

ENSINO DE CINEMÁTICA ATRAVÉS DE UM LANÇAMENTO HORIZONTAL DE PROJÉTEIS UTILIZANDO UM *FOTOGATE*

KINEMATICS TEACHING THROUGH A HORIZONTAL PROJECTILE LAUNCH USING A PHOTOGATE

Telmo Paes Barreto Junior

Instituto Federal do Espírito Santo - IFES - Campus Cariacica - Brasil
E-mail: telmopbjunior@gmail.com

Weverson Ribeiro Gomes

Instituto Federal do Espírito Santo - IFES - Campus Cariacica - Brasil
E-mail: weversonrg@hotmail.com

Cleiton Kenup Piumbini

Instituto Federal do Espírito Santo - IFES - Campus Cariacica- Brasil
Núcleo de Estruturação do Ensino de Física - NEEF
E-mail: cleiton.kenup@ifes.edu.br

Luiz Otávio Buffon

Instituto Federal do Espírito Santo - IFES - Campus Cariacica- Brasil
Núcleo de Estruturação do Ensino de Física - NEEF
E-mail: buffon@ifes.edu.br

Marconi Frank Barros

Secretaria da Educação do Estado do Espírito Santo
E-mail: marconibarros05@gmail.com

RESUMO

Este artigo relata e analisa uma intervenção didática experimental de baixo custo para o ensino de cinemática realizada numa turma do primeiro ano do ensino médio. O experimento consistiu na investigação de um lançamento horizontal de projéteis com medidas de tempos e velocidades realizadas através de um dispositivo denominado *fotogate*, conectado a um computador. Dentre os objetivos destacam-se o uso de atividades experimentais em sala de aula combinadas com a inserção de tecnologias computacionais, ambos não muito utilizados em sala de aula. A atividade foi desenvolvida no Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (PIBIB - CAPES) do subprojeto do Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) - campus Cariacica, atuando em uma escola de ensino médio do município de Vitória no Espírito Santo. A intervenção ocorreu em quatro encontros que envolveram a apresentação e explicação do experimento para a turma, seguida da realização do experimento juntamente com os alunos que fizeram a coleta dos dados e a investigação. Ao final da intervenção houve

um momento de avaliação. A análise da aplicação permitiu constatar que o ensino através da atividade experimental e da tecnologia computacional conseguiu motivar os alunos e despertar o interesse deles pelo assunto, bem como tornar a postura deles mais ativa em sala de aula. Além disso, como conclusão constatou-se indícios de aprendizagem conceitual sobre o tema.

PALAVRAS-CHAVE: *Fotogate*, Lançamento horizontal, experimento de baixo custo. Tecnologia computacional, PIBID.

ABSTRACT

This article reports and analyzes a low-cost experimental didactic intervention for teaching kinematics carried out in a class in the first year of high school. The experiment consisted of the investigation of a horizontal launch of projectiles with measurements of times and speeds carried out through a device called fotogate, connected to a computer. Among the objectives, we highlight the use of experimental activities in the classroom combined with the insertion of computational technologies, both of which are not widely used in the classroom. The activity was developed in the Institutional Scholarship Program of Initiation to Teaching - Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (PIBIB - CAPES) of the subproject of the Physics Degree Course of the Federal Institute of Espírito Santo (IFES) - Cariacica campus, acting in a high school in the city of Vitória in Espírito Santo. The intervention took place in four meetings that involved the presentation and explanation of the experiment to the class, followed by the experiment together with the students who did the data collection and the investigation. At the end of the intervention, there was an evaluation moment. The analysis of the application showed that teaching through experimental activity and computer technology was able to motivate students and awaken their interest in the subject, as well as making their posture more active in the classroom. In addition, as a conclusion, evidence of conceptual learning on the topic was found.

KEYWORDS: Photogate. Horizontal release. low-cost experiment. Computational technology. PIBID.

