

## PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE UM APARATO EXPERIMENTAL PARA O ENSINO DE LANÇAMENTO HORIZONTAL, CONSERVAÇÃO DE ENERGIA E CONSERVAÇÃO DO MOMENTO LINEAR

## PRODUCTION AND USE OF AN EXPERIMENTAL APPARATUS FOR HORIZONTAL LAUNCH TEACHING, ENERGY CONSERVATION AND CONSERVATION OF THE LINEAR MOMENTUM

Marco Aurélio de Jesus<sup>1</sup>, Isaías Fernandes Gomes<sup>2</sup>, Gilmar Vieira Gomes<sup>3</sup>, Melquisedeque da Conceição Lima<sup>4</sup>

1. Mestre em Ensino de Física. Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), Ji-Paraná, RO, Brasil.

2. Especialização em Ensino de Ciências e Matemática. Docente da Faculdade de Educação e Meio Ambiente (FAEMA), Ariquemes, RO, Brasil.

3. Graduado em Física. Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), Ji-Paraná, RO, Brasil.

4. Mestrando em Ensino de Física pela Universidade Federal de Rondônia (UNIR). Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), Vilhena, RO, Brasil.

\* Autor Correspondente: marco.aurelio@ifro.edu.br

Recebido: 23/10/2015; Aceito 01/12/2015

### RESUMO

O ensino de Física, sobretudo nas escolas públicas, sofre com a escassez de recursos e materiais didáticos experimentais, o que prejudica as aulas dessa ciência, visto que os professores muitas vezes têm que se limitar a aulas expositivas tradicionais. Logo, é necessário buscar meios alternativos que envolvam a produção de materiais didáticos de baixo custo. Este artigo descreve detalhadamente a produção de um aparato experimental para o ensino de lançamento horizontal, conservação de energia e conservação do momento linear, bem como expõe as equações utilizadas nos experimentos. Há ainda o relato de algumas atividades bem-sucedidas desenvolvidas com esse instrumento em um curso de licenciatura plena em Física.

**Palavras-chave:** Ensino de Física; Produção de material didático; Conservação de Energia; Momento Linear.

### ABSTRACT

The teaching of Physics, especially in public schools, suffer from scarcity of resources and experimental teaching materials, which harm the lessons of that science, as the teachers often have

to be limited to traditional lectures. It is therefore necessary to search alternative means involving the production of teaching materials at low cost. This paper describes in detail the production of an experimental apparatus for the horizontal launching teaching, energy conservation and conservation of linear momentum, as well as exposes the equations used in the experiments. There are even reports of some successful activities with this instrument in a graduation course in Physics.

**Key words:** Physics teaching; Production of teaching material; Energy conservation; Linear momentum.

## 1. INTRODUÇÃO

O professor de Física do Ensino Médio tem a importante missão de conduzir seus alunos ao entendimento dos fenômenos naturais que os cercam, de modo que os estudantes se tornem atuantes nos processos de transformação e melhoria de seu ambiente. Para isso, tais fenômenos devem ser analisados e interpretados conceitual e sistematicamente por meios de expressões matemáticas, observação e experimentação, da mesma forma que os grandes físicos fizeram ao longo da história, conforme consta nas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) de Física [1].

Entretanto, o que se observa constantemente e foi relatado por Heineck, Valiati e Rosa [2] é que alguns educadores se resumem ao repasse de conteúdo, excesso de linguagem matemática e pouca ou nenhuma experimentação, o que desliga a Física dos aspectos cotidianos. Portanto, para que essa missão seja realizada com êxito é necessário extrapolar o cômodo universo do “pincel-

quadro branco” e buscar formas diferenciadas de lecionar Física.

O ensino de Física passou por transformações advindas da necessidade de mostrar aos alunos que é possível transformar sua realidade utilizando conhecimentos dessa ciência [3]. Estudos apontam que um dos recursos didáticos mais eficazes para motivar o aluno a analisar os fenômenos naturais de seu cotidiano é a atividade experimental, pois gera novas descobertas científicas além de melhorar a relação do aluno com a ciência e com o ambiente escolar [4]. No entanto, também é um fato que muitas escolas, sobretudo as públicas carecem de espaço físico e equipamentos para as aulas práticas [5]. Diante dessa realidade, o professor do Ensino Médio necessita muitas vezes buscar meios alternativos para promover esse tipo de atividade.

