

# Física e Química A

## “Actividade Prático-Laboratorial 1.3 – Salto para a piscina”



Ano lectivo de 2009/2010

# Índice

Sumário.....	3
--------------	---

## I – Relatório

1.1. Objectivos .....	4
1.2. Planeamento .....	5
1.3. Execução .....	6
1.4. Resultados Obtidos .....	7
1.5. Análise dos Resultados Obtidos .....	13
Conclusão .....	17
Bibliografia .....	18

## Sumário

Com esta actividade pretende-se estabelecer a relação que existe entre a velocidade de lançamento horizontal de um projectil, de uma dada altura  $h$  do solo, com o alcance do mesmo, ao nível do solo. Para tal, utilizou-se uma calha e um projectil, de maneira a que este fosse lançado horizontalmente.

Para determinar o valor da velocidade do projectil ao sair da calha de madeira recorreu-se a dois métodos:

- aplicando a lei da conservação da energia;
- aplicando as leis horárias do movimento.

Como resultado obteve-se valores muito próximos para as velocidades iniciais (velocidade de saída da esfera da calha) nos dois métodos.

Verificámos ainda que os valores da velocidade são independentes da massa das esferas, pela lei da conservação de energia.

## Objectivos

Os objectivos desta actividade prático-laboratorial são: respeitar os cuidados de segurança a ter na realização da actividade; aprender a manipular correctamente o material utilizado; construir uma montagem laboratorial a partir de um esquema ou de uma descrição; identificar material e equipamento de laboratório e explicar a sua utilização/função; determinar a velocidade inicial de um projectil, no instante em que é lançado horizontalmente; aplicar as leis horárias do movimento; aplicar a lei da conservação da energia mecânica; relacionar o alcance com a posição de onde é lançado e velocidade inicial e interpretar o movimento de um projectil lançado horizontalmente como a sobreposição de dois movimentos, um rectilíneo uniforme, segundo o eixo  $xx$ , e outro rectilíneo uniformemente acelerado, segundo o eixo  $yy$ .

## Planeamento

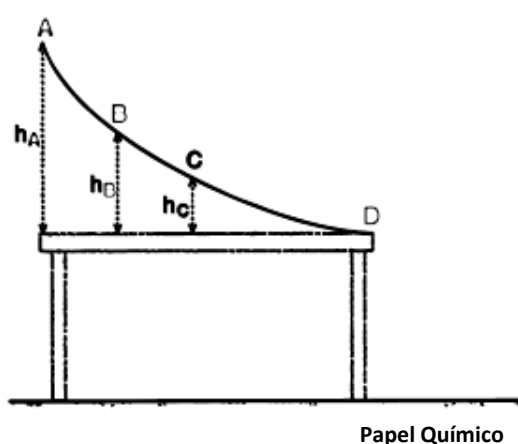
O material utilizado nesta actividade laboratorial foi:

- Calha de Madeira;
- Duas esferas metálicas com massas diferentes;
- Mesa;
- Fita Métrica;
- Papel Químico;
- Folhas de Papel Branco;
- Cronómetro;
- Fita-cola.

