

ESTUDO DO PLANO INCLINADO DE GALILEU: UMA REPRODUÇÃO DE EXPERIMENTOS HISTÓRICOS COMO SUBSÍDIO PARA O ENSINO DE FÍSICA

CARLOS H. M. F. SILVA¹, ALEX LINO²

¹ Graduando em Licenciatura em Processo Física, Bolsista PIBIFSP, IFSP, Câmpus Caraguatatuba, h.medeiros@aluno.ifsp.edu.br .

² Professor Doutor do IFSP, Câmpus Caraguatatuba, alexlinoassis@gmail.com.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): Física - 1.05.00.00-6

RESUMO: O projeto pretende investigar as contribuições educacionais de uma abordagem baseada na História da Ciência e na experimentação envolvendo conceitos científicos da área da Física, como o movimento retilíneo uniformemente acelerado de um corpo, especificamente as ideias concernentes ao estudo do plano inclinado, destacando as propostas originalmente apresentadas por Galileu Galilei em sua obra *Duas Novas Ciências*. Galileu propôs que o movimento uniformemente variado é definido como sendo aquele e que o corpo, quando parte do repouso, adquire em intervalos de tempos iguais, aumentos iguais na intensidade da velocidade. Nessa obra Galileu, através de um diálogo entre três personagens, faz referimento a um possível experimento para comprovar as relações do movimento acelerado, um aparelho feito de madeira com uma canaleta onde era possível percorrer uma pequena esfera quando esse plano estivesse inclinado. O tempo fora determinado por Galileu a partir de um relógio de água. Pretendemos reconstruir o experimento do plano inclinado de Galileu, bem como suas técnicas para mensuração dos tempos, mostrando a contribuição que deu ao estudo do movimento acelerado e aplicá-los para estudantes de Licenciatura em Física em uma aula de Laboratório de Mecânica sobre o movimento sob uma perspectiva histórica. Esperamos contribuir expressivamente com o despertar do interesse dos alunos para a construção de novos conhecimentos científicos e para a compreensão de conceitos sobre este tipo de movimento acelerado, trazendo o caráter empírico e o desenvolvimento histórico como subsídios para o ensino de Física.

PALAVRAS-CHAVE: História da Ciência; Ensino de Física; Plano Inclinado; Movimento acelerado

1 INTRODUÇÃO

A negação do valor do método histórico no Ensino de Ciências se fundamenta quase sempre sob as seguintes perguntas retóricas: *por que perder tempo ensinando teorias falsas aos estudantes? Por que devemos falar de uma teoria precedente se ela não é mais válida?* A resposta a essas perguntas talvez possam ser encontradas refletindo sobre qual seria a validade da História e Filosofia da Ciência (HFC) nestes casos.

Uma das validades da HFC para o Ensino de Ciências que poderíamos citar seria a sua contribuição à formação das pessoas, o que pode ser uma garantia da modificação da visão falsa de ciência devido a uma visão a-histórica. Mas qual seria essa visão falsa de ciência? Primeiramente, o ensino de ciências, sem o enfoque histórico, pode fazer com que o estudante não perceba que o conceito ou conhecimento científico que está estudando tenha passado por um processo de desenvolvimento (Moura, 2021). Isso pode gerar uma visão de que a ciência é uma verdade absoluta e imutável ou algo acabado.

Os cientistas enfrentaram e enfrentam muitas dificuldades para garantir uma explicação mais adequada dos fenômenos da natureza. E estas explicações não garantem uma verdade absoluta: estas ainda podem sofrer modificações.

A visão de ciência como verdade absoluta não estimula em nada a formação de um cidadão crítico, pois, desta forma, não existe espaço para dúvidas sobre os produtos da ciência. Então, por que se questionar, se o produto foi gerado por uma ciência que não comete erros?

A intenção maior da abordagem histórica e filosófica, que defendemos aqui, é a sua contribuição para a construção de uma visão mais ampla a respeito das questões envolvidas no desenvolvimento histórico de determinados conhecimentos científicos.

