

Ministério da Educação  
Departamento do Ensino Secundário



## Bola Saltitona

### Actividade Prática no Laboratório

Programa de Física e Química A  
10º Ano

Trabalho Realizado por:

Maria Helena Ferraz  
Marta Vilela

Novembro de 2001

Acompanhamento de Professores no Ensino Experimental das Ciências

# ÍNDICE

	Pág.
Introdução	3
Planificação	4
Relatório	5
Transformações	6
Conclusão	8
Anexos	

## INTRODUÇÃO

O presente trabalho insere-se no âmbito do novo programa de Física e Química A para o 10º ano de escolaridade na unidade 2 - Energia em movimento e refere-se à actividade prática laboratorial AL 2.2 - Bola saltitona.

A actividade consiste em deixar cair uma bola de diferentes alturas, medir a altura atingida no primeiro ressalto e traçar o gráfico  $h_f = f(h_i)$ . A experiência foi realizada com quatro bolas de elasticidades diferentes para simular a situação de trabalho que decorrerá num turno de quatro grupos (cada grupo usa apenas uma bola).

Foi utilizado o sensor de movimento da PASCO SCIENTIFIC. Este sensor usa o software Science Workshop que permite registar em tabela e/ou em gráfico a posição em função do tempo. Usando a calculadora deste programa, pode-se calcular outras grandezas relacionadas com a posição medida pelo sensor ou com grandezas dela derivadas ( velocidade, aceleração). Pode assim obter-se altura, energia potencial gravítica, energia cinética, energia mecânica, etc. registando-as em função do tempo.

No caso presente, a variável posição,  $x$  - distância ao sensor, foi transformada na variável altura,  $h$  - distância ao solo, obtendo-se assim quer a tabela quer o gráfico,  $h=f(t)$  ( ver Anexo 1 )

A altura inicial  $h_i$  e a altura do primeiro ressalto  $h_f$  foram obtidos por leitura no gráfico e/ ou na tabela para cada um dos ensaios ( no Anexo 2 encontram-se gráficos  $h= f(t)$ , mostrando alguns dos ensaios realizados para cada bola ).

O traçado do gráfico, da melhor recta e respectiva equação, foi feito em Excel.

Em substituição do sensor de movimento utilizado pode recorrer-se a

- qualquer outro sensor de posição, nomeadamente ao CBR, que se adapta à calculadora gráfica da TEXAS INSTRUMENTS
- uma fita métrica.

# PLANIFICAÇÃO

## Domínio Conceptual

### Teoria

Transferências e transformações de energia.

### Princípios / Leis

Lei de Conservação de Energia.

### Conceitos

Medição.  
Energia dissipada.  
Transferências de energia.  
Transformações de energia.  
Interpretar gráficos.  
Leitura em gráficos.

## Domínio Metodológico

### Juízos de Valor

Interpretar as causas das diferenças nos resultados obtidos pelos vários grupos.

### Juízos Cognitivos

Resposta à questão problema por interpolação ou extrapolação do gráfico obtido.

### Transformações

Gráfico  $h_f = f(h_i)$ .  
Traçado da melhor recta.

### Registos

Cada grupo regista para a sua bola os diferentes valores de  $h_i$  e  $h_f$ .

Regista também a altura da janela do R/C.

### Questão Central

De que altura mínima terá de ser largada uma bola, para que no seu primeiro ressalto atinja a janela do rés-do-chão da Escola

?

### Acontecimentos / Objectos

Deixar cair uma bola de diferentes alturas e medir a altura atingida no primeiro ressalto.

Bolas com elasticidade diferente.  
Sensor de movimento.

# RELATÓRIO

## Domínio Conceptual

### Teoria

Transferências e transformações de energia.

### Princípios / Leis

Lei de Conservação de Energia.

### Conceitos

Medição.  
Energia dissipada.  
Transferência de energia.  
Transformações de energia.  
Interpretar gráficos.  
Leitura em gráficos.

### Questão Central

De que altura mínima terá de ser largada uma bola, para que no seu primeiro ressalto atinja a janela do rés-do-chão da Escola

?

## Domínio Metodológico

### Juízos de Valor

Cada um dos grupos obteve por extrapolação do respectivo gráfico diferentes valores para a altura mínima pedida, devido à diferente elasticidade das bolas usadas.

Em todos os ensaios a altura do primeiro ressalto ( $h_i$ ) é inferior à altura inicial ( $h_i$ ) devido à dissipação de energia durante o batimento no solo.