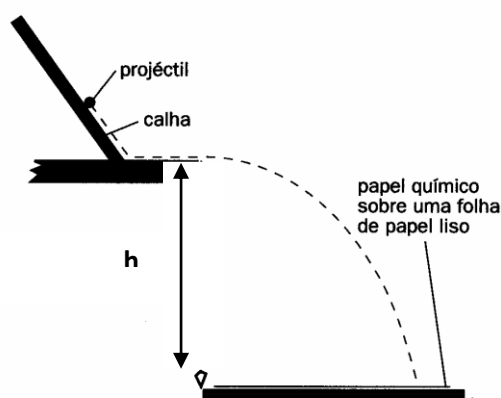
## Execução

Primeiro apoiou-se a calha sobre a mesa polida de maneira a que a extremidade da calha coincidisse com a extremidade da mesa, colocaram-se folhas de papel brancas no chão e prenderam-se ao chão com fita-cola, seguidas de papel químico, de maneira a que, quando a esfera tocasse no papel químico, as folhas brancas ficassem marcadas com tinta, possibilitando a medição do alcance. Mediu-se a altura na perpendicular desde o chão até à calha, incluindo a espessura da calha. A seguir abandonou-se a esfera com maior massa do ponto mais alto da calha. A altura relativa a cada ponto da calha de madeira de onde se largaram as esferas foi sempre medida com a fita métrica antes do abandono das esferas desse local, sendo no total medidas três alturas:  $h_a$ ,  $h_b$ ,  $h_c$ , que se encontram por ordem decrescente em valor (ver esquemas abaixo). Conforme se largavam as esferas, era cronometrado o tempo de voo da esfera com um cronómetro, isto é, o intervalo de tempo desde o instante em que saiu da calha até bater no papel químico (sem contar os ressaltos da esfera). Repetiu-se a experiência para as alturas b e c e posteriormente executou-se o mesmo processo mas com a esfera de massa menor.

### Esquemas da montagem experimental



Esquema A



Esquema B

## Resultados Obtidos

Nota: Obteve-se com a fita métrica para as alturas  $h_a$ ,  $h_b$ ,  $h_c$  e  $y_0$  os seguintes valores, respectivamente: 27,0 cm ; 17,5 cm ; 9,60 cm e 91,16 cm.

Valores obtidos para  $\Delta t$ , isto é, o tempo de voo da esfera, em relação à massa da esfera e à altura em que foi largada:

	$\Delta t$ para $h_a$ (s)			Valor Médio do $\Delta t$ para $h_a$ (s)	$\Delta t$ para $h_b$ (s)			Valor Médio do $\Delta t$ para $h_b$ (s)	$\Delta t$ para $h_c$ (s)			Valor Médio do $\Delta t$ para $h_c$ (s)
Massa Maior	0,35	0,37	0,34	0,35	0,34	0,32	0,31	0,32	0,34	0,34	0,35	0,34
Massa Menor	0,34	0,30	0,33	0,32	0,34	0,35	0,31	0,33	0,33	0,34	0,36	0,34

Valores obtidos para o alcance da esfera em relação à altura em que foi largada e à massa da esfera:

	Alcances para $h_a$ (cm)			Alcance médio para $h_a$ (cm)	Alcances para $h_b$ (cm)		Alcance médio para $h_b$ (cm)	Alcances para $h_c$ (cm)		Alcance Médio para $h_c$
Massa Maior	79,7	79,4	76,8	78,6	63,0	62,7	62,9	44,3	44,7	44,5
Massa Menor	80,9	79,3	78,0	79,4	62,5	62,7	62,6	43,0	44,0	43,5

Nota: Os valores médios da primeira tabela encontram-se aproximados às centésimas enquanto que os da segunda tabela encontram-se aproximados às décimas.

Para o cálculo da velocidade inicial das esferas quando saem da calha de madeira utilizou-se dois métodos: Método I – Cálculo da velocidade inicial das esferas ( $v_0$ ) pela via energética, isto é, utilizando a lei da conservação da energia; Método II – Cálculo da velocidade inicial das esferas ( $v_0$ ) utilizando as leis horárias do movimento.

### Cálculos efectuados no Método I:

Base do Método I

$$Em_i = Em_f$$

Nota: Nesta fórmula, a energia mecânica final diz respeito à energia mecânica quando a esfera está no fim da calha, sendo por isso, a altura final utilizada nos próximos cálculos igual a 0 m, porque a esfera encontra-se ao nível do tampo da mesa nessa altura, apesar dela estar a 91,16 cm do chão. Como esta fórmula é independente da massa da esfera em causa, apenas se fez três cálculos (para  $h_a$ ,  $h_b$  e  $h_c$ ).