1. INTRODUÇÃO

É perceptível para a maioria dos professores de Física do ensino médio o desinteresse e a dificuldade dos alunos com a disciplina de Física. Várias causas desse problema já foram identificadas na literatura, dentre elas, podemos citar a deficiência em conhecimentos básicos em matemática, a dificuldade na interpretação de enunciados de problemas por parte dos alunos e a falta de contextualização dos conteúdos estudados (MENEGOTTO; ROCHA FILHO, 2008; CAVALCANTE, 2010). Desta forma, um ensino de Física excessivamente teórico, baseado somente em aulas expositivas e na resolução de exercícios, pode acentuar essa rejeição.

Apesar da matemática ser fundamental para a Física, por ser a sua linguagem estruturante (PIETROCOLA, 2002), um ensino de Física baseado em atividades experimentais com algum grau investigativo pode melhorar a motivação dos alunos e torná-los mais ativos nas aulas (CARVALHO, 2013). Desta forma, metodologias que introduzam atividades experimentais, mais focadas nos fenômenos, nas discussões e problematizações, podem atenuar as dificuldades dos alunos em relação à matemática e facilitar a interpretações dos conceitos físicos.

A Física é a ciência que investiga as leis naturais do Universo no que diz respeito à matéria e à energia. Assim, o ensino de Física deve apresentar essas leis de maneira que os alunos construam um conhecimento sobre o mundo problematizando os fenômenos de forma crítica e não apenas memorizando e repetindo, de forma mecânica e sem reflexão, o que já foi descoberto. De acordo com Machado e Sasseron (2012, p. 33):

Problematizar é possibilitar ao estudante criar, pensar, explorar toda e qualquer forma de conhecimento e objetos de seu pensamento na busca pela solução. O espaço de sala de aula é um espaço de construção coletiva onde os significados são estabelecidos. Essa essência da significação é também parte importante do trabalho ao olharmos as perguntas em sala de aula, pois o professor, em sua ação discursiva, pode auxiliar os alunos no empreendimento da aprendizagem.

É inegável que a Física seja também uma ciência experimental, pois ao longo de sua evolução muitos avanços foram conseguidos mediante resultados de experimentos cruciais. A Física experimental também tem sido importante ao testar permanentemente a validade das teorias e modelos matemáticos propostos. O uso de experimentos no ensino da Física tem sido defendido de forma intensa por diversos autores, muito embora existam divergências em relação à forma mais adequada de utilizá-los (ARAÚJO; ABIB, 2003; BORGES; 2002).

Outra vantagem do uso de atividades experimentais em sala de aula é permitir o uso de tecnologias modernas diretamente no ensino, tanto no processo de coleta de dados quanto nas análises deles. Visto que a tecnologia está muito presente na vida dos alunos, trazê-la para a sala de aula é uma boa forma de despertar o interesse deles pela disciplina. Nessa linha, Dionísio e Magno (2007) propuseram atividades experimentais de cinemática através de um *fotogate* de baixo custo, acoplado a uma porta de jogos de um *Personal Computer* (PC), capaz de realizar medidas precisas de intervalos de tempo para determinação de velocidades e de acelerações em experimentos de mecânica. O *fotogate* é um dispositivo eletrônico baseado num sensor de luz que detecta a passagem de objetos a frente dele e assim pode medir intervalos de tempo. Posteriormente (MACÊDO; PEDROSO; COSTA, 2018) aprimoraram e validaram esse *fotogate* utilizando uma entrada de áudio e o *software* de áudio livre *Audacity*¹ para auxiliar a atividade das medidas de tempo e velocidade.

