

TRILHO MULTIFUNCIONAL PARA ENSINO DE MECÂNICA

MULTIFUNCTIONAL RAIL FOR THE TEACHING OF MECHANICS

Alcides Goya (goya@utfpr.edu.br)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná/UTFPR

Samir El Halabi (sa.mir.xd@hotmail.com)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná/UTFPR

Resumo: Este artigo propõe a montagem e aplicação de um trilho multifuncional destinado a auxiliar o estudo de mecânica, tema abordado freqüentemente no primeiro ano do ensino médio. Uma vez que a montagem deste instrumento é extremamente simples e de baixíssimo custo, os professores poderão utilizá-lo na sala de aula das escolas da rede pública. O trilho possui dimensões adequadas que facilitam a visualização, não havendo tanta necessidade de se ter uma sala específica para o laboratório e nem de se dividir em duas turmas. Utilizando esse equipamento didático foram desenvolvidos oito experimentos considerados clássicos: movimento uniforme, movimento uniformemente variado, lançamento horizontal, lançamento oblíquo, forças de atrito em plano inclinado, energias potencial e cinética, conservação e dissipação da energia mecânica, conservação de momento linear e colisões.

Palavras-chave: Movimento Uniformemente Variado, Forças de Atrito, Energia Mecânica, Momento Linear .

Abstract: This article proposes the assembly and use of a multifunctional rail intended to help in the study of mechanics, a topic frequently addressed in the first year of high school. Since the assembly of this instrument is extremely simple and quite inexpensive, teachers can use it in the classroom of public schools. The trail has an appropriate size to facilitate viewing, so there is no need to have a specific room for the laboratory and not to divide the class into two. Using this equipment we developed eight classic experiments: uniform motion, uniformly varied motion, horizontal launch, oblique launch, frictional forces on an inclined plane, potential and kinetic energy, conservation and dissipation of mechanical energy, conservation of linear momentum and collisions.

Keywords: Uniformly Varied Motion, Frictional Forces, Mechanical Energy, Linear Momentum.

V Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia (EREBIO-SUL)
IV Simpósio Latino Americano e Caribenho de Educação em Ciências do
International Council of Associations for Science Education (ICASE)

1 Introdução

O laboratório didático tem sido considerado “um importante meio instrucional no ensino de ciências” (BLOSSER, 1988, p. 74), comprovado como “peça-chave no aprendizado de Física” (MARINELI e PACCA, 2006, p. 497) e também tem sido considerado como instrumento didático motivador para a aprendizagem de física através de “experimentos cativantes” (LABURÚ, 2006, p. 383). Mesmo que dificilmente se encontra um professor de Física que negue a necessidade de laboratório, no entanto, na prática educacional, não poucas vezes, é utilizado apenas como “apêndice do processo ensino-aprendizagem” de Física (PINHO ALVES, 2000, p. 181).

Recentemente foi mostrado que a não utilização do laboratório nas aulas do ensino médio não pode ser atribuído apenas a falta de algo (equipamentos, um menor número de alunos em aulas práticas, etc.), mas do tipo de escolha feita pelo professor que vai além da “leitura simplista da falta de algo” (LABURÚ, 2011, p. 110).

O presente trabalho tem como objetivo mostrar uma forma de atacar e resolver os problemas apontados. O trilho multifuncional para o ensino de mecânica foi projetado para cumprir a função de realizar as principais experiências em mecânica recomendada pelos educadores, ser motivador e mediador de conteúdos para as aulas teóricas além de ser extremamente simples e de baixíssimo custo. O trilho possui dimensões adequadas que facilitam a visualização, não havendo tanta necessidade de se ter uma sala específica para o laboratório e nem de se dividir em duas turmas.

