

INVESTIGANDO A INFLUÊNCIA DA MASSA NO MOVIMENTO DE UM CORPO: UMA PROPOSTA BASEADA NO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO PARA AULAS DE LABORATÓRIO DE FÍSICA

INVESTIGATING THE INFLUENCE OF MASS IN THE MOVEMENT OF A BODY: A PROPOSAL BASED ON RESEARCH TEACHING FOR PHYSICS LABORATORY CLASSES

Alex Lino ¹

Lara Cardoso Nunes da Silva ²

Larissa Siqueira Vieira Nogueira ³

Data de entrega dos originais à redação em: 09/05/2018
e recebido para diagramação em: 04/07/2019

Este presente artigo aborda o desenvolvimento de uma proposta experimental, visando oferecer uma aula baseada no ensino investigativo, o qual, previa a menor interferência possível por parte do professor. Dessa forma, possibilitou que os alunos compreendessem o processo científico, trabalhando e evoluindo seus conceitos através do tema "a influência da massa no movimento retilíneo de um corpo". Durante o experimento, os grupos apresentaram concepções alternativas em relação aos fundamentos teóricos de força e energia, que causaram dificuldades na execução experimental. A única divergência de opiniões foi referente à força resultante ao longo do movimento, se seria constante ou não. Entretanto, todos concluíram que a massa é inversamente proporcional à velocidade inicial, à aceleração e à distância percorrida. Após a análise dos relatórios, das discussões ocorridas na aula e dos diagnósticos do professor e das integrantes do projeto, percebeu-se que o método proposto teve o potencial de aprimorar o pensamento crítico e significativo dos estudantes.

Palavras-chave: Ensino por Investigação. Laboratório de Física.

This article refers to the developing of an experimental proposal that aimed to offer a class based on investigative teaching, which foresees the least possible interference on the part of the teacher, thus enabling the students to understand the scientific process, working and evolving their concepts through the theme "the influence of the mass in the linear motion of a body". During the experiment, the groups presented alternative conceptions relating to the theoretical framework of force and energy, which caused difficulties on the experimental execution. The only divergence between opinions was related to the resulting force alongside the movement; whether it was constant or not. However, every group concluded that the mass was inversely proportional to the initial speed, acceleration and travelled distance. After the analysis of the relatories, debates through the class and the observations of the teacher and the project members, it was noticed that the proposed method had a potential to improve the critical and meaningful thinking of students.

Keywords: Research Teaching. Physics Lab.

1 INTRODUÇÃO

É consenso entre os pesquisadores em Ensino de Ciências, alunos e professores que o ensino atual de Física se insere em um cenário desarticulado com o mundo vivenciado pelos aprendizes, em que leis, fórmulas e conceitos são apresentados de forma arbitrária sem inter-relações e contextualização. As propriedades implícitas neste tipo de ensino resultam, na maioria das vezes, em aprendizagens mecânicas, não significativas e desmotivadoras, além de não desenvolver a crítica e a racionalização sobre os fenômenos científicos.

As aulas de laboratório de ciências em geral poderiam contribuir para esta articulação entre a teoria e a prática. No entanto, são poucas as escolas em nosso país que têm um espaço destinado a um laboratório didático. De acordo com CENSO ESCOLAR de 2016, dentre as escolas que oferecem anos finais de Ensino Fundamental, o laboratório de ciências está presente em apenas 25,2%.

Já nas de Ensino Médio, um pouco mais da metade, 51,3%, possuem laboratório de ciências. E dentre estas instituições, estariam todas equipadas com ferramentas adequadas a aprendizagem dos diversos conceitos científicos? Não estamos ainda levando em consideração as condições estruturais, materiais de segurança e a presença de um técnico em laboratório ou ainda a pequena quantidade de aulas destinadas à Física, Química e Biologia. Outro problema que poderíamos levantar está relacionado à formação dos professores de ciências: estariam, de fato, preparados para enfrentar uma situação de aula laboratorial? As disciplinas de laboratório nos cursos de licenciatura instruem os futuros professores às técnicas de ensino-aprendizagem em aulas experimentais?

Estas são algumas das dificuldades relacionadas à inserção de aulas experimentais no ensino básico que surgem quando os professores tentam reduzir aquela abordagem predominantemente mecânica, baseada na

1 - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP Campus Caraguatatuba.