Existem inúmeros meios didáticos propostos por livros, periódicos e entidades voltados para o ensino da ciência, dentre eles a Revista Física na Escola, uma publicação semestral da Revista Brasileira de Ensino de Física, que por sua vez é editada e publicada pela Sociedade Brasileira de Física – SBF.

Em seu volume 6, número 2, de Outubro de 2005 um interessante artigo de autoria de C. Chesman, C. Salvador, E.S. de Sousa e A. Albino Jr, intitulado “Colisão Elástica: Um Exemplo Didático e Lúdico” [6] apresentou uma forma diferente de ensinar conservação de Energia e Momento Linear através de um dispositivo que pode ser produzido manualmente. Todavia, os autores não descreviam detalhadamente a forma como produzir o equipamento, o que dificultaria sua produção e utilização. Portanto, o presente artigo tem por objetivo detalhar a forma como um desses aparatos foi confeccionado, especificar os fundamentos matemáticos de seu funcionamento e relatar algumas experiências positivas de sua utilização.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O dispositivo é recomendado por seus idealizadores para o estudo da conservação de Energia e da conservação do Momento Linear, mas também pode ser utilizado no ensino de lançamento horizontal. Esses conteúdos, que são geralmente ministrados no 1º ano do Ensino Médio, se baseiam no princípio de que a energia não pode ser criada nem destruída, apenas transformada. Os efeitos dos lançamentos serão aqui tratados como conservativos para uma melhor análise

matemática. Halliday, Resnick e Walker [7] definem matematicamente a Energia Mecânica ( $E_M$ ) como sendo a soma das Energias Potenciais ( $E_P$ ) e da Energia Cinética ( $E_C$ ) de um sistema:

$$E_M = E_P + E_C$$

#### **Equação 1.** Energia Mecânica

Já o Momento Linear é definido por Nussenzweig [8] como uma grandeza vetorial relacionada à massa ( $m$ ) e à velocidade ( $v$ ) de uma partícula, é expressa pela equação:

$$p = m \cdot v$$

#### **Equação 2.** Momento Linear

A Energia Cinética, por sua vez, é dada por:

$$E_C = \frac{1}{2}mv^2$$

#### **Equação 3.** Energia Cinética

Enquanto a energia potencial gravitacional, que depende da massa do corpo ( $m$ ), da aceleração da gravidade ( $g$ ) e da altura relativa do corpo ( $h$ ), é dada por

$$E_P = m \cdot g \cdot h$$

#### **Equação 4.** Energia Potencial

Como já fora citado, o experimento envolve a conservação do momento linear, que conforme Tipler e Mosca [9] se baseia no princípio de que em um sistema mecanicamente isolado, ou seja, sem nenhuma ação de forças externas (ou que a resultante dessas forças seja nula ou ainda que as mesmas sejam de intensidades desprezíveis em relação às forças do sistema) a quantidade de movimento do sistema imediatamente antes de uma colisão ( $p_{\text{antes}}$ ) é igual à quantidade de movimento imediatamente após a colisão ( $p_{\text{depois}}$ ):

$$p_{\text{antes}} = p_{\text{depois}}$$

**Equação 5.** Momento Linear após uma colisão

A colisão será tratada como perfeitamente elástica, quando toda a energia mecânica é conservada, ou seja, não é transformada em outro tipo de energia. Outro ponto a ser abordado para o entendimento do experimento é referente às equações que descrevem o lançamento horizontal. Como um móvel ao executar esse tipo de movimento descreve uma trajetória parabólica conclui-se que tal movimento é resultante de dois componentes vetoriais, denominados  $x$  (horizontal) e  $y$  (vertical), em referência ao sistema de coordenadas cartesianas. Galileu Galilei, usando a decomposição dos movimentos, concluiu que desprezando a

resistência do ar, o componente horizontal é um Movimento Uniforme, enquanto o componente vertical está em queda livre, portanto um Movimento Uniformemente Variado [10]. Assim, para determinar o tempo de queda ( $t$ ) de um corpo em lançamento horizontal, em função da altura ( $H$ ) e da aceleração gravitacional ( $g$ ), temos:

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

**Equação 6.** Tempo de queda no lançamento horizontal

Já o alcance ( $X$ ) do lançamento horizontal pode ser dado em função da velocidade inicial ( $v_x$ ) com que a bola é arremessada da mesa e o tempo de queda:

$$X = v_x \cdot t$$

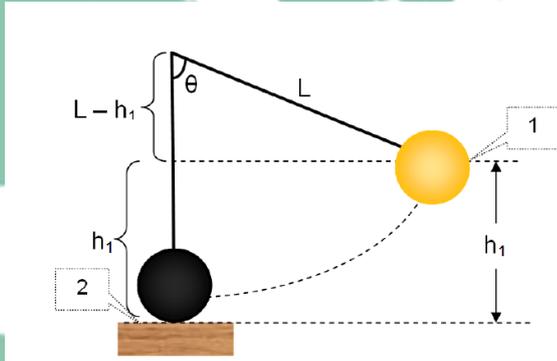
**Equação 7.** Alcance no lançamento horizontal

Por fim, para determinar a altura do pêndulo (cujos detalhes serão expostos a seguir) é necessário utilizar uma relação fundamental da trigonometria: o cosseno de um ângulo agudo em um triângulo retângulo:

$$\text{Cos}\theta = \frac{\text{Cateto adjacente}}{\text{Hipotenusa}}$$

**Equação 8.** Relação de cosseno

Elevando o pêndulo a um ângulo  $\theta$ , obtém-se uma correspondência entre a altura do pêndulo em relação ao estado de repouso ( $h_1$ ), o comprimento do fio ( $L$ ) e o ângulo  $\theta$ .



**Figura 1.** Esquema do pêndulo

Usando a Equação 8, determina-se a altura  $h_1$  em relação ao ângulo:

$$\cos\theta = \frac{L - h_1}{L}$$

$$L - h_1 = L \cdot \cos\theta$$

$$h_1 = L - L \cdot \cos\theta$$

$$h_1 = L(1 - \cos\theta)$$

**Equação 9.** Altura do pêndulo em relação ao ângulo

Observando a Figura 1 e considerando a conservação da energia mecânica, constata-se que a energia mecânica em 1 é igual a energia mecânica em 2. Contudo, em 1 o pêndulo ainda não entrou em movimento, o que indica uma energia cinética nula. De

maneira análoga, em 2 o pêndulo está no referencial nulo para altura, logo a energia potencial gravitacional é igual a zero.

Aplicando a Equação 1:

$$E_{M1} = E_{M2}$$

$$mgh_1 = \frac{1}{2}mv_2^2$$

**Equação 10.** Relação entre as energias mecânicas em 1 e 2

Dessa forma, verifica-se que toda a energia potencial em 1 é transformada em energia cinética em 2. Assim, a equação que define a velocidade com que o pêndulo atinge a bola é:

$$v_2 = \sqrt{2gh_1}$$

**Equação 11.** Velocidade do pêndulo em 2

Considerando o choque entre o pêndulo e a bola como perfeitamente elástico, a Equação 11 determina a velocidade inicial da bola ao sair da plataforma, ou seja,  $v_x$ . Logo, temos um lançamento horizontal, cujo tempo de queda pode ser calculado pela Equação 6, onde  $H$  é a altura da plataforma em relação à base. Já o alcance  $X$ , cuja determinação depende da Equação 7, é o ponto principal do experimento, pois está condicionado ao ângulo do pêndulo. Como  $v_x$

=  $v_1$ , substituindo as equações 11 e 6 na equação 7, tem-se:

$$X = \sqrt{2gh_1} \cdot \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

$$X = \sqrt{4Hh_1}$$

Substituindo  $h_1$ , oriundo da equação 9:

$$X = 2\sqrt{H \cdot L(1 - \cos\theta)}$$

**Equação 12.** Alcance baseado no ângulo do pêndulo

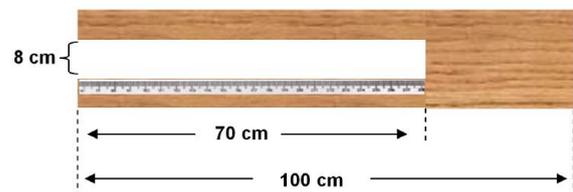
Portanto, conhecendo-se o comprimento do fio do pêndulo, a altura da plataforma até a base e o ângulo do pêndulo, é possível estabelecer a posição onde a bola vai cair.