Nesse artigo comentaremos sobre oito experimentos que poderíamos chamar clássicos no estudo da cinemática e dinâmica: movimento uniforme, movimento uniformemente variado (com lançamento horizontal e lançamento oblíquo), forças de atrito estático e cinético em plano inclinado, energia cinética e energia potencial, conservação da energia mecânica, conservação de momento linear e colisões. Em todo o trabalho foi adotado $g = 9,80 \text{ m/s}^2$ para a aceleração da gravidade e não foi necessário fazer nenhum cálculo estatístico que fosse além dos cálculos de médias e dos erros relativos (VUOLO, 1992, p.85).

2 Desenvolvimento

O trilho multifuncional é composto de canaleta de plástico, perfil 5,0 cm x 2,0 cm x 210,0 cm, que se encontra facilmente no mercado. Essa canaleta é composta de dois segmentos: *acanalado* e *liso* (na fig. 1 à direita e à esquerda respectivamente). Nos dois segmentos foram feitas pequenas incisões a 10 cm de uma das extremidades para se obter facilmente a inclinação desejada. Essa inclinação é importante principalmente para dar a velocidade inicial para o experimento de movimento uniforme e também para fazer o lançamento horizontal. Nesse trecho de 10 cm foi colada uma pequena placa de metal (fig.1) para facilitar o nivelamento para o lançamento horizontal. Foram feitas também três marcas distanciadas de 0,50 m (a 0,50m, a 1,0m e a 1,5m da extremidade) para o observador poder interromper o cronômetro quando a bolinha atingisse essas marcas.

V Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia (EREBIO-SUL)
IV Simpósio Latino Americano e Caribenho de Educação em Ciências do
International Council of Associations for Science Education (ICASE)

Além dos dois segmentos (*liso e acanalado*), a montagem experimental necessita apenas de duas mini bolas de bilhar, papel carbono, fio de prumo, uma trena e alguns cronômetros, normalmente os próprios celulares dos alunos. Para uma montagem mais elegante, podem-se utilizar dois tripés encontrados facilmente nos laboratórios, conforme mostrado na fig. 1.