Para  $h_a$  :

$$\begin{aligned} Ec_i + E_{pg(\text{inicial})} &= Ec_f + E_{pg(\text{final})} \approx \\ &\approx \frac{1}{2} m v_i^2 + mgh_a = \frac{1}{2} m v_f^2 + mgh \\ &\approx 0,27 \times 10 = \frac{v_f^2}{2} \\ &\approx v_f = \sqrt{5,4} \\ &\approx v_f \cong 2,32 \text{ ms}^{-1} \end{aligned}$$

Para  $h_b$ :

$$\begin{aligned} Ec_i + E_{pg(\text{inicial})} &= Ec_f + E_{pg(\text{final})} \approx \\ &\approx \frac{1}{2} m v_i^2 + mgh_b = \frac{1}{2} m v_f^2 + mgh \\ &\approx v_f^2 = 2 \times 1,75 \\ &\approx v_f \cong 1,87 \text{ ms}^{-1} \end{aligned}$$

Para  $h_c$ :

$$\begin{aligned} Ec_i + E_{pg(\text{inicial})} &= Ec_f + E_{pg(\text{final})} \approx \\ &\approx \frac{1}{2} m v_i^2 + mgh_c = \frac{1}{2} m v_f^2 + mgh \\ &\approx v_f^2 = 2 \times 0,96 \\ &\approx v_f \cong 1,39 \text{ ms}^{-1} \end{aligned}$$



## Cálculos efectuados no Método II:

### Base do Método II

$$x(t) = v_0 t$$

Nota: Foi utilizada esta fórmula de maneira a obter a velocidade inicial ( $v_0$ ). Para isso, utilizou-se o alcance das duas esferas e o tempo de voo das mesmas nesse mesmo alcance, ou seja, na fórmula foi substituído o  $x(t)$  pelo alcance da esfera num determinado intervalo de tempo ( $t$ ) de voo dessa mesma esfera nesse alcance.

Para  $h_a$ , com a esfera de massa maior:

$$0,786 = v_0 \times 0,35 \asymp v_0 \cong 2,25 \text{ ms}^{-1}$$

Para  $h_a$ , com a esfera de massa menor:

$$0,794 = v_0 \times 0,32 \asymp v_0 \cong 2,48 \text{ ms}^{-1}$$

Para  $h_b$ , com a esfera de massa maior:

$$0,629 = v_0 \times 0,32 \asymp v_0 \cong 1,97 \text{ ms}^{-1}$$

Para  $h_b$ , com a esfera de massa menor:

$$0,626 = v_0 \times 0,33 \asymp v_0 \cong 1,90 \text{ ms}^{-1}$$

Para  $h_c$ , com a esfera de massa maior:

$$0,445 = v_0 \times 0,34 \asymp v_0 \cong 1,31 \text{ ms}^{-1}$$

Para  $h_c$ , com a esfera de massa menor:

$$0,435 = v_0 \times 0,34 \asymp v_0 \cong 1,28 \text{ ms}^{-1}$$

**Incertezas para o Método I – Esfera de Maior Massa:**

$y_0$ / cm	$\overline{y_0}$ /cm	$\delta = y_0 - \overline{y_0}$ /cm	$I_a =  \delta_{máx} $
91,00	91,16	$91,00 - 91,16 = -0,16$	0,34
91,50		$91,50 - 91,16 = -0,34$	
91,00		$91,00 - 91,16 = -0,16$	

Altura /cm	$\Delta t$ /s	$\overline{\Delta t}$ /s	$\delta = \Delta t - \overline{\Delta t}$ /s	$I_a$ /s
$h_a = 27,0$	0,35	0,35	$0,35 - 0,35 = 0$	0,02
	0,37		$0,37 - 0,35 = 0,02$	
	0,34		$0,34 - 0,35 = -0,01$	
$h_b = 17,5$	0,34	0,32	$0,34 - 0,32 = 0,02$	0,02
	0,32		$0,32 - 0,32 = 0$	
	0,31		$0,31 - 0,32 = -0,01$	
$h_c = 9,60$	0,34	0,34	$0,34 - 0,34 = 0$	0,01
	0,34		$0,34 - 0,34 = 0$	
	0,35		$0,35 - 0,34 = 0,01$	

