



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Departamento de Física Teórica

Medidas de tempo de queda de um objeto  
e Estimativa para gravidade no local

Aluno: José Gonçalves Chaves Junior

M:202020477411

Curso: Física

Prof: Antonio Vilela

## Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Objetivo</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Procedimento Experimental</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Análise dos Dados Coletados</b>	<b>4</b>
4.1	Estimativas finais para o tempo de queda . . . . .	6
<b>5</b>	<b>Estimativas para gravidade</b>	<b>7</b>
<b>6</b>	<b>Compatibilidade</b>	<b>7</b>
<b>7</b>	<b>Conclusão</b>	<b>8</b>
7.1	Respostas . . . . .	9
<b>8</b>	<b>Bibliografia</b>	<b>10</b>

## Lista de Tabelas

1	Dados coletados nas 30 primeiras medições do tempo de queda . . . . .	4
2	Dados coletados nas últimas 30 medições do tempo de queda. . . . .	4
3	Valor máximo e intervalo do valor máximo do Histograma (b). . . . .	5
4	Valor mínimo e intervalo do valor máximo do Histograma (b). . . . .	5
5	Média e Desvio Padrão das medições. . . . .	6
6	Incertezas das medições. . . . .	6
7	Dados para a compatibilidade com o valor referência. . . . .	7

# 1 Introdução

Desde os tempos mais remotos, o homem estuda os movimentos que ocorrem na natureza. Aristóteles, filósofo grego, acreditava que, se abandonássemos dois corpos de massas diferentes, de uma mesma altura, o corpo mais pesado tocara o solo primeiro, ou seja, o tempo de queda desses corpos seriam diferentes.

Essa crença perdurou por muito tempo, até a chegada do século XVII. Ao introduzir o método experimental, Galileu Galilei chegou à conclusão de que dois corpos de massas diferentes, quando desprezada a resistência do ar e abandonados da mesma altura, alcançam o solo no mesmo instante, e podemos perceber isso através da função horária:

$$H(t) = H_0 + v_0t + \frac{1}{2}gt^2$$

Dessa equação, podemos isolar  $g$ :

$$g = \frac{2(H - H_0 - v_0t)}{t^2}$$

Como sabemos  $H$ ,  $H_0$ ,  $t$ , e como o objeto parte do repouso, finalmente teremos:

$$g = \frac{2H}{t^2}$$

Dessa forma, vemos que o tempo de queda contribui para a aceleração do corpo, não a massa (nesse caso). Desprezando a resistência do ar, dois objetos de massas diferentes quando abandonados do repouso chegam ao mesmo tempo ao solo pois estão sob influência da mesma aceleração ( $g$ ).

## 2 Objetivo

Neste Experimento, o objetivo é estimar o tempo de queda de um objeto e após o procedimento, estimar o módulo da gravidade no local do experimento e verificar se o resultado é compatível ou não com o valor de referência  $g = 9,787899 \text{ m.s}^{-2}$ .

## 3 Procedimento Experimental

Para realizar o experimento, foi usado:

1. Uma trena (  $3 \pm 0,01 \text{ m}$ );
2. Uma borracha de látex (  $6 \text{ cm} \times 2 \text{ cm}$  );
3. Caneta Esferográfica de cor Azul (  $15\text{cm} \times 0,5\text{cm} \times 0,5 \text{ cm}$ );
4. Cronômetro do celular com marcação na ordem dos ms;

De início, a trena foi usada para medir  $1,80 \text{ m}$  a partir do solo e marcar um ponto na parede, para ser o ponto inicial da queda. Logo após a marcação, a borracha foi solta da altura, mediu-se 60 vezes seu tempo de queda, e, após a coleta, os dados foram analisados para estimar o tempo de queda.