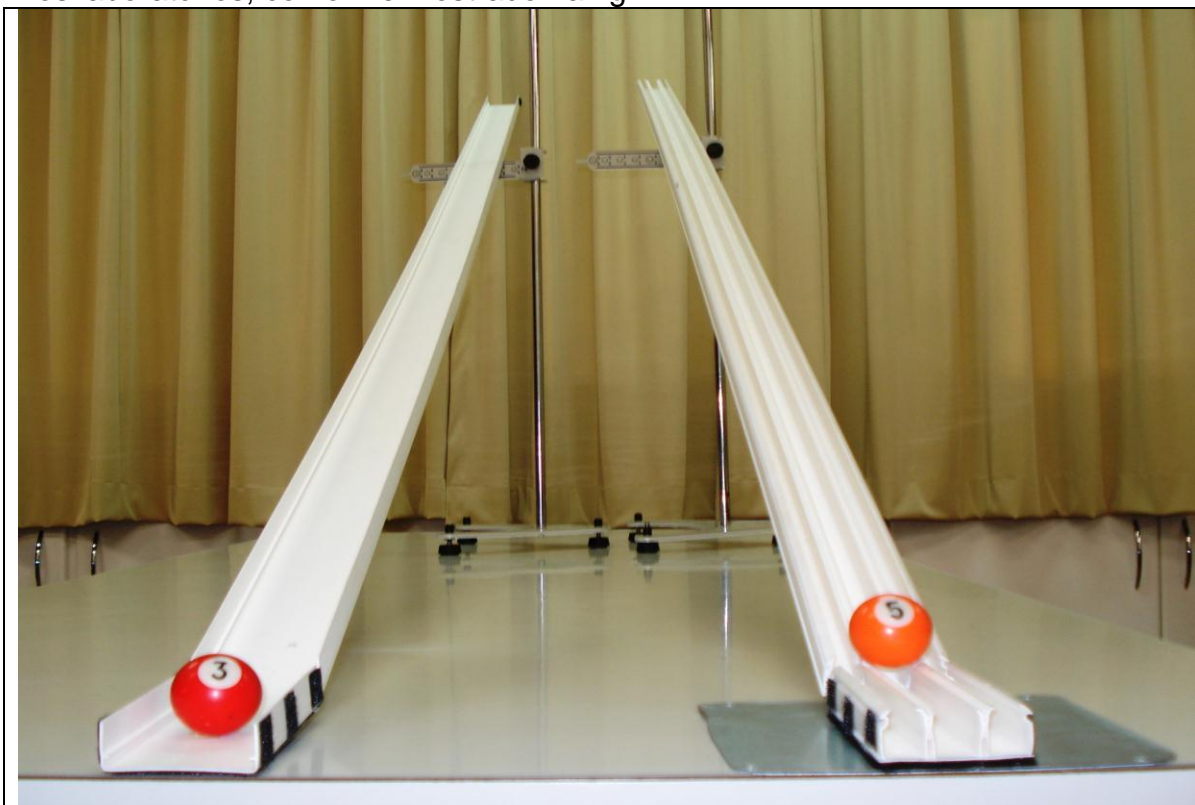


Fig 1: Trilho Multifuncional, segmento liso (à esquerda) e acanalado (à direita), sobre uma mesa de laboratório.

2.1 Movimento Uniforme

Para o estudo do movimento uniforme, utiliza-se o segmento acanalado praticamente na horizontal, com uma leve inclinação para compensar as forças de atrito. O experimento consiste em soltar uma mini bola de bilhar utilizando a curvatura inicial de 10 cm como uma espécie de lançador, para dar a velocidade inicial conveniente (fig. 2 com uma inclinação bem menor, próximo de meio grau). A tomada de dados também é muito simples, disparam-se os cronômetros no instante em que a bolinha atinge o final da curva do lançador e o início da parte mais longa. Interrompe-se o primeiro cronômetro na marca de 0,50 m, o segundo na de 1,0 m, o terceiro na de 1,5m e o quarto no final de 2,0 m. Fazem-se várias medidas para diminuir os erros aleatórios e depois se utiliza a média dos valores.

2.2 Movimento Uniformemente Variado

A montagem do experimento do movimento uniformemente variado (fig. 2) é semelhante ao feito pelo movimento uniforme, utiliza-se o mesmo segmento acanalado, mas neste caso fazem-se duas mudanças: velocidade inicial nula -

V Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia (EREBIO-SUL)
IV Simpósio Latino Americano e Caribenho de Educação em Ciências do
International Council of Associations for Science Education (ICASE)

bastando para isso não utilizar o lançador - e ângulo de inclinação maior. Como no experimento anterior, interrompem-se os cronômetros nos mesmos pontos, obtendo-se quatro medidas de tempo.



Fig. 2: Trilho acanalado preparado para Movimento Uniformemente Variado e Lançamento Oblíquo.

2.2.1 Lançamento Horizontal

Monta-se o experimento conforme o esquema da fig. 3 utilizando o mesmo segmento acanalado. Um dos objetivos do experimento é comparar as velocidades obtidas a partir do movimento uniformemente variado com a velocidade medida a partir do alcance horizontal X , mesmo sabendo que a mini bola de bilhar perderá velocidade na curva e no pequeno trecho horizontal. Esse pequeno trecho horizontal de 10 cm é justamente o mesmo que faz o papel de lançador no experimento do movimento uniforme.