Em relação aos documentos oficiais, de acordo com (BRASIL, 1996, Art. 35), o ensino médio tem como uma das finalidades “a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina”. As

¹*Audacity*, *software* livre de edição digital de áudio. Disponível para download em: <<http://www.audacityteam.org/download/>>. Acesso em 07/05/2020.

habilidades investigativas e o uso de tecnologias digitais também são previstos na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) como uma das principais habilidades e competências das ciências da natureza e suas tecnologias no ensino médio (BRASIL, 2017, p. 35):

[...] a BNCC de Ciências da Natureza e suas Tecnologias propõe também que os estudantes ampliem as habilidades investigativas desenvolvidas no Ensino Fundamental, apoiando-se em análises quantitativas e na avaliação e na comparação de modelos explicativos. Além disso, espera-se que eles aprendam a estruturar linguagens argumentativas que lhes permitam comunicar, para diversos públicos, em contextos variados e utilizando diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), conhecimentos produzidos e propostas de intervenção pautadas em evidências, conhecimentos científicos e princípios éticos e responsáveis.

Assim, atividades investigativas experimentais no ensino médio, apoiadas em conhecimentos teóricos, podem motivar o protagonismo e a participação ativa dos alunos. E diante disso, o objetivo geral da intervenção didática relatada neste presente artigo foi utilizar um experimento, aliado com os recursos tecnológicos e computacionais propostos por (MACÊDO; PEDROSO; COSTA, 2018) para o ensino de cinemática no ensino médio. A pergunta que nosso artigo pretende responder é: **É possível ensinar cinemática de forma satisfatória através de um experimento de lançamentos horizontais de projéteis e de discussões investigativas relacionadas?**

Para isso os objetivos específicos da intervenção didática foram:

- Construir e testar o funcionamento do dispositivo *fotogate*;
- Apresentar as técnicas experimentais e o processo de coleta de dados para os alunos;
- Preparar, aplicar e avaliar uma sequência didática investigativa para o ensino de lançamento horizontal de projéteis na turma e analisar os resultados.

Nas próximas seções serão apresentadas a metodologia utilizada e a descrição experimental, o relato dos encontros com os alunos, os dados coletados e as análises dos resultados. Por fim na última seção são apresentadas as conclusões.

2. METODOLOGIA

a) Os sujeitos da pesquisa e a sequência didática

Essa atividade foi desenvolvida no subprojeto do PIBIB - CAPES do Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) - campus Cariacica. Os sujeitos da pesquisa foram 20 alunos do primeiro ano de ensino médio de uma escola do município de Vitória – ES. Essa instituição não possui um laboratório de Ciências e assim todas as atividades foram realizadas na sala de aula mesmo e priorizamos a utilização de materiais de baixo custo tais como: papelões reciclados de caixas, tubulações e conexões de PVC, e também foram utilizados alguns componentes eletrônicos simples para a construção de sensores.

Desde o início da atuação dos bolsistas do PIBID nessa escola, foram detectadas, entre os

alunos, severas deficiências na execução de operações matemáticas básicas, além de problemas de leitura e interpretação, que se refletiam na dificuldade em resolver os problemas físicos apresentados pelo professor por meio da aplicação de listas de exercícios, como também durante as explicações no quadro. Além disso, notou-se certa passividade por parte dos alunos nas discussões de alguns temas da Física, quando o ideal seria haver uma troca de experiências entre os alunos e dos alunos para com o professor. Diante desse quadro e respaldados na literatura já discutida na introdução, foi realizado o planejamento da intervenção apresentada no quadro 1, onde cada aula foi de 50 minutos.

Encontros	Atividades	Aulas
1º Encontro 10/05/2019	Apresentação do Experimento para os alunos	1
2º Encontro 14/05/2019	Aplicação de Experimento - Parte I	1
3º Encontro 31/05/2019	Aplicação de Experimento - Parte II	1
4º Encontro 04/06/2019	Aplicação da Avaliação final	1

Quadro 1 - Quadro-resumo da proposta didática

Fonte: Elaborado pelos autores

No primeiro encontro foi apresentado para a turma todo o equipamento experimental com o objetivo de motivar os alunos para a aplicação de uma metodologia de aula diferente da tradicional. Procuramos mostrar os instrumentos de medida, o dispositivo *fotogate* construído por nós, o funcionamento do *software Audacity* e uma breve descrição de como seria o experimento. A estratégia foi criar um ambiente positivo de expectativa diante da realização de aulas experimentais e de uma investigação científica com participação ativa dos alunos.

