

Plano inclinado:

Um experimento galileano a ser realizado por alunos e professores da Educação Básica

.....
Luiz Gonzaga Roversi Genovese
Instituto de Física, Universidade
Federal de Goiás, Goiânia, GO, Brasil.
E-mail: lgenovese@ufg.br

Jefferson Adriano Ribeiro da Cunha
Instituto de Física, Universidade
Federal de Goiás, Goiânia, GO, Brasil.
E-mail: adriany@ufg.br
.....

Introdução

O ensino de física em qualquer nível pode e deve ser realizado empregando-se experimentos. O porquê de tal afirmação não reside no entendimento de que a realização pura e simples de experimentos resolveria todo e qualquer problema de aversão e compreensão dos conceitos, métodos, teorias, leis, princípios e o processo histórico de desenvolvimento da ciência física por parte dos alunos. Muito menos ainda, na afirmação equivocada de que observar e/ou realizar experimentos torna mais fácil a aprendizagem nesse campo do conhecimento humano, como se o simples fato de se trabalhar com materiais concretos fosse, por si só, capaz de promover o entendimento dos fenômenos físicos, deixando à margem a laboriosa, necessária e intencional atividade racional do sujeito, seja aluno seja professor.

Os experimentos de física construídos a partir de materiais presentes no cotidiano dos alunos e de fácil aquisição também são, por vezes, amplamente enaltecidos e sua utilização estimulada, principalmente, na Educação Básica, empregando-se argumentos ora distintos ora semelhantes àqueles mencionados no parágrafo anterior.

Argumentos como esses compõem um rol de entendimentos que sustentam a ideia comum e bastante disseminada de que a experimentação seria a solução para os problemas associados ao ensino e a aprendizagem em física. Essa equivocada ideia sobre o papel redentor da experimentação no ensino e na aprendizagem em

física é aqui entendida como uma panaceia, ou, o que é pior, um mito do “fez o experimento, aprendeu”, que mais impede do que propicia melhores práticas e entendimentos vinculados com a experimentação.

Vários são os trabalhos que mostram quanto equivocada é tal ideia. Dentre eles encontra-se o de Wellington [1], onde são elencadas as seguintes dificuldades e problemas associados com a atividade prática que, em vários aspectos, são similares à realização de experimentos, tais como: o professor pode levar os alunos a acreditar que são “verdadeiros cientistas”; práticas não

Ideia comum e bastante disseminada é a de que a experimentação seria a solução para os problemas associados ao ensino e a aprendizagem em física. Ela é equivocada, e gerou o mito do “fez o experimento, aprendeu”, que mais impede do que propicia melhores práticas e entendimentos vinculados com a experimentação

bem sucedidas podem levar os alunos a construírem entendimentos equivocados em relação a leis e teorias; a prática pode sugerir, de forma equivocada, que a observação é isenta de pressupostos teóricos, ou seja, não é guiada por teorias e dá acesso direto a verdade; a prática pode limitar a abordagem de certos conteúdos do currículo em ciência, pois alguns tópicos exigem a realização de práticas pouco usuais para o contexto escolar; a constituição de grupo de alunos para a realização de experimentos por si só não garante que a realização da prática será bem sucedida, pois há outros fatores envolvidos no trabalho em grupo [1].

No entanto, os experimentos construídos com materiais do cotidiano e de fácil aquisição podem e devem ser empregados para promover a aprendizagem e o ensino de física mais significativos, para alunos e professores que vivem no mundo contemporâneo, marcado pela extrema valorização da aprendizagem e do conhecimento. Os experimentos, ou melhor, a

O presente trabalho apresenta uma proposta de construção do experimento denominado plano inclinado, apresentado em 1638 por Galileu Galilei na obra *Discurso e Demonstrações Matemáticas sobre as Duas Novas Ciências*. A construção é realizada com materiais que pertencem ao universo vivencial dos alunos e, por este motivo, estão impregnados de significados que podem ser ressignificados à luz da realização dessa proposta criativa, imaginativa e criadora.

sua utilização no contexto educacional, é capaz de propiciar aos alunos e professores, dependendo da abordagem de ensino, a construção de atitudes, práticas e entendimentos marcados pela flexibilidade, inventividade, interatividade, divergência, respeito ao próximo, discussões sobre as condições socioambientais em nosso planeta, ressignificação e etc. que, por sua vez, são algumas das principais características exigidas do homem pela sociedade do conhecimento.