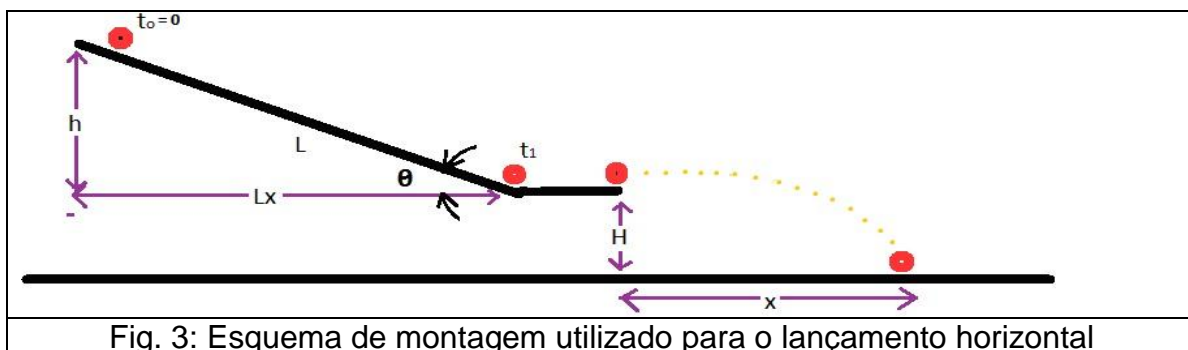


Fig. 3: Esquema de montagem utilizado para o lançamento horizontal

Considerando a velocidade inicial nula no esquema da fig. 3, partindo das equações do movimento retilíneo uniformemente variado ($L = \frac{1}{2}at^2$ e $V = at$) e

V Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia (EREBIO-SUL)
IV Simpósio Latino Americano e Caribenho de Educação em Ciências do
International Council of Associations for Science Education (ICASE)

eliminando a variável a (aceleração), deduzimos imediatamente a velocidade no instante t_1 :

$$V_{MUV} = \frac{2L}{t_1} \quad (1)$$

A velocidade horizontal, no instante em que a bolinha abandona o trilho e inicia a sua queda livre, pode ser obtida pelo alcance horizontal X , conforme o esquema da figura 3. Desprezando as forças resistivas, partindo das equações do movimento retilíneo uniforme no eixo horizontal e do movimento retilíneo uniformemente variado no eixo vertical ($X = Vt$ e $H = \frac{g}{2}t^2$), eliminando a variável t , chega-se imediatamente à equação (2):

$$V_{alcanceX} = X \sqrt{\frac{g}{2H}} \quad (2)$$

2.2.2 Lançamento Oblíquo

A montagem é semelhante ao anterior, utiliza-se o *segmento acanalado* e invertido, ou seja, o pequeno trecho plano do lançamento horizontal fica na parte superior (fig. 2). Como a bolinha não faz nenhuma curva espera-se que as velocidades obtidas a partir do movimento uniformemente variado e a velocidade medida a partir do alcance horizontal X sejam muito próximas.

A velocidade da bolinha no instante em que ela abandona o segmento acanalado, calculada a partir das equações do movimento uniformemente variado, é determinada pela mesma equação (1) usada anteriormente no lançamento horizontal. No entanto, a velocidade da bolinha, calculada pelo alcance horizontal X , num movimento que é o resultado da "composição de um Movimento Retilíneo Uniforme na direção horizontal com um Movimento Retilíneo Uniformemente Variado na vertical" (SILVA et al, 2003, p. 380), deve ser calculada pela equação (3):

$$V_{alcanceX} = \frac{X}{\cos \theta} \sqrt{\frac{g}{2(H - X \tan \theta)}} \quad (3)$$

Esta equação é mais complexa, pois tanto no eixo horizontal como na vertical, no lançamento oblíquo, levamos em conta a inclinação θ . Para chegarmos nela, partimos das equações ($X = [V \cos \theta]t$ e $H = [V \sin \theta]t + \frac{g}{2}t^2$) e eliminamos a variável t , como fizemos na obtenção da equação (2). No caso do ângulo θ ser nulo, a equação (3) se identifica com a equação (2).