No segundo encontro, a turma foi dividida em quatro grupos para a execução da parte I do experimento e em seguida no terceiro encontro foi realizada a parte II do experimento. Nessas atividades os alunos ficaram responsáveis por quase toda execução, coleta de dados e cálculos, que depois serviram para o preenchimento de um questionário investigativo. Ao final do processo, no quarto encontro, houve a aplicação de uma avaliação final através do qual foi possível diagnosticar o desempenho dos alunos referente à atividade desenvolvida.

b) A descrição do experimento

O *fotogate* (figuras 1 e 2) consiste em um conjunto formado basicamente por um Resistor Dependente de Luz (LDR) e uma fonte luminosa. Foi construída uma estrutura com pedaços de tubos de PVC e conexões para servir de suporte para o LDR e uma lanterna laser foi presa

por um pregador de roupas fixado na estrutura de PVC, numa posição em que o feixe de luz da lanterna fique diretamente direcionado para o LDR.

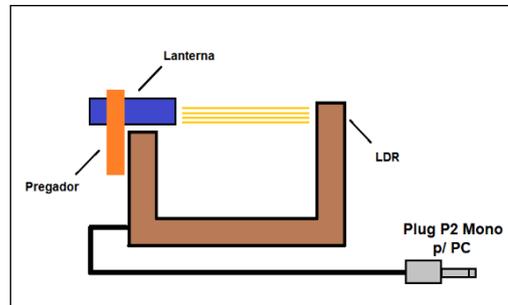


Figura 1 - Representação artística do *fotogate*.
Fonte: Os autores



Figura 2 - Foto do *fotogate* construído.
Fonte: Acervo dos autores

O resistor LDR (figura 3) é um dispositivo eletrônico capaz de variar sua resistência elétrica quando exposto a variações de intensidade luminosa. O gráfico 1, a seguir, mostra o decréscimo da resistência elétrica medida em (quilo ohms) à medida que a luminosidade (medida em Lux) aumenta. A quantidade de luz medida em Lux representa o fluxo luminoso por unidade de área.



Figura 3 - foto de um LDR.

Fonte: <http://www.bosontreinamentos.com.br/eletronica/curso-de-eletronica/curso-de-eletronica-o-que-e-um-ldr-light-dependent-resistor/>

No *fotogate*, o LDR é soldado em um cabo de fone de ouvido mono e na outra ponta do cabo é soldada em um *plug* P2 mono, que possibilitará a utilização do *fotogate* conectado a um PC via placa de som *onboard* ou externa. Semelhante a um sinal de áudio, o sinal de um LDR possui um comportamento analógico (sinal contínuo), que quando injetado na entrada de microfone da placa de som, pode ser reproduzido na forma de um gráfico através do *software Audacity* para edição de áudio. Através das curvas plotadas no *Audacity*, é possível fazermos a análise do tempo gasto para que um objeto qualquer, em toda sua extensão, passe pelo *fotogate* interrompendo momentaneamente o feixe luminoso.

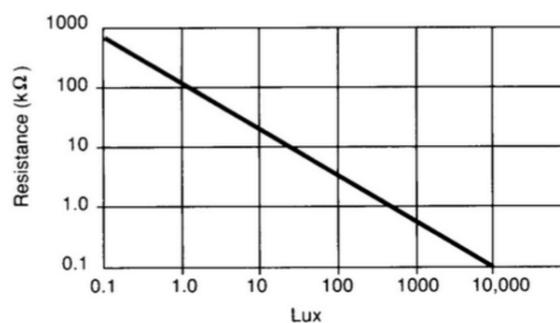


Gráfico 1 - Curva característica de um LDR da resistência elétrica em $k\Omega$ versus intensidade luminosa em (Lux).

