **2.ª Lei** (M fixo, F dobra $\rightarrow$ a dobra) e com os teus dados — o que acontece se dobrarem F e a massa do sistema?
5. **Geologia (cruzamento interdisciplinar)**: num declive (zona de vertente), o peso tem componente ao longo do plano — se a componente vencer o atrito, o material desliza. Que «resultante» explica um deslizamento e porque é que a chuva (lubrificação $\rightarrow$ menos atrito) deflagra a instabilidade?
6. Comunicação: escreve a **conclusão** (4–5 linhas) — hipóteses, o que foi medido, F_{res} vs teórico com erro, decisão sobre as hipóteses.

Fontes de erro sistemático

- **Atrito de rolamento e do fio** (dominante): F medida $< m_p g \rightarrow$ a medida $<$ teórica.
- Massa do fio/roldana e destricidade não contadas em M .
- Arranque não exatamente do repouso; fio não paralelo à bancada (componente vertical).
- Sensor: primeira amostra instável; v obtida por diferença de x (ruído amplificado).

Conclusão-chave: sem resultante, o movimento **não muda** (repouso ou uniforme); com resultante constante, o movimento é **MUV** com **a na direção da resultante** — e a LFD $F = M \cdot a$ liga o gráfico à força com erro quantificável (~10 % de atrito). «Medir abaixo do teórico e explicar porquê» é exatamente o «avaliar procedimentos» das AE — e é o mesmo raciocínio com que a geologia explica vertentes instáveis.

Nota: AL das AE de FQ-A 11.º ano — domínio «Forças e movimentos» («investigar o movimento com resultante nula e não nula... relacionar velocidade e deslocamento num MUV, determinando a aceleração e a resultante»). Liga: fichas 1–2 (gráficos, Leis de Newton) · geologia 11 (materiais em zona de vertente).