2.3 Forças de Atrito num Plano Inclinado

Esse experimento na realidade é duplo, pois num se determina o coeficiente de atrito estático e no outro o coeficiente de atrito cinético. O experimento para se determinar o coeficiente de atrito estático é o mais simples de ser feito, pois basta escolher objetos com superfícies retas que caibam no *segmento liso* (fig. 1). Para cada objeto, aumenta-se a inclinação do segmento liso até que cada um inicie o escorregamento. Na iminência do movimento há um equilíbrio entre a projeção da

V Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia (EREBIO-SUL)
IV Simpósio Latino Americano e Caribenho de Educação em Ciências do
International Council of Associations for Science Education (ICASE)

força peso ($P \sin \theta$) e as forças de atrito ($\mu P \cos \theta$), e assim determina-se o coeficiente de atrito em função da inclinação θ :

$$P \sin \theta = \mu P \cos \theta \Rightarrow \mu_{\text{estático}} = \tan \theta. \quad (4)$$

O experimento para se determinar o coeficiente de atrito cinético também é simples, utiliza-se o segmento *liso* no mesmo esquema da montagem do *lançamento oblíquo* (fig. 2). Tal como no lançamento oblíquo, pelo alcance X e pela equação (3) se determina a velocidade final do corpo de prova quando este abandona o segmento liso. Pela velocidade final do corpo de prova se determina a sua aceleração, pois se trata de um movimento uniformemente variado. Levando em conta as componentes das forças do plano inclinado ($P \sin \theta$ e $\mu P \cos \theta$) e aplicando a segunda lei de Newton ($mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta = ma$), o coeficiente de atrito cinético pode ser isolado e determinado:

$$\mu_{\text{cinético}} = \tan \theta - \frac{a}{g \cos \theta} = \tan \theta - \frac{V^2}{2Lg \cos \theta} \quad (5)$$

Devido a muitos fatores que envolvem o atrito entre a superfície do corpo de prova e a superfície do segmento liso, este experimento pode apresentar uma incerteza grande principalmente na determinação do atrito estático.

2.4 Energia Potencial Gravitacional e Energia Cinética

A montagem é a mesma do experimento do *lançamento oblíquo* (fig. 2), mas com o segmento *liso*. No entanto, o enfoque deste está dentro do paradigma da conservação da energia, ou seja, o corpo de prova, uma mini bola de bilhar, perde energia potencial para ganhar energia cinética. Apesar de ser um tema não abordado no ensino médio, a energia de rotação deve ser comentada que equivale a 40% da energia cinética de translação no caso da esfera, ou seja, utiliza-se $0,7 \text{ mv}^2$ no lugar de $0,5 \text{ mv}^2$.

2.5 Dissipação da Energia Mecânica pela Força de Atrito

A montagem desse experimento é a mesma do experimento anterior, utiliza-se o experimento do *lançamento oblíquo* com o segmento *liso*. Entretanto, neste caso o corpo de prova não é a bolinha que gira e dissipa pouca energia, mas um pequeno cubo de alumínio que se arrasta e perde significativamente energia mecânica devido às forças de atrito. Essa perda pode ser calculada pela comparação entre a energia potencial no início do movimento com a energia cinética que o corpo de prova possui quando deixa o segmento.

2.6 Conservação do Momento Linear e Conservação da Energia em Colisões

Este experimento utiliza o segmento acanalado na mesma montagem do lançamento horizontal, conforme descrito na fig. 3. Deixa-se a segunda mini bola de bilhar no meio do trecho horizontal de 10 cm e em repouso enquanto se solta a primeira na parte superior do trilho. A primeira mini bola de bilhar ganha energia cinética, choca-se com a segunda e observa-se um fenômeno interessante: a primeira bolinha fica girando com velocidade de translação nula enquanto a segunda bolinha segue o trajeto do lançamento horizontal. Mas logo em seguida a primeira

V Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia (EREBIO-SUL)
IV Simpósio Latino Americano e Caribenho de Educação em Ciências do
International Council of Associations for Science Education (ICASE)

bolinha segue a segunda, pois as forças de atrito propiciam a translação da primeira bolinha que antes tinha ficado girando sem transladar.

Para o estudo da conservação do momento linear é preciso medir antes o alcance X da primeira bolinha sem choque, ou seja, exatamente como se fez no *lançamento horizontal*. Portanto, fazem-se duas medidas: alcance X da primeira bolinha sem choque e alcance X da segunda bolinha após o choque. Através dessas duas medidas se determinam as velocidades e se estuda a conservação do momento linear e a conservação da energia.