Fonte: <http://www.bosontreinamentos.com.br/eletronica/curso-de-eletronica/curso-de-eletronica-o-que-e-um-ldr-light-dependent-resistor/>

Além do *fotogate* e seus componentes, foram construídos planos inclinados feitos de papelão reutilizado de caixas. Eles foram cortados com um estilete e colados com cola quente para dar mais resistência mecânica e sustentação para a sua estrutura. As medidas dos planos inclinados são apresentadas na figura 4.

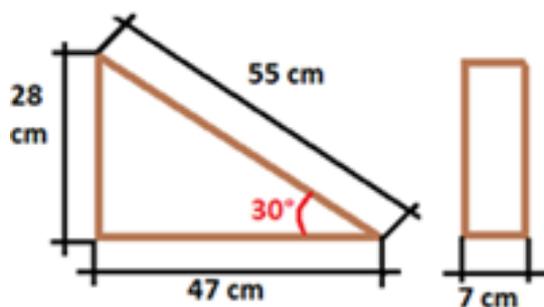


Figura 4 - Medidas do plano inclinado.
Fonte: Os autores

Um dos objetivos do experimento foi descobrir, através de medidas e cálculos, o alcance de uma bolinha de *ping pong* lançada horizontalmente a partir da borda de uma mesa, após ela ser solta e descer rolando do alto de um plano inclinado de 30° de inclinação (figura 5).

Devido à atuação da aceleração gravitacional, após ser solta ela rola sobre o plano inclinado até alcançar o final dele com uma velocidade v . Entre a saída do plano inclinado e a borda da mesa, o *fotogate* ficou posicionado a fim de coletar a velocidade horizontal da bolinha ao sair da borda da mesa.

O lançamento horizontal é um movimento em duas dimensões formado pela composição de um Movimento Retilíneo Uniforme (MRU) na horizontal e um Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV) na vertical.

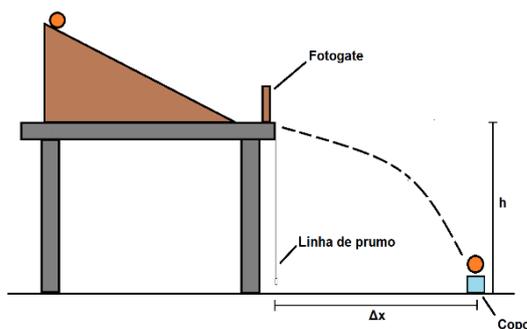


Figura 5 - Representação do experimento
Fonte: Os autores

Na horizontal temos

$$v_x = \Delta x / \Delta t, \quad (1)$$

sendo v_x a velocidade horizontal de saída da bolinha, Δx o deslocamento horizontal e Δt o intervalo de tempo. Aplicando a equação (1), considerando Δx o diâmetro da bolinha e Δt o

intervalo de tempo de passagem dela, ambos medidos experimentalmente é possível determinar a velocidade de lançamento. Nessa parte da atividade os alunos precisavam perceber que o *fotogate* e o *audacity* mostravam apenas o intervalo de tempo que a bolinha passou pelo *fotogate*, e que era necessário medir o diâmetro da bolinha para ser possível calcular a velocidade da mesma.

Na vertical temos

$$\Delta y = v_{oy}t + (1/2)gt^2, \quad (2)$$

sendo $\Delta y = h$ a altura de queda medida experimentalmente, $v_{oy} = 0$ devido ao lançamento ser horizontal, $g = 9,8m/s^2$ a aceleração de queda livre e $\Delta t = t$ o tempo de queda. Assim, usando a equação (2) é possível calcular o tempo de queda usando

$$t = \sqrt{2h/g}. \quad (3)$$

Novamente aplicando a equação (1), agora para o movimento horizontal completo, é possível calcular o alcance horizontal máximo A_{max} da bolinha no solo, obtendo

$$A_{max} = v_x\sqrt{2h/g}. \quad (4)$$

Desta forma, temos uma previsão teórica para o alcance horizontal, determinada através das equações e com a ajuda de algumas medidas experimentais. O passo seguinte é medir diretamente o alcance horizontal máximo através de uma trena e comparar com o valor teórico calculado.