A fim de não parecer abstrato em demasia, ou, o que é pior, afirmar algo sem apresentar argumento, a seguir, é sinalizado como o uso do experimento no ensino de física pode enfatizar, por exemplo, a divergência de pensamento. Galileu Galilei ao observar o Sol e suas manchas com sua luneta fez considerações, apoiadas pelos trabalhos de Copérnico, que contrariavam, divergiam do entendimento defendido

Alunos e os professores de Ensino Médio e Fundamental podem realizar esse experimento tanto na sala da escola quanto em casa, de modo a construir novos significados e usos a materiais que outrora lhes propiciavam entendimentos circunscritos ao universo imediato

pelos representantes da Igreja, de que a Terra era destituída de movimento e ocupava o lugar privilegiado no universo, o centro, o que causou profundas e violentas discussões e quase a sua morte na fogueira da Inquisição.

Outro aspecto merecedor de menção, expresso neste pequeno relato, além, é claro, da divergência de pensamento, é o aspecto humano do empreendimento científico. Fica nítido, por exemplo, como as crenças e convicções humanas, neste caso, de origem religiosa, influenciaram e levaram os clérigos a rejeitar a nova forma de ver o mundo proposta por Galileu e, ainda, a importância e a dificuldade de se convencer por meio de argumentos (diálogo) e não pela força e opressão, outros pensadores que têm um ponto de vista menos ajustado para explicar determinado fenômeno físico. No entanto, é necessário advertir que tais aspectos devem ser considerados, mas em hipótese alguma devem solapar a liberdade de expressão e de pensamento da qual se nutre o ser humano e, por conseguinte, o empreendimento científico [2].

Orientado por tais apontamentos, este trabalho mostra o procedimento da construção do experimento do plano inclinado, apresentado em 1638 por Galileu Galilei na obra *Discurso e Demonstrações Matemáticas sobre as Duas Novas Ciências*, realizado com materiais que pertencem ao universo vivencial dos alunos e, por este motivo, estão impregnados de significados

que podem ser ressignificados por meio da realização dessa atividade.

Vários são os motivos que contribuem para ressaltar a importância de se trabalhar tal experimento na Educação Básica e no ensino superior. Até os dias de hoje o experimento do plano inclinado é um tema controverso na história da física e, por isso mesmo, serve para ilustrar essa importante característica da atividade científica junto a alunos e professores de todos os níveis de ensino. Controverso porque desperta vivas discussões entre aqueles que defendem como, por exemplo, Maclachlan [3] e aqueles que se opõem, a exemplo de Koyré [4, 5], a ideia de que Galileu realizou o experimento do plano inclinado [6].

A forte ênfase dada por significativa parcela de professores de física de Ensino Médio aos conceitos relacionados à área de mecânica, é outro motivo. A importância histórica desse experimento no âmbito das discussões sobre os marcos norteadores da Revolução Científica dos Séculos XVII e XVIII, em particular, a indissociabilidade entre a matemática e a atividade experimental em física, denominada de física matemática [7], é mais um motivo.

Os alunos e os professores de Ensino Médio e Fundamental podem realizar esse experimento tanto na sala da escola quanto em casa, de modo a construir novos significados e usos a materiais que outrora lhes propiciavam entendimentos circunscritos ao universo imediato, seria outro motivo. De fato, este foi um dos principais motivos, senão o principal, para a construção e divulgação deste artigo, já que a proposta de montagem do experimento em questão foi realizada e bem trabalhada no ano de 2008 junto a alunos das primeiras séries do Ensino Médio da Escola Estadual Neusa Cestari, localizada na cidade de Pederneiras, interior de São Paulo, por um dos autores do presente artigo, quando trabalhava como professor efetivo em física na rede pública de ensino daquele estado, com essa finalidade.