3 Resultados e Considerações Finais

Os melhores resultados para o *Movimento Uniforme* foram obtidos com o trilho levemente inclinado de ângulo $\theta = 0,50^\circ$ para compensar as forças de atrito. Esses resultados ficaram com erro relativo menor do que 3% em relação a uma reta nos dados do espaço em função do tempo, bem adequados levando em conta a imprecisão humana ao apertar os cronômetros. A simplicidade e a facilidade com que se tomaram as medidas é um forte indício de que os alunos do ensino médio não encontrarão muitas dificuldades para tomar dados semelhantes.

No *Movimento Uniformemente Variado*, os melhores resultados foram obtidos com ângulo em torno de $\theta = 20^\circ$ na inclinação do trilho. O erro relativo em relação aos dados de uma parábola foi menor do que 3 %, para os dados do espaço em função do tempo.

Nos estudos do *Lançamento Horizontal* foram medidas as seguintes grandezas físicas: $H = 0,876$ m, $\theta = 20^\circ$, $h = 0,681$ m, $L = 2,00$ m, $t_1 = 1,4$ s, $X = 1,14$ m. Foram feitas várias medidas para diminuir os erros aleatórios e se utilizou a média para se chegar nos seguintes valores: $V_{MUV} = 2,86 \frac{m}{s}$ e $V_{alcanceX} = 2,68 \frac{m}{s}$.

A diferença entre essas velocidades chega a 6,3 %, um pouco maior do que as incertezas envolvidas no experimento, indicando assim que houve reduções reais na velocidade, devido à curva e ao trecho horizontal de 10 cm (fig. 3).

No *Lançamento Oblíquo* foram medidas as seguintes grandezas físicas: $H = 0,874$ m, $\theta = 20,01^\circ$, $h = 0,681$ m, $L = 1,99$ m, $t_1 = 1,4$ s e $X = 0,915$ m. Foram feitas várias medidas para diminuir os erros aleatórios e depois se utilizou a média obtendo: $V_{MUV} = 2,84 \frac{m}{s}$ e $V_{alcanceX} = 2,93 \frac{m}{s}$. A diferença de 3 % entre essas velocidades estão dentro das incertezas envolvidas no experimento.

Os resultados apresentados no *Movimento Uniformemente Variado* e nos dois lançamentos foram muito adequados levando em conta que nestes experimentos ainda são utilizados cronômetros manuais. Conclui-se que o lançamento oblíquo, apesar da complexidade conceitual e matemática envolvida, apresenta resultados explicitamente mais claros. Isso leva a uma boa discussão do efeito causado pela curva que a bolinha é obrigada a fazer no lançamento horizontal. Com esses dois lançamentos, o professor tem os recursos didáticos apropriados para levar os seus alunos a compreenderem a independência dos movimentos e a darem um salto na compreensão dos movimentos que ocorrem na natureza. Além disso, é recomendável fazer cuidadosamente todas as passagens matemáticas para se chegar à equação da velocidade do lançamento oblíquo [equação (3)].

V Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia (EREBIO-SUL)
IV Simpósio Latino Americano e Caribenho de Educação em Ciências do
International Council of Associations for Science Education (ICASE)

As forças de atrito foram medidas para vários objetos. Entretanto apenas para um pequeno cubo de alumínio os erros aleatórios no cálculo dos coeficientes de atrito estático e dinâmico foram aceitáveis, mesmo assim em torno de 6%, um pouco acima do que se espera num laboratório didático:

$$\mu_{\text{estático}} = 0,38 \quad e \quad \mu_{\text{cinético}} = 0,34. \quad (6)$$

Mesmo assim, a diferença entre esses valores [equação (6)] estão próximos de 10%, acima dos 6% dos erros aleatórios, assegurando que se trata de uma diferença efetiva.