3. RELATO DOS ENCONTROS

Neste relato estão incluídas informações sobre os encontros, bem como também todas as dificuldades e resultados obtidos nesta experiência pedagógica.

a) Primeiro encontro

Foi realizado no formato de apresentação de slides e foram dadas aos alunos, instruções sobre o funcionamento do experimento e do uso correto dos instrumentos de medida de comprimento e tempo. Foram efetuadas medidas de objetos pessoais oferecidos por eles, tais como as medidas da tela de um *smartphone* e também de uma esfera (figura 6 e 7). A aula foi finalizada com a apresentação do *fotogate* e todos os seus componentes, como também foi mostrado o *software Audacity* para a coleta de dados do sensor *fotogate*.



Figura 6 e 7 - Apresentação dos materiais e exemplificação de medição utilizando um paquímetro.

Fonte: Acervo dos autores

b) Segundo e terceiro encontros

Nas duas aulas seguintes ocorreu a aplicação do experimento. A turma nessa atividade estava com 17 alunos e foi dividida em quatro grupos, sendo que para cada grupo foi entregue os seguintes materiais, além do *fotogate* e do plano inclinado: um copo descartável para café, uma bolinha de *ping pong*, pedaço de linha, clipe de papel. Foram preparados quatro kits do experimento, mas devido às limitações espaciais da sala de aula, foram montados somente dois *kits* de experimento, mas mesmo assim os quatro grupos fizeram as atividades de forma independente.

Cada grupo realizou medidas das bolinhas descendo o plano inclinado e calculou as respectivas velocidades horizontais de lançamentos e os alcances horizontais conforme pode ser visto nas figuras 8 e 9. Após a resolução do problema, os alunos investigaram se o cálculo que eles fizeram estava de acordo com o resultado do experimento. Para isso utilizaram o clipe de papel, um pedaço de linha e fita adesiva, construíram uma espécie de linha de prumo que ao ser presa na borda mesa e ao quase tocar no solo, marcaria com certa exatidão o referencial de posição inicial da bolinha ao executar o movimento de saída da mesa até o ponto de chegada no solo. Com o auxílio de uma trena métrica um pequeno copo descartável foi posicionado, de forma que ao ser efetuado o lançamento através da mesa, a bolinha deveria cair exatamente dentro do copo.



Figura 8 e 9 - Aplicação do experimento.
Fonte: Acervo dos autores

Como resultado das investigações, os alunos perceberam que a altura do lançamento da bolinha interferia diretamente na velocidade da mesma no final da pista e que essa velocidade final por sua vez interfere no alcance horizontal.

c) Quarto encontro

Na avaliação final foram propostas 3 questões sendo uma envolvendo a aplicação de equações de lançamento e outras duas conceituais, mas todas sobre o plano de fundo da aplicação experimental. Devido à ciência sobre os problemas enfrentados pelos alunos nas questões envolvendo cálculos, disponibilizamos no quadro as equações para resolução da primeira questão e dessa forma priorizamos avaliar a capacidade dos alunos em utilizar bem as unidades de medida, organizar os cálculos e saber analisar criticamente as variáveis envolvidas na situação-problema.

As questões aplicadas e seus respectivos objetivos foram:

- **Questão 1:** De acordo com o experimento executado, qual foi a velocidade da bolinha e qual foi seu alcance máximo?

O objetivo foi realizar medidas experimentais de forma adequada e cálculos sob supervisão dos instrutores e utilizar corretamente as unidades de medida.

- **Questão 2:** Se caso a bolinha fosse solta de uma altura diferente da qual foi solta, quais serão os resultados esperados?

O objetivo foi relacionar a altura com aumento da velocidade, com o tempo de passagem da bolinha pelo sensor e com o alcance.

- **Questão 3:** Caso o ângulo de inclinação da rampa aumente, o que podemos esperar em termos de velocidade e alcance da bolinha?