## 2.2. MONTAGEM DO APARATO

O aparato experimental foi confeccionado em madeira que seria descartada e utilizada como lenha por uma madeireira da cidade de Ariquemes, portanto, seu custo total não passou de R\$ 28,75 (vinte e oito reais e setenta e cinco centavos). A madeira foi cortada, lixada e envernizada resultando nos componentes que serão destacados a seguir:

### 2.2.1. Base

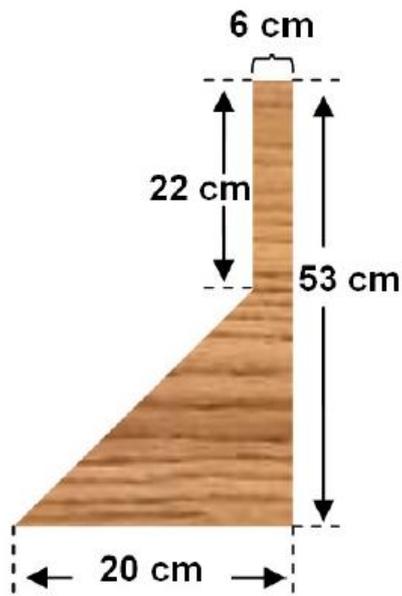
É formada por uma tábua de 1 m de comprimento, por 20 cm de largura e espessura de 2 cm. Possui um vão de 8 cm de largura localizado no meio da mesma e cujo comprimento é de 70 cm. A base deve ser montada sobre suportes em suas extremidades. Em um dos lados do vão é afixada uma régua.



**Figura 2.** Base do aparato

### 2.2.2. Plataforma de lançamento

Composta por: (a) de um lado, uma tábua de 53 cm de comprimento, 20 cm de largura e 2 cm de espessura; (b) do outro lado uma tábua de 53 cm de comprimento cujas especificações podem ser vista na Figura 3; (c) ligando as duas tábuas, a uma altura de 33 cm em relação à base, um pedaço de madeira de 16 cm de comprimento e 2 cm de espessura será a plataforma de lançamento. Nesse experimento o formato da plataforma é trapezoidal, pois foi aproveitada uma sobra da madeira utilizada, mas em formato de retângulo também funciona. As tábuas são dispostas de maneira paralela entre si e perpendicularmente à base.



**Figura 3.** Lado (b) da plataforma de lançamento

### 2.2.3. Pêndulo

Uma bola de sinuca (obtida gratuitamente em uma empresa distribuidora de produtos de bilhar) é presa por uma linha de pesca resistente, fixa nas duas tábuas da plataforma de lançamento em forma de “V”. Para fixar a bola, as duas tábuas foram perfuradas e a linha foi amarrada em porcas. Na tábua descrita em (a) foi afixado um transferidor de modo que a “origem” do instrumento coincide com o furo por onde passa a linha.



**Figura 4.** O pêndulo

### 2.2.4. Cesto Coletor

É necessário um cesto (como por exemplo, um coador de café de pano) que deve caber e ser movido dentro do vão do aparato.

### 2.2.5. Bola do lançamento

Uma bola idêntica à do pêndulo deverá ser colocada na plataforma de lançamento. O pêndulo deve se chocar frontalmente com a bola da plataforma de modo a fazê-la ser arremessada para frente, em lançamento horizontal.



**Figura 5.** Visão geral do aparato concluído

### 2.3. DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES

Para o uso do experimento, um ângulo será escolhido, o cálculo do alcance será realizado e o cesto coletor será posto na posição calculada, tomando a plataforma como origem. Para não ter que fazer todos os cálculos manualmente, pode ser utilizado uma planilha eletrônica (Microsoft Excel, por exemplo) para obter os resultados. Depois são feitas três demonstrações, na primeira com um ângulo menor que o escolhido (a bola não

chegará ao cesto), na segunda com um ângulo maior (a bola passa do cesto) e por fim com o ângulo certo (a bola cairá dentro do cesto).