E por fim, a montagem experimental, apresentada a seguir, se diferencia das disponíveis no mercado ao dispensar o acionamento manual do cronômetro. No entanto, é imprescindível mencionar que essa proposta experimental, como tantas outras, tem o potencial de despertar a imaginação e a elaboração de novos entendimentos tanto por alunos como por profes-



Figura 1: Materiais empregados na construção do plano inclinado: fita métrica, fita isolante, fita crepe, canaleta de alumínio, relógio digital com cronômetro, fio condutor encapado, esfera metálica, papel alumínio e lixa d'água.

sores que rompam com aqueles aqui prescritos, o que é um alívio.

A construção do plano inclinado

Materiais empregados

Os materiais empregados na montagem do plano inclinado são mostrados na Fig. 1 e podem ser encontrados com facilidade em lojas de material de construção e de aparelhos eletrônicos importados, e são os seguintes: uma canaleta de alumínio de 8 mm de largura por 2 m de comprimento; uma esfera metálica de diâmetro maior do que 8 mm; um relógio digital com cronômetro (tipo despertador); 6 m de fio flexível de cobre de 0,5 mm; fita métrica de costura; pedaço de papel alumínio; lixa d'água número 320; solda de estanho; ferro de solda (30 W); fita crepe e/ou isolante.

Montagem e utilização do plano inclinado

A construção do plano inclinado pode ser realizada adotando os seguintes procedimentos:

- Lixe toda a superfície da canaleta de alumínio que ficará em contato com a esfera metálica durante o seu movimento, para retirar a camada de óxido que impede o fechamento do circuito elétrico;
- Limpe toda a superfície da esfera metálica empregada no experimento, para que haja condução elétrica entre a esfera e a canaleta de alumínio, que farão parte do circuito elétrico;
- Cole um pedaço de 4 cm de fita crepe na extremidade da canaleta que será utilizada como ponto de partida do rolamento da esfera metálica (Fig. 2), de modo a encobrir (isolar) um pedaço de um lado da canaleta de alumínio pela qual a esfera metálica se movimentará;
- Corte o fio flexível em 3 pedaços: dois

- pedaços com 2 m e um pedaço de 2,5 m;
- Faça uma conexão entre uma extremidade do fio de 2,5 m e uma extremidade de um dos dois fios de 2 m e, em seguida, prenda (enrole) essa junção a uma fatia de papel alumínio de dimensões de 3 cm por 5 cm, deixando uma grande parte dessa fatia livre para ser presa na canaleta metálica. Em seguida, afixe essa fatia de papel alumínio sobre a fita crepe presente na canaleta (posição A), sem que o papel alumínio toque a canaleta de alumínio;
- Lixe uma região da canaleta próxima a extremidade onde está afixada a fita crepe. Na sequência, conecte nessa região uma das extremidades do outro fio de 2 m (aquele que não está preso ao fio de 2,5 m) com fita crepe;
- Identifique o botão responsável pelo início e pela pausa da contagem do tempo no cronômetro do relógio digital. Abra o relógio digital e localize as trilhas da placa de circuito integrado abaixo desse botão. A cada uma dessas trilhas solde, com muito cuidado, um dos dois fios flexíveis de 2 m que, anteriormente, tiveram suas extremidades conectadas à canaleta com o objetivo de fechar o circuito elétrico que mede o tempo (Fig. 2), ou seja, aciona a tomada de tempo (posição A);
- Pegue a extremidade livre do fio de 2,5 m e prenda uma nova fatia de papel alumínio, que deve estar sobre um pedaço de fita crepe de dimensão maior. Essa extremidade, representada pela posição B (Fig. 2), servirá como terminal para abrir o circuito elétrico do qual faz parte o cronômetro do relógio digital e, portanto permitirá a tomada final de tem-