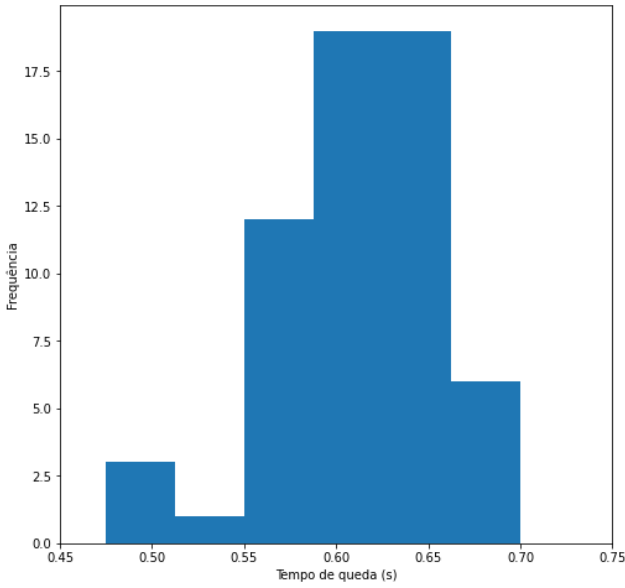
## 4 Análise dos Dados Coletados

-	t(s)	-	t(s)
1	0,50	16	0,61
2	0,61	17	0,56
3	0,58	18	0,51
4	0,60	19	0,57
5	0,59	20	0,65
6	0,62	21	0,63
7	0,57	22	0,62
8	0,58	23	0,60
9	0,62	24	0,65
10	0,60	25	0,57
11	0,64	26	0,63
12	0,60	27	0,55
13	0,60	28	0,68
14	0,54	29	0,63
15	0,57	30	0,55

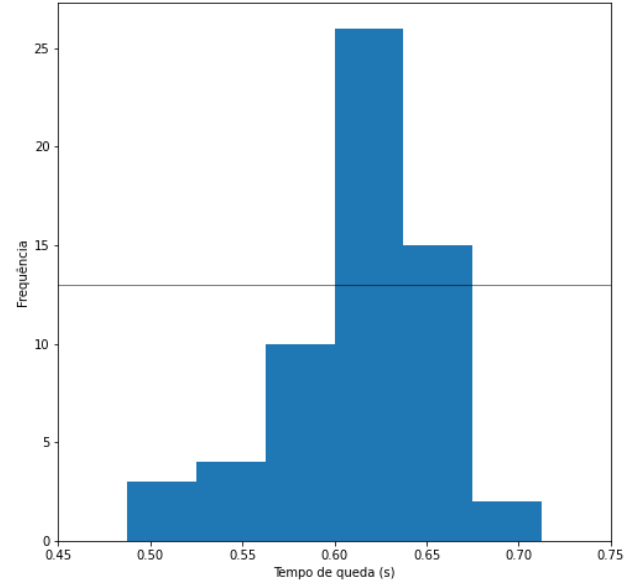
Tabela 1: Dados coletados nas 30 primeiras medições do tempo de queda

-	t(s)	-	t(s)
31	0,55	46	0,65
32	0,63	47	0,66
33	0,63	48	0,63
34	0,67	49	0,67
35	0,67	50	0,68
36	0,66	51	0,66
37	0,65	52	0,61
38	0,63	53	0,62
39	0,62	54	0,61
40	0,57	55	0,60
41	0,51	56	0,66
42	0,58	57	0,65
43	0,65	58	0,62
44	0,67	59	0,60
45	0,58	60	0,62

Tabela 2: Dados coletados nas últimas 30 medições do tempo de queda.



(a) Histograma das 60 medidas



(b) Histograma com largura a meia altura\*

Figura 1: Histogramas das medições.

\* - Largura a meia altura: 0.075

\* - Valor a meia altura: 13.0

Valor Máximo	Intervalo
26.0	(0.6, 0.638)

Tabela 3: Valor máximo e intervalo do valor máximo do Histograma (b).

Valor Mínimo	Intervalo
0.0	(0.45,0.75)

Tabela 4: Valor mínimo e intervalo do valor máximo do Histograma (b).

-	t(s)
Média	0,612
Desvio Padrão	0,043

Tabela 5: Média e Desvio Padrão das medições.

Incerteza Estatística (s)	Erro da Média* (s)
0.005	0.011

Tabela 6: Incertezas das medições.

\* - O erro da média foi calculado através do erro instrumental de 0,01 m recomendado pela *Prof.<sup>a</sup> Maria de Fátima* no roteiro, e calculado a partir da soma em quadratura dos erros.

#### 4.1 Estimativas finais para o tempo de queda

$$t = (0,61 \pm 0,01) \text{ s}$$

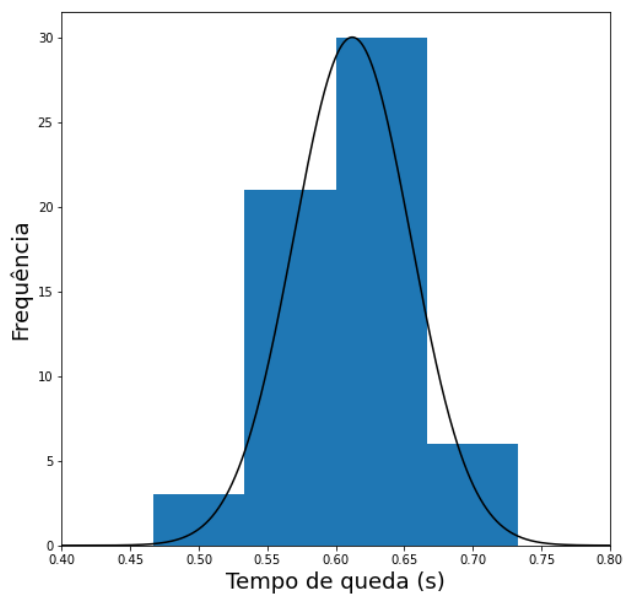


Figura 2: Distribuição Gaussian do valor do tempo de queda encontrado.