O objetivo foi investigar a relação entre o ângulo de inclinação da rampa com o aumento da

velocidade e com o alcance.

Junto com essa avaliação foram também aplicadas três questões na espécie de um questionário de opinião sobre a aplicação e também sobre a motivação deles.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para a correção da avaliação final foi estabelecido um critério para classificação das respostas em três tipos: correta, parcialmente correta e indiferente. As respostas classificadas como corretas foram as que atenderam a todos os objetivos e tópicos exigidos pela questão. Para as parcialmente corretas foram colocadas as que atenderam parte dos objetivos exigidos. Já para respostas classificadas como indiferentes foram colocadas as que atenderam nenhum objetivo ou simplesmente não foram respondidas. No gráfico 2 temos os resultados da categorização das três questões.

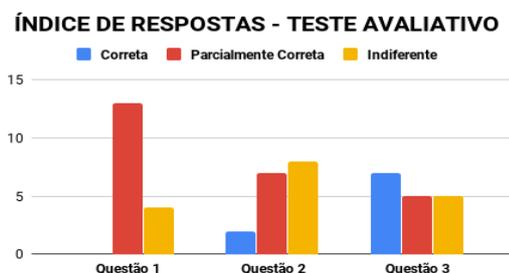


Gráfico 2 - Desempenho geral do teste avaliativo.
Fonte: Os autores

Na questão 1 não tivemos respostas corretas e a maioria foi parcialmente correta, principalmente por não especificar as unidades de medidas. Constatamos a dificuldade em estabelecer o equacionamento do problema físico, em substituir os valores corretamente nas equações que foram dadas no quadro e no cálculo da raiz quadrada. Não houve reflexão a respeito do significado dos cálculos e somente o uso direto da calculadora sem antes refletirem sobre a relação entre os cálculos e o problema físico. Esse comportamento está de acordo com o que observamos na literatura em (MENEGOTTO; ROCHA FILHO, 2008; CAVALCANTE, 2010). a respeito da insuficiência em só ensinar baseado na resolução de problemas de cálculos.

Em relação ao experimento somente 2 dos 4 grupos conseguiram fazer com que a bolinha caísse no copo. O insucesso de 50% pode estar relacionado a algum erro de cálculo ou de procedimento de medida.

As questões 2 e 3 abordavam a temática do problema sobre um aspecto mais conceitual e investigativo, e os alunos deveriam refletir sobre as relações entre diversas grandezas. O gráfico 2 demonstra que os alunos atingem melhores resultados em estudos e questões conceituais do que em questões de cálculos.

5. CONCLUSÕES

Ao longo de todo o processo pedagógico observamos a dificuldade de muitos alunos em executar operações matemáticas que já deveriam fazer parte do repertório científico deles e a ausência de respostas corretas na questão 1, mesmo com o auxílio fornecido, retrata isso. Durante as aulas e a aplicação foi pedido aos alunos a utilização das unidades de medida do sistema internacional. Dos 17 alunos que responderam o teste, somente um aluno fez a utilização das unidades de medida e ainda colocou de forma errada.

Em relação à opinião dos alunos sobre as atividades realizadas pelo projeto do PIBID, os resultados foram os seguintes: 12% dos alunos avaliam o projeto PIBID como excelente, 53% como ótimo e 35% como bom; em relação à atividade realizada nessa intervenção, 29% acharam excelente, 41% ótimo, 12% bom e 18% regular; em relação ao interesse pela Física mostrado prevalece um interesse mediano com 6% excelente, 6% ótimo, 23% de bom, 47% de regular e 18% fraco. Isso indica uma grande aprovação por parte dos alunos dessa atividade experimental e do projeto do PIBID em geral, mas confirmamos que a física não tem grande aceitação entre os alunos.

Acreditamos que o interesse pela física poderia melhorar, caso mais ênfase fosse dada para atividades experimentais e investigativas e menos ênfase fosse dada na física teórica matemática. Em geral, a avaliação mostrou uma maior abertura dos alunos a propostas pedagógicas diferenciadas.