Altura/cm	$x$ /m	$\bar{x}$ /m	$\delta = x - \bar{x}$ /m	$I_a$ /m
$h_a = 27,0$	0,797	0,786	$0,797 - 0,786 = 0,011$	0,018
	0,794		$0,794 - 0,786 = 0,008$	
	0,768		$0,768 - 0,786 = -0,018$	
$h_b = 17,5$	0,630	0,629	$0,630 - 0,629 = 0,001$	0,002
	0,627		$0,627 - 0,629 = -0,002$	
$h_c = 9,60$	0,443	0,445	$0,443 - 0,445 = -0,002$	0,002
	0,447		$0,447 - 0,445 = 0,002$	

**Incertezas para o Método I – Esfera de Menor Massa:**

Altura /cm	$\Delta t$ /s	$\overline{\Delta t}/s$	$\delta = \Delta t - \overline{\Delta t} /s$	$I_a/s$
$h_a = 27,0$	0,34	0,32	$0,34 - 0,32 = 0,02$	0,02
	0,30		$0,30 - 0,32 = - 0,02$	
	0,33		$0,33 - 0,32 = 0,01$	
$h_b = 17,5$	0,34	0,33	$0,34 - 0,33 = 0,01$	0,02
	0,35		$0,35 - 0,33 = 0,02$	
	0,31		$0,31 - 0,33 = - 0,02$	
$h_c = 9,60$	0,33	0,34	$0,33 - 0,34 = - 0,01$	0,02
	0,34		$0,34 - 0,34 = 0$	
	0,36		$0,36 - 0,34 = 0,02$	

Altura/cm	$x$ /m	$\bar{x} /m$	$\delta = x - \bar{x} /m$	$I_a /m$
$h_a = 27,0$	0,809	0,794	$0,809 - 0,794 = 0,015$	0,015
	0,793		$0,793 - 0,794 = - 0,001$	
	0,780		$0,780 - 0,794 = - 0,014$	
$h_b = 17,5$	0,625	0,626	$0,625 - 0,626 = - 0,001$	0,001
	0,627		$0,627 - 0,626 = 0,001$	
$h_c = 9,60$	0,430	0,435	$0,430 - 0,435 = - 0,005$	0,005
	0,440		$0,440 - 0,435 = 0,005$	

Incertezas para o Método II :

### Esfera de Maior Massa

Para  $h_a$ :

$$I_r(x) = \frac{0,018}{0,786} \times 100 \cong 2,29 \%$$

$$I_r(\Delta t) = \frac{0,02}{0,35} \times 100 = 5,71 \%$$

$$I_r(v_0) = 2,29 + 5,71 = 8,00 \%$$

$$I_a = \frac{I_r \times \overline{v_0}}{100} = \frac{8,00 \times 2,25}{100} = 0,18 \text{ ms}^{-1}$$

$$v_0 = 2,25 \pm 0,18 \text{ (ms}^{-1}\text{)}$$

Para  $h_b$  :

$$I_r(x) = \frac{0,002}{0,629} \times 100 \cong 0,32 \%$$

$$I_r(\Delta t) = \frac{0,02}{0,32} \times 100 = 6,25 \%$$

$$I_r(v_0) = 0,32 + 6,25 = 6,57 \%$$

$$I_a = \frac{I_r \times \overline{v_0}}{100} = \frac{6,57 \times 1,97}{100} \cong 0,13 \text{ ms}^{-1}$$