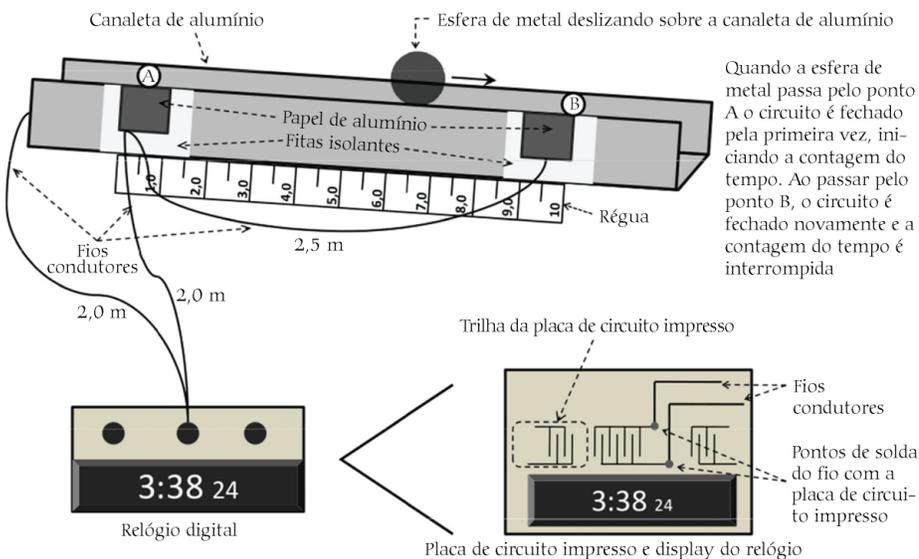


Figura 2: Esquema ilustrativo de montagem do plano inclinado.

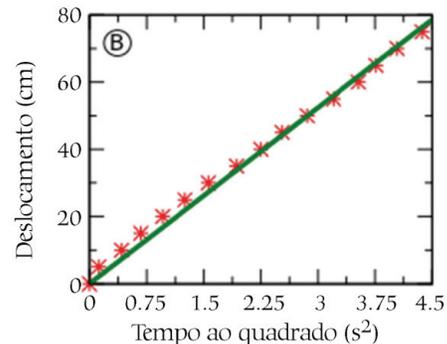
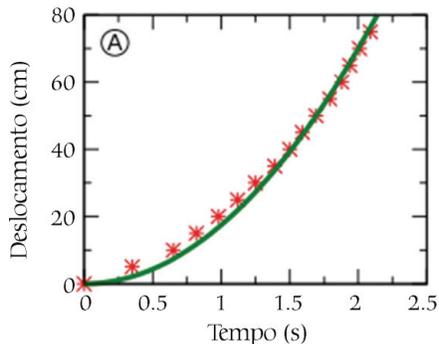


Figura 3: Relação entre o deslocamento da esfera em função do tempo (A) e em função do tempo elevado ao quadrado (B). Os pontos em vermelho são dados experimentais e as curvas cheias, em verde, são os ajustes feitos.

- po, nas mais diferentes posições ao longo da canaleta de alumínio;
- Por fim, prenda a fita métrica na lateral da canaleta (utilize fita crepe) tendo o cuidado de ajustar o zero da fita métrica com o início da fatia de papel alumínio afixado à fita crepe (posição A), pois é em tal ponto que se inicia a tomada de tempo.

Com a montagem ilustrada na Fig. 2 é possível, dentre outras possibilidades, estudar a relação entre o deslocamento da esfera metálica e o tempo. Neste caso o professor e/ou o aluno podem proceder da seguinte forma: coloque a extremidade do fio de 2,5 m em uma determinada posição ao longo da canaleta como, por exemplo, 5 cm. Segure a esfera metálica bem próximo do zero na fita métrica sem deixar que esta toque o papel alumínio. Com o cronômetro zerado solte a esfera. Esta descerá e no início de seu movimento

fechará o circuito disparando a contagem do tempo, que será parado ao final do trajeto quando a esfera metálica tocar a extremidade do fio de 2,5 m, abrindo o circuito elétrico. Este procedimento pode ser realizado várias vezes em uma mesma posição e para outras posições.

A realização de tal procedimento permite a constituição de dados que podem expressar a relação de deslocamento vs. tempo no movimento uniformemente variado. Na Fig. 3 apresentamos os dados coletados em formato de gráfico, ilustrando a relação entre o deslocamento da esfera (D) em função do tempo (t) (Fig. 3-A) e em função do tempo ao quadrado (Fig. 3-B). Os pontos na forma de asteriscos são os resultados experimentais e as linhas cheias são os ajustes feitos. Por meio destes resultados observamos claramente a relação quadrática do deslocamento em relação ao tempo que se ajusta bem a uma curva do tipo $D(t) = at^2$, sendo a uma constante. Para o ajuste linear obtivemos sucesso ao utilizarmos uma função do tipo $D(t') = bt'$, com $t' = t^2$.