Outra abordagem pode ser dada ao experimento substituindo a bola de sinuca por uma bola de borracha, o que resultaria em uma colisão inelástica. O observador verificaria que o ângulo deveria ser muito maior para que a energia mecânica da bola de borracha a impulsionasse para o mesmo ponto que a bola de sinuca caiu.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O referido aparato foi produzido e utilizado na Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA, no município de Ariquemes-RO, junto aos acadêmicos do curso de Licenciatura plena em Física daquela instituição. Foi solicitado aos alunos que deduzissem as equações aqui apresentadas nas diversas vezes em que o aparato foi utilizado em sala de aula para o estudo do lançamento horizontal e momento linear. As atividades proporcionaram excelentes momentos de interação, discussões conceituais e diversão, além de ter despertado nos alunos o interesse pela utilização de recursos alternativos para o ensino de Física.



**Figura 6.** Aplicação da atividade com acadêmicos do curso de Física

Dada sua característica lúdica, o aparato foi utilizado diversas vezes em eventos nos quais a instituição foi convidada a demonstrar experimentos. Nessas ocasiões as pessoas eram convidadas a tentar adivinhar o ângulo para “encestar” a bola de sinuca, resultando em momentos divertidos e instrutivos.



**Figura 7.** Exposição do aparato em feiras e eventos

Fonte: [www.faema.edu.br](http://www.faema.edu.br)

#### 4. CONCLUSÕES

O presente artigo detalhou a produção de um artefato didático que pode ser utilizado

no ensino de Física, bem como relatou sua aplicação e os impactos positivos que sua utilização causa nos espectadores ou alunos que interagem com o experimento.

Conclui-se que experimentos de baixo custo podem ser utilizados oportunamente no ensino da Física como meio de enriquecer as aulas dessa ciência e que os diversos meios de comunicação apresentam constantemente ideias inovadoras que podem ser reproduzidas e principalmente adaptadas para incrementar o processo de ensino-aprendizagem. Os resultados são aulas mais dinâmicas e maior interesse dos alunos, pois dessa forma a Física assume seu verdadeiro papel de proporcionar a reflexão e a análise de fenômenos naturais.

#### 5. REFERÊNCIAS

- [1] BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio - Física**. Brasília, DF, 2000.
- [2] HEINECK, R.; VALIATI, E. R. A.; ROSA, C. T. W. Software educativo no

ensino de Física: análise quantitativa e qualitativa, **Revista Iberoamericana de Educación**, n. 42/6, p. 1 – 12, 2007.

[3] PIETROCOLA, Maurício. Construção e realidade: o papel do conhecimento físico no entendimento do mundo. In: **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: EDUFSC, 2001. p. 9-32.

[4] DECCACHE-MAIA, E; MELO, A. P. C; ASSIS, P. S; JESUS, R. S; SILVA, L. C; VANNIER-SANTOS, M. A. Aulas Práticas como estímulo ao ensino de Ciências: relato de uma experiência de formação de professores. **Estudos IAT**, v. 02, p. 24 – 38, 2012.

[5] LABURU, C. E; BARROS, M. A; KANBACH, B. G. A relação com o saber profissional do professor de Física e o fracasso da implementação de atividades experimentais no Ensino Médio.

**Investigações em Ensino de Ciências**, v. 12, p. 305 - 320, 2007.

[6] CHESMAN, C. et al. Colisão Elástica: Um exemplo didático e lúdico. **Física na Escola**, Porto Alegre, v.6, n. 1, p. 23 – 25, 2005.

[7] HALLIDAY, D.; RESNICK R.; WALKER, J. **Fundamentos da Física: Mecânica**. 7.ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2006. 372 p.

[8] NUSSENZVEIG, Moysés H. **Curso de Física Básica: Mecânica**. São Paulo: Livraria da Física, 2002. 328 p.

[8] TIPLER, P. A; MOSCA, G. **Física para Cientistas e Engenheiros**. 6. ed. São Paulo: LTC, 2009. 824 p.

[10] LUZ, A. M. R; ÁLVARES B. A. **Curso de Física: volume 1 - Mecânica**. São Paulo: Scipione. 2011. 312 p.