$$v_0 = 1,97 \pm 0,13 \text{ (ms}^{-1}\text{)}$$

Para  $h_c$ :

$$I_r(x) = \frac{0,002}{0,445} \times 100 \cong 0,45 \%$$

$$I_r(\Delta t) = \frac{0,01}{0,34} \times 100 \cong 2,94 \%$$

$$I_r(v_0) = 0,45 + 2,94 = 3,39 \%$$

$$I_a = \frac{I_r \times \overline{v_0}}{100} = \frac{3,39 \times 1,31}{100} \cong 0,04 \text{ ms}^{-1}$$

$$v_0 = 1,31 \pm 0,04 \text{ (ms}^{-1}\text{)}$$

### Esfera de Menor Massa

Para  $h_a$ :

$$I_r(x) = \frac{0,015}{0,794} \times 100 \cong 1,89 \%$$

$$I_r(\Delta t) = \frac{0,02}{0,32} \times 100 = 6,25 \%$$

$$I_r(v_0) = 1,89 + 6,25 = 8,14 \%$$

$$I_a = \frac{I_r \times \overline{v_0}}{100} = \frac{8,14 \times 2,48}{100} \cong 0,20 \text{ ms}^{-1}$$

$$v_0 = 2,48 \pm 0,20 \text{ (ms}^{-1}\text{)}$$

Para  $h_b$  :

$$I_r(x) = \frac{0,001}{0,626} \times 100 \cong 0,16 \%$$

$$I_r(\Delta t) = \frac{0,02}{0,33} \times 100 \cong 6,06 \%$$

$$I_r(v_0) = 0,16 + 6,06 = 6,22 \%$$

$$I_a = \frac{I_r \times \overline{v_0}}{100} = \frac{6,22 \times 1,90}{100} \cong 0,12 \text{ ms}^{-1}$$

$$v_0 = 1,90 \pm 0,12 \text{ (ms}^{-1}\text{)}$$

Para  $h_c$ :

$$I_r(x) = \frac{0,005}{0,435} \times 100 \cong 1,15 \%$$

$$I_r(\Delta t) = \frac{0,02}{0,34} \times 100 \cong 5,88 \%$$

$$I_r(v_0) = 1,15 + 5,88 = 7,03 \%$$

$$I_a = \frac{I_r \times \overline{v_0}}{100} = \frac{7,03 \times 1,28}{100} \cong 0,09 \text{ ms}^{-1}$$

$$v_0 = 1,28 \pm 0,09 \text{ (ms}^{-1}\text{)}$$

## **Análise dos Resultados Obtidos**

Verificou-se que os valores obtidos pelos dois métodos (Método I – Utilizando a Lei da Conservação de Energia e Método II – Utilizando as Equações Horárias do Movimento) eram “próximos”, isto deve-se a:

- Dificuldades na medição, como: cálculo por estimativa das alturas, pois a calha de madeira é opaca e não tem escala.
- Aproximação dos valores ao longo dos cálculos.
- O facto de a esfera possuir energia cinética devido ao seu movimento de rotação, uma vez que não tem apenas movimento de translação.
- O facto de se desprezar a força de atrito que existe entre o plano e a esfera.

### **Pôde-se constatar que:**

- se a “rampa” fosse mais alta e com inclinação diferente, obteríamos valores diferentes.
- As esferas são largadas de alturas diferentes da calha, mas o tempo de voo é igual.
- O tempo de voo depende da velocidade inicial.
- A velocidade inicial depende da altura de onde a esfera foi largada na calha.
- Através do Método I verificou-se que a massa da esfera não interfere na velocidade com que a esfera sai da calha.
- Quando maior o valor da velocidade inicial do lançamento maior é o alcance atingido pela esfera.

### **Resposta à questão-problema:**

Como devem ser as dimensões da piscina, de modo que os utilizadores possam cair em segurança?