### Juízos Cognitivos

Bola 0  $h_i = 1,634$  m      Bola 1  $h_i = 1,713$  m  
Bola 2  $h_i = 1,446$  m      Bola 3  $h_i = 1,701$  m

### Transformações

Tabelas e gráficos de  $h_f = f(h_i)$ .  
(pág. 6, 7)

### Registos

$h_{\text{janela R/C}} = 1,0000 \text{ m} \pm 0,0005 \text{ m}$

A posição registada pelo sensor foi convertida em altura (anexo 1)

$h_i / h_f$  para as diferentes bolas.

Bola 0 – 0,913 / 0,610; 0,979 / 0,649; 1,106 / 0,733 ...  
Bola 1 – 1,459 / 0,855; 1,474 / 0,865; 1,412 / 0,837 ...  
Bola 2 – 0,939 / 0,695; 0,952 / 0,700; 0,988 / 0,721 ...  
Bola 3 – 1,061 / 0,640; 1,073 / 0,646; 1,099 / 0,654 ...

### Acontecimentos / Objectos

Deixar cair uma bola de diferentes alturas e medir a altura atingida no primeiro ressalto.

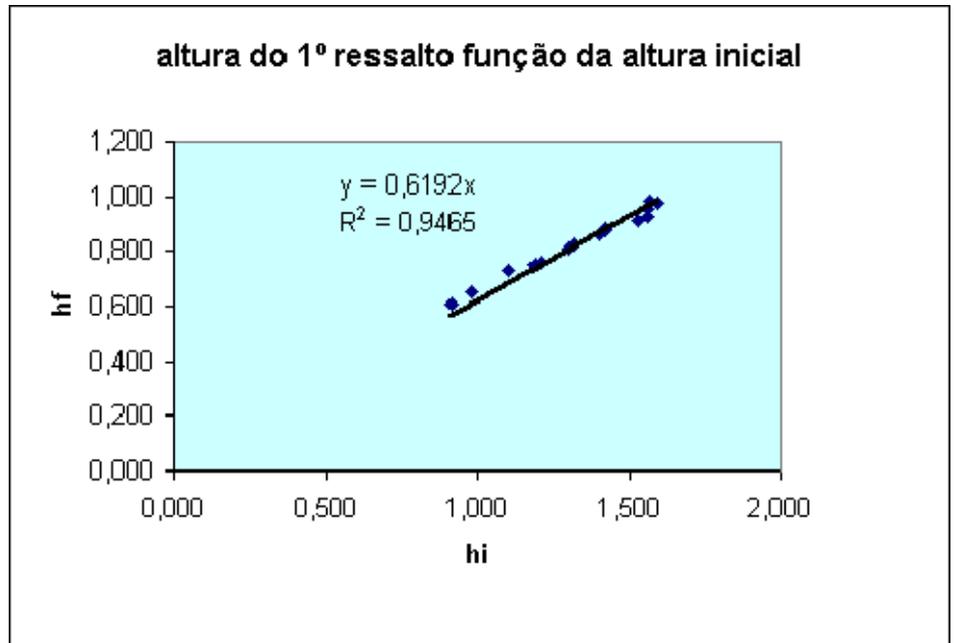
Bolas com elasticidade diferente.  
Sensor de movimento.

# TRANSFORMAÇÕES

**Bola spalding - Bola 0**

$m = 263,27 \text{ g} \pm 0,01 \text{ g}$

hi /m	hf /m
0,913	0,610
0,979	0,649
1,106	0,733
1,190	0,755
1,210	0,757
1,302	0,810
1,319	0,825
1,402	0,860
1,425	0,878
1,427	0,879
1,530	0,908
1,559	0,951
1,564	0,925
1,568	0,986
1,592	0,974
1,593	0,978