Acreditamos que fazer os estudantes participarem das discussões históricas, que sejam oportunamente simplificadas (mas não deturpadas), estimulando-os a imaginarem quais “conselhos” teriam concedido aos grandes cientistas do passado, serviria para aumentar o grau de consciência das noções físicas, dando-lhes, ao mesmo tempo, a experiência, preciosíssima, de como nasce uma hipótese científica e de quão pouco a pesquisa científica possa ser descrita em termos de “racionalidade instantânea”. O uso de história da ciência tende a favorecer o entendimento do porque tais conceitos são construídos da forma que são (Santos, 2018).

Tendo em vista as preocupações iniciais apresentadas, forneceremos, por meio deste trabalho, um exemplo de discussão histórica que pode ser realizada no ensino de ciências a partir da construção e aplicação de um experimento proposto pelo cientista Galileu Galilei, em sua obra *Discurso e Demonstrações Matemáticas em torno às Duas Novas Ciências*, publicada em 1638, sobre a aceleração de um corpo em um plano inclinado. Pretendemos verificar se a abordagem possibilitará o envolvimento dos estudantes em relação ao estudo do movimento acelerado, a aprendizagem de conceitos concernentes a este tema e o entendimento e questionamento dos processos que levam a elaboração do conhecimento científico.

2 TEORIA

Galileu Galilei (1564 – 1642), um dos principais nomes associado ao rompimento do equilíbrio entre a filosofia especulativa, a matemática e a evidência experimental no estudo dos fenômenos físicos, principalmente ao estudo das propriedades do movimento, foi um dos pioneiros a tentar matematizar o problema do movimento pendular, queda livre e dos movimentos acelerados.

Em sua obra publicada em 1638, *Discorsi e Dimostrazioni Matematiche intorno a Due Nuove Scienze*, Galileu descreve as relações matemáticas para o movimento uniformemente acelerado, especificamente na terceira jornada do livro, intitulada *terceira jornada sobre o movimento naturalmente acelerado* (Galilei, 1935). Galileu escreve essa obra em forma de um diálogo entre três personagens, a saber, Simplicio (quem representa os aristotélicos), Salviati (quem representa o próprio Galileu) e Sagredo (quem representa um personagem neutro e que fará parte do debate).

Na terceira jornada Galileu mostra que a velocidade do corpo em movimento naturalmente (ou uniformemente) acelerado é diretamente proporcional ao tempo de movimento.

Em símbolos, tem-se a seguinte notação

$$V \propto t$$

Em que v representa a velocidade de queda de um corpo em um tempo t determinado.

A constante de proporcionalidade entre as grandezas, para este tipo de movimento, é a aceleração. Considerando, como Galileu fez, para uma queda livre, a velocidade inicial sendo nula, e, desprezando os atritos, tem-se a seguinte equação horária da velocidade de um corpo para o movimento uniformemente variado

$$V = a.t \quad (1)$$

Em que a é a aceleração do plano inclinado local.

Outra equação que é demonstrada por Galileu é a relação entre o deslocamento do corpo e o tempo.

Se um móvel, partindo do repouso, cai em um movimento uniformemente acelerado, os espaços por ele percorridos em qualquer tempo estão entre si na razão dupla dos tempos, a saber, como os quadrados desses mesmos tempos (GALILEI, 1935, p. 136).

Nesta citação Galileu afirma que o deslocamento d de um corpo em queda livre é diretamente proporcional ao quadrado do tempo de queda t . Em símbolos

$$d \propto t^2$$

Acrescentando a constante de proporcionalidade, tem-se a equação horária dos espaços para o movimento uniformemente variado, considerando, novamente, os atritos desprezíveis e a velocidade inicial nula.

$$d = a.t^2/2 \quad (2)$$

Em um determinado momento do diálogo Simplicio traz um questionamento a Salviati sobre a validade das afirmações anteriores e que seria oportuno apresentar experiências que concordariam com as conclusões.

Galileu elabora um esquema experimental para determinar as proporções existentes entre distância e tempo e velocidade e tempo no movimento natural acelerado de um corpo em um plano inclinado. Tal esquema nos mostra as dificuldades que Galileu teve para determinação dos tempos, utilizando-se para isso de um relógio de água. Os tempos eram medidos a partir do peso da água coletado durante todo o movimento da esfera no trajeto considerado.