## 5 Estimativas para gravidade

Para estimarmos o valor da gravidade, utilizaremos as equações:

$$g = \frac{2H}{média_t^2} \pm \sigma_g \quad (1)$$

onde ,

$$\sigma_g = \sqrt{\left(\frac{\sigma_g}{\sigma_t}\right)^2 \cdot \sigma_t} = 0,36 m.s^{-2}.$$

Além de considerármos H constante e igual à 1,80m e o valor de t ser igual à  $média_t$ , temos que

$$\frac{\sigma_g}{\sigma_t} = \frac{-4H}{média_t^3}$$

teremos como valor final:

$$g = (9,61 \pm 0,36) m.s^{-2}. \quad (2)$$

## 6 Compatibilidade

Com os nossos resultados, podemos verificar a compatibilidade destes, com o valor referência  $g = 9,787899 m.s^{-2}$ .

Discrepância	0,176 m.s <sup>2</sup>
Erro Relativo	0,037
Erro Percentual	3,73 %

Tabela 7: Dados para a compatibilidade com o valor referência.



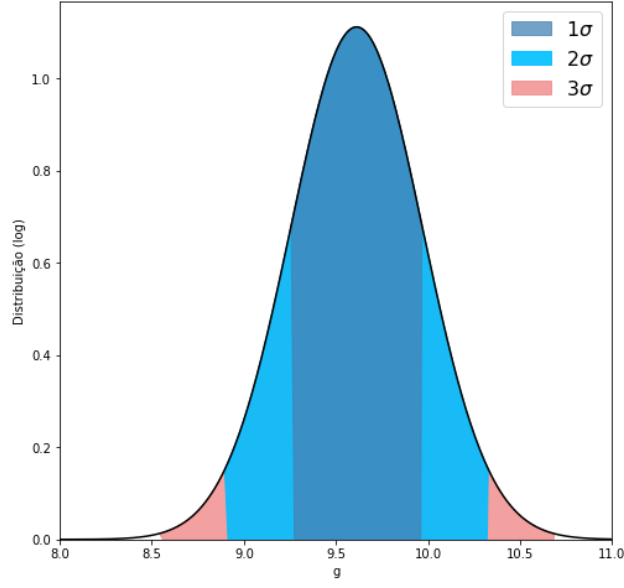


Figura 3: Intervalo de confiança do valor de  $g$  encontrado.

## 7 Conclusão

Para sabermos se o resultado é compatível ou não, basta calcularmos a razão

$$r = \frac{|g_{ref} - g_{exp}|}{\sigma_g} = 0,4911 \quad (3)$$

Portanto, por  $r \leq 2$ , podemos afirmar que o valor é compatível com o referente, o que pode ser evidenciado pela Figura 3.

## 7.1 Respostas

**1-** A última medição que fiz foi para medir a mesa do meu quarto. Os experimentos realizados no laboratório contribuíram bastante para que eu tivesse sucesso na medição, como queria movê-la de lugar no meu escritório, e por este ser pequeno, foi necessário medir com bastante atenção (não só para não ser um esforço em vão, mas para que funcionasse), e funcionou!

**2-** Através das incertezas, podemos ter uma base melhor para analisar, ou seja, podemos antes de realizar algum trabalho, analisar se é válido ou não.

**3-** Por mais que os **Histogramas (a) e (b)** apresentem intervalos com uma alta amplitude, quando olhamos a **Figura 2** podemos ver que a função ficou bem distribuída, e o valor médio se encontra realmente numa região de maior "frequência".

**4-** Não foi o que eu esperava. Talvez por não ter uma bolinha ou uma esfera maçica em casa, o formato do objeto pode ter contribuído pela discrepância. Entretanto, o valor encontrado satisfaz, mesmo assim, quando comparado com o tempo previsto; inclusive, com o mesmo erro da média.

## 8 Bibliografia

Ref. 1: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/queda-livre.htm> ;

Ref. 2: <https://querobolsa.com.br/enem/fisica/queda-livre-e-lancamento-vertical> ;

Ref. 3: “*Estimativas e erros em experimentos de Física*”, coleção Comenius, 3a Edição. Ed UERJ.