Foram enfrentadas dificuldades quanto ao tempo de aplicação, como mostra o Quadro 1, existindo uma diferença de duas semanas entre a segunda e terceira aula devido ao calendário escolar. Outra grande dificuldade que enfrentamos foi quanto à disponibilidade de computadores e/ou *notebooks* para a utilização do *software Audacity*, no qual ficamos limitados somente a dois computadores para quatro grupos. Em contrapartida, o *fotogate* mostrou ser uma ferramenta muito versátil e que pode ser aplicada em vários outros experimentos relacionados ao movimento dos corpos em mecânica.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à CAPES pelo financiamento das bolsas do PIBID e ao IFES – Campus Cariacica e a Secretaria Estadual de educação do Espírito Santo pelo apoio ao projeto.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, p. 176-194, 2003. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/rbef/v25n2/a07v25n2.pdf>>. Acesso em: 6 de jan. 2021.

BARRETO JUNIOR, Telmo P., GOMES, Weverson R., PIUMBINI, Cleiton K., BUFFON, Luiz O., BARROS, Marconi F. Ensino experimental de cinemática através de um lançamento horizontal utilizando um fotogate.

BORGES, Antônio Tarciso. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6607/6099>>. Acesso em: 6 de jan. 2021.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996., disponível em lei de diretrizes e bases da educação nacional.: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm. Acesso em: 7 de maio de 2020.

BRASIL. (15 de dezembro de 2017). Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Disponível em Educação é a Base: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=85121-bncc-ensino-medio&category_slug=abril-2018-pdf&Itemid=30192. Acesso em 7 de maio de 2020.

CARVALHO, Ana Maria Pessoa de. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, Ana Maria Pessoa de (org.). **Ensino de Ciências por Investigação: Condições para Implementação em Sala de Aula**. São Paulo, SP: Cengage Learning, 2013. p. 1-20. ISBN 9788522114184.

CAVALCANTE, Kleber. A Importância da Matemática do Ensino Fundamental na Física do Ensino Médio. **Canal do Educador**, Estratégia de Ensino/Física. Disponível em: <<https://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/a-importancia-matematica-ensino-fundamental-na-fisica-.htm>> Acesso em: 6 de jan. 2021.

DIONÍSIO, Guilherme; MAGNO, Wictor Carlos, Photogate de baixo custo com a porta de jogos do PC. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, vol. 29, n.2, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172007000200014>. Acesso em: 6 de jan. 2021.

MACÊDO, Josué Antunes de; PEDROSO, Luciano Soares; COSTA, Giovanni Armando da. Aprimorando e validando um fotogate de baixo custo. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, vol. 40, n. 4, e5403-8, 2018. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/rbef/v40n4/1806-9126-RBEF-40-4-e5403.pdf>>. Acesso em: 6 de jan. 2021.

MACHADO, Vitor Fabrício; SASSERON, Lucia Helena. As perguntas em aulas investigativas de ciências: a construção teórica de categorias. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 12, n. 2, p. 29-44, 14 nov. 2012. Disponível em: <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4229>>. Acesso em: 6 de jan. 2021.

BARRETO JUNIOR, Telmo P., GOMES, Weverson R., PIUMBINI, Cleiton K., BUFFON, Luiz O., BARROS, Marconi F. Ensino experimental de cinemática através de um lançamento horizontal utilizando um fotogate.

MENEGOTTO, José Carlos; ROCHA FILHO, João Bernardes da. Atitudes de estudantes do ensino médio em relação à disciplina de Física. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 7, n. 2, p. 298-312, 2008. Disponível em: <https://reec.uvigo.es/volumenes/volumen7/ART2_Vol7_N2.pdf>. Acesso em: 6 de jan. 2021.

PIETROCOLA, M. A Matemática como estruturante do conhecimento físico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 19, n. 1, p. 93-114, 2002. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/9297>>. Acesso em: 6 de jan. 2021.