Podemos notar também que Galileu se preocupou com o atrito em seu procedimento, fazendo com que a canaleta onde se moveria a esfera estivesse lisa e polida. Galileu também nos mostra que as proporções encontradas são independentes da inclinação do plano.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O projeto investiga as contribuições educacionais de uma abordagem baseada na História da Ciência e na experimentação envolvendo conceitos científicos da área da

Física, como o Movimento Uniformemente Acelerado, especificamente as ideias concernentes ao estudo do plano inclinado de Galileu. Destacamos as propostas apresentadas por Galileu em sua obra *Duas Novas Ciências* sobre o estudo do movimento e suas relações e também buscamos fazer um estudo histórico de como Galileu desenvolveu suas ideias em relação ao desenvolvimento do conceito de aceleração.

Investigaremos se a proposta histórica e experimental contribui com o interesse e a aprendizagem dos alunos de Graduação, onde o projeto será aplicado. Os conceitos em análise são referentes ao estudo Movimento Acelerado, sob a perspectiva de pesquisas de natureza qualitativa por possuir ambiente natural como uma fonte direta de dados e o pesquisador como seu principal instrumento. Para coletar os dados aplicaremos questionários e entrevistaremos os alunos. Esses dados também serão avaliados sob a perspectiva de uma investigação qualitativa, pois teremos a preocupação maior com os significados e a compreensão do fenômeno em estudo.

A metodologia foi construída levando-se em consideração os aspectos históricos, filosóficos e culturais do fenômeno em estudo. Apresentaremos, não somente o desenvolvimento das ideias sobre corpos em movimento acelerado, mas proporemos, além disso, as causas momentâneas que levaram os contribuintes a estudar este problema.

Para o demonstrar a complexidade do trabalho científico em diferentes épocas da história da ciência foi montado um experimento do plano inclinado de Galileu e seu relógio de água utilizando-se de materiais de baixo custo. Também será utilizado outros meios modernos de medição de tempo, verificando assim possíveis erros dentro da proposta metodológica do autor, principalmente no que se refere às medidas de tempo e o atrito. Dessa forma teremos a possibilidade de fazer os alunos participantes experimentarem ferramentas modernas de medição de tempo e compararem com aquela utilizada por Galileu no experimento do plano inclinado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente pesquisamos mais sobre a discussão histórica sobre Galileu, suas descobertas e o debate sobre ele ser empirista ou racionalista. Em seguida construímos uma sequência didática sobre Galileu e o plano inclinado (Tabela 1).

TABELA 1. Sequência didática

Tempo	Objetivos	Atividades
Aula 1 e 2- 50 min (cada aula)	Apresentar a sequência. Identificar as concepções iniciais dos estudantes acerca dos conceitos do plano inclinado. / Introduzir a história e conceitos da Mecânica desde Aristóteles até Galileu.	Questionário sobre o Plano inclinado e de conceitos de HFC com enfoque em Galileu - Respondido em Sala / Aula apresentada por slides / Entrega do roteiro de experimento.
Aula 3 e 4- 50 min (cada aula)	Observação e comparação dos dados experimentais com os dados teóricos de Galileu com os diferentes métodos de medidas, para reflexão do Galileu Empirista x Racionalista	Realização do experimento do plano inclinado com as diferentes formas de medição (Relógio de água, Pêndulo, Cronômetro e Sensores)
Aula 5 - 50 min	Finalização do Experimento caso necessário	Finalização do experimento.
Aula 6- 50 min	Promover uma reflexão sobre o desenvolvimento científico e sobre o debate do Galileu Empirista ou Racionalista / Observar as diferenças nas concepções dos estudantes antes e depois da sequência didática	Aula dialogada -interrogações iniciais para suscitar o debate / Reaplicação do questionário inicial

Fonte: Elaborado pelo autor

Após a elaboração da sequência, construímos um plano inclinado e com o uso de sensores LDR, leds e uma placa Arduino, desenvolvemos um mecanismo de medição preciso do tempo (Imagem 1).