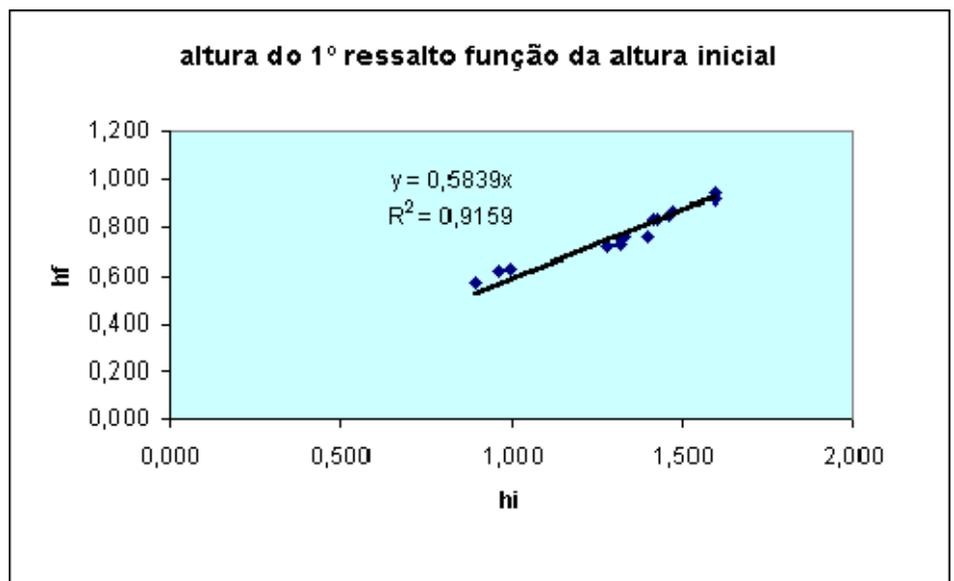


coeficiente de restituição,  $e = (hf/hi)^{1/2}$   
 $e^2 = 0,6192$        $e = 0,787$

**Bola Mikey - Bola 1**

$m = 143,52 \text{ g} \pm 0,01 \text{ g}$

hi /m	hf /m
1,459	0,855
1,474	0,865
1,412	0,837
1,428	0,839
1,326	0,763
1,314	0,757
1,397	0,763
1,282	0,719
1,317	0,731
0,961	0,620
0,890	0,567
0,997	0,631
1,592	0,920
1,592	0,943

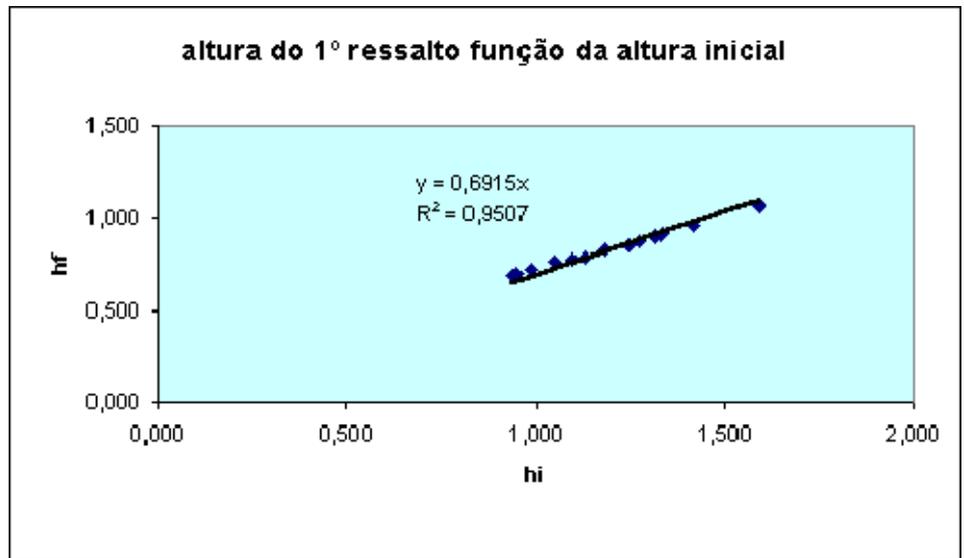


$e^2 = 0,5839$        $e = 0,764$

**Bola Preta e Branca - Bola 2**

$m = 378,26 \text{ g} \pm 0,01\text{g}$

hi /m	hf /m
0,939	0,695
0,952	0,700
0,988	0,721
1,052	0,761
1,097	0,782
1,132	0,793
1,183	0,827
1,246	0,848
1,275	0,872
1,316	0,901
1,318	0,902
1,330	0,906
1,337	0,920
1,414	0,956
1,593	1,069
1,594	1,076