Considerações finais

Dentre as outras possibilidades esta montagem do plano inclinado permite estudar a relação entre o as grandezas físicas tempo, deslocamento e angulação do plano inclinado, mas não é só. Ele permite também que o professor e os alunos debatam o relação entre ciência e religião, ao se resgatar o contexto histórico no qual vivia Galileu Galilei. Abre a possibilidade para que o aluno possa elaborar previsões, observações, explicações e hipóteses quanto a relação entre deslocamento e tempo.

Este experimento também propicia a análise dos limites de queda livre e movimento retilíneo uniforme, apenas modificando a angulação do plano inclinado. Estas propostas de montagem, no entanto, ficam como desafio para os professores e alunos,

já que requerem criatividade, inventividade e novos entendimentos de ambos.

Enfim, tal experimento se mostra particularmente útil ao ensino e aprendiza-

gem em física tanto no Ensino Fundamental quanto no Ensino Médio e, portanto, de desejável realização pelos alunos e professores desses níveis de ensino.

Agradecimentos

Agradecimento especial ao Jeveson Cardoso da Silva, técnico de laboratório do Instituto de Física da UFG, pelo auxílio na montagem do experimento.

Referências

- [1] J. Wellington, in: *Secondary Science: Contemporary Issues and Practical Approaches*, organizado por J. Wellington (Routledge, Londres, 2010), p. 135-145.
- [2] G. Holton, *Introducción a los Conceptos y Teorías de las Ciencias Físicas* (Editorial Reverté, Barcelona, 2004).
- [3] J. MacLachlan, *Galileu Galilei: O Primeiro Físico* (Companhia das Letras, São Paulo, 2008).
- [4] A. Koyré, *Estudos de História do Pensamento Científico* (Forense Universitária, Rio de Janeiro, 1991).
- [5] A. Koyré, *Estudos Galilaicos* (Publicações Dom Quixote, Lisboa, 1992).
- [6] P. Thuillier, *De Arquimedes a Einstein: A Face Oculta da Invenção Científica* (Jorge Zahar Editor, Rio de Janeiro, 1994).
- [7] M. Motta, in: *Do Mundo Fechado ao Universo Infinito*, organizado por A. Koyré (Forense Universitária, Rio de Janeiro, 2010), p. I-XIII.

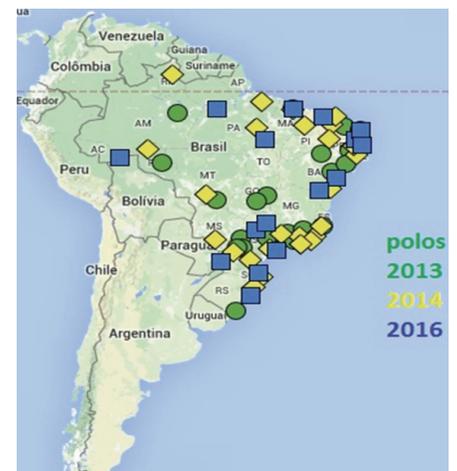
Saiba mais

- B. Cohen, *O Nascimento de Uma Nova Física* (EDART, São Paulo, 1967).
L. Geymonat, *Galileu Galilei* (Nova Fronteira, Rio de Janeiro, 1997).



MNPEF em notícia

- Foram encerradas as seleções de candidatos para as turmas de 2017 dos cerca de 60 polos espalhados por todo o país.
- Lívio Amaral (IF-UFRGS) é o novo Pró-Reitor do Programa.
- Silvio Salinas (IFUSP) e Silvana Peres (DF-UFFPA) são os novos membros do Conselho e da CPG, respectivamente.
- Cerca de 230 dissertações já foram defendidas em 2015 e 2016.
- Foi distribuída razoável quantidade de livros para compor biblioteca especializada de apoio aos polos, além da distribuição gratuita do box de 5 livros a todos os professores e alunos.
- Novo portal do MNPEF está em fase de implantação.
- A IV Escola Brasileira de Ensino de Física, destinada aos docentes do MNPEF será realizada na UESC-Ilhéus no período de 25 a 29 de setembro de 2017.



Acesse nossa página do facebook: <https://www.facebook.com/mnpef/>