As dimensões da piscina devem estar relacionadas com a altura máxima  $h$  de que a pessoa se deixa cair no escorrega: quanto maior for esta altura,  $h$ , tanto maior será a velocidade horizontal de saída do escorrega,  $v_0$ , e, consequentemente, o alcance atingido. Por isso, as dimensões da piscina devem ser tais que, à saída do escorrega, haja, no mínimo, uma distância superior ao alcance atingido pelas pessoas. Por outro lado, a profundidade da piscina é também importante pois, quanto maior for a velocidade com que a pessoa chega a saída do escorrega, maior será a velocidade com que atinge a água e, consequentemente, a altura de água deve ser maior para evitar o risco de chocar com o fundo da piscina.

### **Resposta às Questões pré-laboratoriais:**

#### **1- O que significa dizer que um corpo é lançado horizontalmente?**

Dizer que um corpo é lançado horizontalmente significa que um corpo, que se encontra a uma certa altura do solo, a partir de um determinado instante fica sujeito apenas sujeito ao seu peso e inicia esse movimento com uma velocidade paralela ao plano horizontal, de maneira a que esse mesmo corpo caia da superfície em que se encontra, descrevendo uma trajectória parabólica, pelo que o seu movimento pode ser considerado como o resultado da composição de dois movimentos simultâneos e independentes: um movimento vertical e um movimento horizontal, em que o valor da velocidade inicial segundo o eixo dos  $xx$  é maior que 0 m/s e o valor da velocidade inicial segundo o eixo dos  $yy$  é igual a 0 m/s.

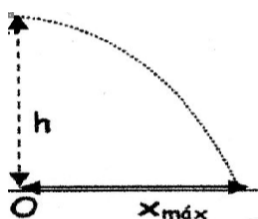
- 2- Um movimento deste tipo é a composição de dois movimentos: um segundo a horizontal e outro segundo a vertical. Como classificas os movimentos na horizontal e na vertical?

Como foi referido na **alínea um**, o movimento no lançamento horizontal pode-se decompor em dois movimentos simultâneos e independentes: movimento horizontal e movimento vertical.

Relativamente à direcção horizontal, podemos afirmar que o corpo detém um movimento uniforme, visto que nesta direcção não há nenhuma força a actuar sobre ele, e, portanto, não existe aceleração. Assim, a sua velocidade é constante, segundo a primeira lei de Newton.

Já em relação à direcção vertical, podemos afirmar que o corpo mantém um movimento uniformemente acelerado. Pois a sua velocidade inicial é nula e vai aumentar uniformemente ao longo da trajectória, atingindo o seu valor máximo no solo, uma vez que nesta direcção do movimento, o corpo encontra-se sob a acção exclusiva da força da gravidade. Assim, a resultante das forças é igual à força gravítica, pelo que nesta direcção o corpo adquire uma aceleração igual à aceleração gravítica (aplicando a segunda lei de Newton).

- 3- Esboça a trajectória da esfera após abandonar a rampa até atingir o chão.



Em que  $h$  é a altura  $y_0$  que corresponde à altura da mesa, ou seja, à altura a que cai a esfera. Descreve uma trajectória com a forma de uma meia parábola.

- 4- De que altura, na calha, é que se deve deixar cair a esfera para atingir maior valor de velocidade de lançamento?

Para a esfera atingir um maior valor de velocidade de lançamento, deve cair de uma altura  $h$  elevada. Considerando, então, as três alturas da calha de madeira, obteremos um maior valor de velocidade inicial quando largarmos a esfera da altura  $h_a$ .

Tendo em conta a aplicação da lei da conservação de energia ( $E_{m_i} = E_{m_f}$ ), quanto maior for a altura, maior será o valor da velocidade final.

- 5- Como se relaciona o alcance com o valor da velocidade de lançamento?

Recordando a expressão:  $x(t) = v_0 \times t$  :

Aumentando o valor da velocidade inicial ( $v_0$ ), o alcance ( $x$ ) aumentará.