Neste experimento aparentemente simples é preciso ter em conta que a incerteza não é pequena na determinação do coeficiente de atrito estático. Além disso, recomenda-se explicar como se chega às equações dos coeficientes atrito estático e dinâmico [equação (5)], através das leis de Newton, ressaltando a importância dessa nova estrutura de pensamento. Um dos objetivos principais desse experimento é mostrar a riqueza das aplicações das leis de Newton, pois tal como os experimentos posteriores confirmam, essas leis ilustram conceitos essenciais da mecânica tais como a conservação da energia e a conservação do momento linear.

No experimento da *Energia Potencial Gravitacional e da Energia Cinética* foram medidas as seguintes grandezas físicas: $H = 0,860 \text{ m}$, $\theta = 19,91^\circ$, $h = 0,681 \text{ m}$, $L = 2,00 \text{ m}$ e $X = 0,935 \text{ m}$. A média dos valores do alcance e a equação (3) fornecem a velocidade final do corpo de prova $V = 3,05 \text{ m/s}$. Para a bolinha de massa $30,10 \text{ g}$ foram calculadas as energias potencial gravitacional e cinética

$$E_{PG} = mgh = 0,201 \text{ J} \quad e \quad E_C = E_{CT} + E_{CR} = 0,5mV^2 + 0,2mV^2 = 0,196 \text{ J} \quad (7)$$

cujas diferenças de 2,5% entre elas é aceitável levando em conta as incertezas envolvidas neste experimento.

No estudo da *Dissipação da Energia Mecânica pela Força de Atrito* foram medidas as seguintes grandezas físicas: $H = 0,860 \text{ m}$, $\theta = 28,36^\circ$, $h = 0,950 \text{ m}$, $L = 2,00 \text{ m}$, $X = 0,690 \text{ m}$. Foram feitas várias medidas para diminuir os erros aleatórios no alcance X . A média dos valores do alcance e a equação (3) forneceram a velocidade final do corpo de prova $V = 2,49 \text{ m/s}$. Sabendo que a massa do corpo de prova é de $18,87 \text{ g}$, pela diferença entre a energia potencial e cinética chegou-se ao valor da energia dissipada:

$$E_{PG} = mgh = 0,176 \text{ J} \quad e \quad E_C = 0,5mV^2 = 0,0585 \text{ J} \Rightarrow E_{\text{dissipada}} = 0,118 \text{ J}. \quad (8)$$

A discussão com os alunos é enriquecida comparando esse valor com o trabalho da força de atrito cinético:

$$W_{\text{atrito}} = F_{\text{atrito}} \cdot L = \mu_{\text{cin}} \cdot m \cdot g \cdot \cos \theta \cdot L = 0,111 \text{ J}. \quad (9)$$

A diferença de 5,9 % entre as equações (8) e (9) é aceitável levando em conta as incertezas na determinação do coeficiente de atrito que chegam a 6%, tal como comentado anteriormente.

Esses dois experimentos de energia poderão originar muitas discussões enriquecedoras no que se refere à conservação da energia mecânica e inclusive ter em conta a questão da influência da canaleta no "raio efetivo da esfera" (PIMENTEL e SILVA, 2005, p. 210). No experimento em que se utiliza o lançamento oblíquo, os valores obtidos estão com uma precisão semelhante à de outros trabalhos da literatura (SILVA et al, 2003, p. 381).

No experimento *Conservação do Momento Linear e Conservação da Energia em Colisões* foram medidas as seguintes grandezas físicas: $H = 0,876 \text{ m}$, $\theta = 20^\circ$, $h = 0,681 \text{ m}$, $L = 2,00 \text{ m}$, alcance X da primeira bolinha antes do choque ($X_1 = 1,14 \text{ m}$)

V Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia (EREBIO-SUL)
IV Simpósio Latino Americano e Caribenho de Educação em Ciências do
International Council of Associations for Science Education (ICASE)

e alcance X da segunda bolinha depois do choque ($X_2 = 1,08$ m). Para cada alcance, através da equação (2), se determina os valores respectivos das velocidades: $V_1=2,70$ m/s e $V_2=2,55$ m/s.