IMAGEM 1. Plano montado



Fonte: Elaborado pelo autor

Com o plano montado acompanhado de seus meios de medições de tempo (Relógio de água, Pêndulo, Cronômetro e Sensor), foi-se então testado o plano para confirmar a eficácia do mesmo, soltando uma pequena esfera sempre da mesma posição e determinando, dentro de espaços constantes, os tempos transcorridos (Tabela 2).

TABELA 2. Espaços e tempos normalizados no plano.

Medidas dos Sensores

L(m)	T(s)	T ² (s ²)	L/(0,455 m)	T ² /(2,567 s ²)	Erro (%)
0,455	1,6022	2,567	1	1	0
0,91	2,3428	5,489	2	2,138	6,907
1,365	2,9428	8,660	3	3,374	12,452
1,82	3,4988	12,242	4	4,768	19,219

Medidas do Cronômetro

L(m)	T(s)	T ² (s ²)	L/(0,455 m)	T ² /(2,52 s ²)	Erro (%)
0,455	1,59	2,52	1	1	0
0,91	2,43	5,90	2	2,34	17,07
1,365	3,08	9,46	3	3,75	25,06
1,82	3,41	11,63	4	4,61	15,27

Medidas do Pêndulo

L(m)	T(oscilações)	T ² (oscilações ²)	L/(0,455 m)	T ² /(3,69 oscilações ²)	Erro (%)
0,455	1,92	3,69	1	1	0
0,91	2,6	6,76	2	1,83	8,31
1,365	3,2	10,24	3	2,78	7,41
1,82	3,75	14,06	4	3,81	4,63

Medidas do Relógio de água

L(m)	T(g)	T ² (g ²)	L/(0,455 m)	T ² /(3,78 g ²)	Erro (%)
0,455	1,94	3,78	1	1	0
0,91	2,61	6,79	2	1,80	10,14
1,365	3,17	10,05	3	2,66	11,37
1,82	3,62	13,10	4	3,47	13,31

Com os dados obtidos, atesta-se a visualização da proporção de Galileu, mas com imprecisões claras, possivelmente causadas pelo atrito do material.

Por fim houve a aplicação das 2 primeiras aulas da sequência didática, que ainda está em andamento, em primeiro momento percebeu-se a atenção dos estudantes além de engajamento dos mesmos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a finalização da sequência espera-se resultados positivos devido o engajamento dos estudantes e apresentação dos novos conceitos. Nas próximas etapas de aplicação da sequência os estudantes se dividirão em grupos e cada grupo fará a medição do tempo de uma das formas apresentadas pela tabela 2. Os alunos serão instruídos a normalizar os dados para verificar a proporção entre os espaços e os tempos, como Galileu descreveu. Por fim, os alunos deverão apresentar à sala os resultados e nesse momento será mediado pelo professor um debate acerca das diferentes formas de medição do tempo. Após o momento de discussão os alunos responderão a um questionário sobre a perspectiva histórica experimentada nessa atividade e perguntas conceituais relacionadas ao plano, que serão comparadas ao questionário inicial aplicado na aula 1.

REFERÊNCIAS

- MOURA, C. B. Para que história da ciência no ensino? Algumas direções a partir de uma perspectiva sociopolítica. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*, [S. l.], v. 4, n. 3, 2021. DOI: 10.5335/rbecm.v4i3.12900.
- DAMASIO, Felipe; PEDUZZI, Luiz O. Q.. História e filosofia da ciência na educação científica: para quê?. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (belo Horizonte)*, [s.l.], v. 19, p.1-19, 2017.
- GALILEI, Galileu. *Duas novas ciências*. São Paulo: Nova Stella, 1935. 288 p. Tradução e notas: Letizio Mariconda e Pablo R. Mariconda.
- SANTOS, M. Uso da História da Ciência para Favorecer a Compreensão de Estudantes do Ensino Médio sobre Ciência. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, [S. l.], v. 18, n. 2, p. 641–668, 2018. DOI: 10.28976/1984-2686rbpec2018182641.