Diminuindo o valor da velocidade inicial ( $v_0$ ), o alcance ( $x$ ) diminuirá.

Podemos, então constatar que o alcance e a velocidade inicial variam na mesma razão.

- 6- A velocidade com que a esfera atinge o chão dependerá da velocidade de lançamento?

$$E_{p_B} + E_{c_B} = E_{c_f} + E_{p_f} \Leftrightarrow E_{m_B} = E_{m_f} \Leftrightarrow \\ g \times h_B + \frac{1}{2} \times v_B^2 = \frac{1}{2} \times v_f^2$$

$h_b$  – corresponde à altura  $y_0$

$v_b$  – corresponde à velocidade inicial

$v_f$  – corresponde à velocidade com que atinge o solo

Analisando as expressões, podemos concluir que a velocidade com que a esfera atinge o chão dependerá da velocidade com que deixou a calha, uma vez que quanto maior for  $v_B$ , maior será  $v_f$ . Isto sucede porque a energia mecânica em B é igual à energia mecânica quando atinge o solo.



## Conclusão

Na nossa actividade calculámos o valor da velocidade com que uma esfera (que simula o utilizador do aquaparque) é lançada no final de uma rampa inclinada, quer utilizando a lei da conservação de energia quer as leis horárias do movimento, comprovando assim que o valor desta velocidade depende da altura de onde a esfera foi lançada e do alcance atingido, uma vez que os valores obtidos foram muito próximos. Assim, podemos afirmar que a actividade foi bem sucedida, pois conseguiu-se dar resposta ao problema inicial: “Pretende-se projectar um escorrega, para um aquaparque, de modo que os utentes possam cair em segurança numa determinada zona da piscina. A rampa termina num troço horizontal a uma altura apreciável da superfície da água”.

Como nas piscinas dos aquaparkes circula constantemente água pelo escorrega, o atrito pôde-se considerar desprezável. Então, utilizando a lei da conservação de energia pode-se calcular o valor da velocidade com que os utilizadores saem do escorrega, concluindo-se que esta depende unicamente da altura inicial de onde se lançam os utilizadores (considerando que a velocidade inicial é igual a zero metros/segundo) e não depende da massa dos mesmos.

Através das leis horárias do movimento, comprovou-se que, quanto maior é o valor da velocidade com que os utilizadores saem do escorrega, maior é o alcance.

Por isso, para dar resposta ao problema, o escorrega deve ter uma altura máxima tal de maneira a que a velocidade com que uma pessoa saia da rampa não faça com que esta adquira um alcance superior ao comprimento da piscina.

## Bibliografia

**CALDEIRA**, Helena, **BELLO**, Adelaide, *“Ontem e Hoje – Física”*, Porto Editora, Porto, 2009.

**SILVA**, Daniel, *“Desafios da Física A 11”*, Lisboa Editora, Lisboa.

**DIAS**, Fernando, **RODRIGUES**, Maria, *“Física na Nossa Vida A 11”*, Porto Editora, Porto.

### Internet:

[http://nautilus.fis.uc.pt/spf/DTE/pdfs/fisica\\_quimica\\_a\\_11\\_homol.pdf](http://nautilus.fis.uc.pt/spf/DTE/pdfs/fisica_quimica_a_11_homol.pdf)

<http://br.geocities.com/saladefisica3/laboratorio/projetil/projetil.htm>

<http://64.233.183.104/search?q=cache:bslWVgluFHAJ:server.fsc.ufsc.br/~arden/problemas/PROBLEMAS%2520SOBRE%2520LAN%25C7AMENTO%2520DE%2520PROJ%25C9TEIS.doc+movimento+uniforme+no+lan%C3%A7amento+horizontal+de+proj%C3%A9til&hl=p>

**Nota:** Todos os websites foram acedidos dia 10 de Dezembro. Nenhum website tinha explicito o nome do autor.