Levando em conta as massas das bolinhas, $m_1= 30,07$ g para a primeira e $m_2= 30,10$ g para a segunda, um cálculo direto dá uma diferença de 5,5% entre os momentos lineares e uma diferença de 11% entre as energias das bolinhas. Essas diferenças, acima dos erros envolvidos no experimento, podem gerar uma boa discussão com os alunos.

Este experimento merece um estudo mais aprofundado num trabalho posterior, levando em conta as rotações observadas. A diferença observada de 5,5% entre os momentos lineares e 11 % entre as energias das duas bolinhas pode ser entendida como devido principalmente ao fato de que na colisão houve a transferência do momento linear e da energia cinética de translação, mas não houve a transferência da energia de rotação. Imediatamente após a colisão a primeira bolinha continuou girando enquanto a segunda bolinha iniciou o seu movimento de translação sem rotação, ou seja, provavelmente a segunda bolinha, naquele instante, teria a mesma velocidade linear da primeira. Mas, logo depois, a força de atrito entre a bolinha e o trilho fez com que ela perdesse velocidade tanto pela dissipação como pela transformação da energia cinética de translação em energia cinética de rotação.

Espera-se que todo esse conjunto de experimentos seja adequado para motivar e ajudar os professores do ensino médio do primeiro ano das escolas públicas. Um professor de física motivado cria mais facilmente um ambiente favorável para que os alunos estejam motivados para a aprendizagem de física. Os problemas apontados pelos pesquisadores –poucas aulas experimentais nas escolas públicas, atribuição de falta de equipamentos e de menor número em sala de aula bem como a utilização do laboratório apenas como apêndice no processo ensino-aprendizagem – poderiam ser amenizados através da montagem de um instrumento simples como esse trilho multifuncional. Como é muito fácil e barato montar esse equipamento, o professor poderia trabalhar com dois instrumentos e colocar uma em cada canto da sala.

V Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia (ERE BIO-SUL)
IV Simpósio Latino Americano e Caribenho de Educação em Ciências do
International Council of Associations for Science Education (ICASE)

Referências

BLOSSER, P. E., Matérias em Pesquisa de Ensino de Física: O Papel do Laboratório no Ensino de Ciências. **Cad. Cat. Ens. Fis.**, Florianópolis, 5 (2), p 74-78, 1988.

LABURÚ, C. A., Fundamentos para um Experimento Cativante. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 23, n. 3: p. 382-404, dez. 2006.

LABURÚ, C. A., MAMPRIN, M.I. de L. L e SALVADEGO, W. N. C., **Professor das ciências naturais e a prática de atividades experimentais no ensino médio - uma análise segundo Charlot..** Londrina: Eduel, 2011.

MARINELI, F. e PACCA, J. L. A.. Uma interpretação para dificuldades enfrentadas pelos estudantes em um laboratório didático de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, vol 28, n. 4, p 497-505, 2006.

PIMENTEL, J.R. e SILVA, M.A.,. Influência do Raio Efetivo no Movimento de Projéteis Esféricos Lançados Horizontalmente. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, vol. 22, n.2, p 209-219, 2005.

PINHO ALVES, J. F., Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático, **Cad. Cat. Ens. Fis**, Florianópolis, V. 17 n.2 p. 174-188, 2000.

SILVA, W. P., SILVA, C.M.D.P.S., PRECKER, J.W., SILVA, D.D.P.S., SOARES, I.B. e SILVA, C.D.P.S. Esfera em Plano Inclinado: Conservação da Energia Mecânica e Força de Atrito. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, vol. 25, no. 4, P. 378-383, dez, 2003.

VUOLO, J.H.. **Fundamentos da Teoria de Erros**, São Paulo: Edgar Blücher, 1992.