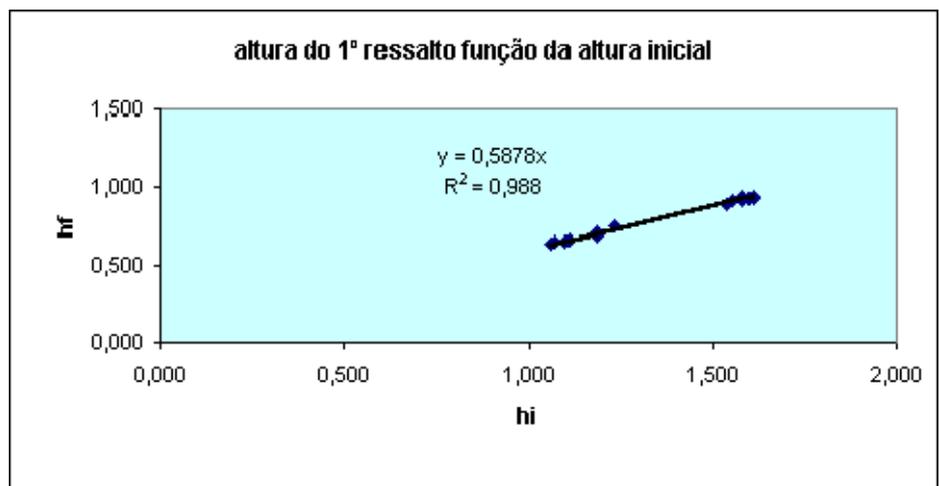


$e^2 = 0,6915$   
 $e = 0,823$

**Bola de Tênis - Bola 3**

$m = 56,49 \text{ g} \pm 0,01 \text{ g}$

hi /m	hf /m
1,061	0,640
1,073	0,646
1,099	0,654
1,107	0,667
1,181	0,691
1,183	0,714
1,229	0,748
1,538	0,885
1,554	0,916
1,580	0,909
1,583	0,936
1,599	0,932
1,605	0,934
1,606	0,942
1,606	0,936
1,608	0,934



$e^2 = 0,5878$   
 $e = 0,767$

## CONCLUSÃO

Esta actividade prática é de fácil realização se forem utilizados sensores e software adequado, podendo mesmo ser feita uma análise energética quantitativa dos resultados. O recurso à fita métrica torna-se mais demorado, obriga a uma repetição muito maior dos ensaios a realizar, e são muitos os erros cometidos.

Esta actividade requer uma aula posterior, para análise e reflexão dos resultados obtidos e a introdução do conceito de coeficiente de restituição como característica dos materiais envolvidos.

### NOTA:

Numa colisão frontal, seja elástica ou inelástica, chama-se coeficiente de restituição,  $e$ , ao quociente

$$e = \frac{v_{afastamento}}{v_{aproximação}}$$

para as colisões elásticas,  $v_{af} = v_{ap} \Rightarrow e = 1$

para as colisões perfeitamente inelásticas,  $v_{af} = 0 \Rightarrow e = 0$

No choque bola – solo que a rebate, o coeficiente de restituição está compreendido entre 0 e 1, porque a colisão não é perfeitamente inelástica, nem é elástica.

Nesta situação, utilizando as leis do movimento uniformemente variado, pode exprimir-se o coeficiente de restituição em função das alturas inicial e final

$$e = \sqrt{\frac{h_f}{h_i}}$$

sendo  $h_f$  e  $h_i$  as alturas máximas consecutivas que a bola atinge

O valor do coeficiente de restituição, calculado a partir do declive da recta no gráfico  $h_f = f(h_i)$  pode ser relacionado com a dissipação de energia e com a elasticidade dos materiais.

As relações assim estabelecidas poderão servir para explicar o uso de bolas de diferentes tipos ( mais ou menos elásticas ) conforme os jogos desportivos em questão ( basquetebol; andebol; voleibol; futebol; ténis ... )

Este trabalho permite o uso das novas tecnologias (TIC) aproveitando as potencialidades do Excel para o traçado da melhor recta e respectiva equação.

### **Alternativas para a Questão Central**

- Uma bola deixada cair da janela do primeiro andar ultrapassa, no primeiro ressalto, a janela do rés do chão, da Escola?
- Poderias apanhar uma bola, no primeiro ressalto, à saída de um cesto de basquetebol sem te baixares?

A escolha da questão central deve ser tal que o aluno tenha necessidade de extrapolar ou interpolar o gráfico. Se a escala não estiver adequada, é sempre possível utilizar a equação da recta e recorrer ao cálculo matemático.

O uso do sensor, permite guardar os resultados desta actividade no computador, de modo a poderem ser explorados de modo diferente, em termos energéticos numa posterior experiência, por exemplo de variação de Energia Mecânica (AL 2.3) podendo nessa altura traçar-se os gráficos  $E_{pg} = f(t)$ ;  $E_c = f(t)$ ;  $E_m = f(t)$  ( ver Anexo 3 ).

## **ANEXOS**

# **ANEXO 1**

## **ANEXO 2**

## **ANEXO 3**