2 - Física – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - IFSP Campus Caraguatatuba.

3 - Física – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - IFSP Campus Caraguatatuba.

resolução de problemas extensivamente algébricos, com utilização de fórmulas e definições praticamente alheias à realidade dos estudantes.

A maioria das disciplinas de cunho experimental ou de laboratório apresentam o propósito de fazer o aprendiz vivenciar o trabalho na investigação científica; tendem a estimular a pessoa a refletir acerca da finalidade da atividade experimental na Ciência e na Educação Científica, articulando teoria e prática de modo a abordar, problematizar e contextualizar conhecimentos básicos de Física; fazer com que o aluno atue tanto na aquisição de dados como nos métodos empregados para obtenção e análise dos mesmos e; refletir sobre as possibilidades de ações educacionais a partir dos temas e conceitos trabalhados.

Diante dos objetivos das aulas experimentais e da questão levantada anteriormente, sobre como estão sendo desenvolvidas as disciplinas laboratoriais nos cursos de formação de professores de ciências em geral, verificamos a existência de uma contradição quando nos deparamos com o clássico modelo. Este laboratório visa, fundamentalmente, a execução de um roteiro que deve ser seguido para a coleta e análise da atividade experimental. Como esta técnica, na maioria das vezes, puramente mecânica, levaria o estudante a refletir sobre o fenômeno científico proposto a ser estudado? E indo além, como este método poderia contribuir para o desenvolvimento da noção de ensino para as aulas de laboratório de Ciências destes futuros professores?

Segundo a UNESCO (2005), quando as aulas experimentais são trabalhadas em sala são concebidas sem relação com o cotidiano e como resultado, poucos se sentem atraídos por ela. Algumas das causas para o insucesso das aulas experimentais nas instituições de ensino foram pesquisadas por Ramos e Rosa (2008), a falta de preparo dos professores durante os cursos de formação inicial e continuada para as atividades experimentais está entre os pontos que devem ser levados em consideração, além da ausência de um trabalho coletivo que envolva todos os educadores.

A experimentação deve contribuir com a formação científica dos estudantes de ciências, mas devemos ressaltar que essas aulas experimentais por si só, não asseguram a aprendizagem significativa dos conceitos físicos e nem o estabelecimento entre a relação teoria e prática (SILVA e ZANON, 2000). Essas aulas devem estabelecer um pensamento crítico e questionador, e não devem ser simplesmente uma mera apresentação experimental, fazendo com que os alunos fiquem surpresos e espantados com o fenômeno físico, sem repercutir um pensamento dubitável sobre tal efeito. Assim sendo, não existiria aprendizagem alguma. De acordo com Galiazzi, et al. (2001) as aulas experimentais devem:

- Estimular a observação acurada e o registro cuidadoso dos dados;
- Promover métodos de pensamento científico simples e de senso comum;
- Desenvolver habilidades manipulativas;
- Treinar em resolução de problemas;
- Adaptar as exigências das escolas;
- Esclarecer a teoria e promover a sua compreensão;

- Examinar fatos e princípios estudados anteriormente;
- Vivenciar o processo de encontrar fatos por meio da investigação, chegando a seus princípios;
- Motivar e manter o interesse na matéria;
- Tornar os fenômenos mais reais por meio da experiência.

Além de levar em consideração os pontos anteriormente citados, devemos ainda garantir a articulação de disciplinas experimentais com as teóricas, permitindo que o laboratório produza uma concepção clara sobre os fenômenos naturais, a partir da descoberta do fenômeno, método conhecido como ensino por investigação. Investigamos neste trabalho se esse método tem o potencial de aprimorar o pensamento crítico e significativo dos estudantes de ciências.

A experimentação desperta um forte interesse no indivíduo em diversos níveis de escolarização, aumentando a capacidade de aprendizado, pois funciona como um meio de envolvê-los nos temas que estão sendo desenvolvidos (GIORDAN, 1999). Mas, como já foi dito anteriormente, na maioria das vezes, esses experimentos são realizados apenas com o intuito de motivação inicial ao estudo subsequente, e não utilizado, de fato, como um mecanismo de aprendizagem.

Bachelard (1996) nos chama atenção ao fato de que a partir de uma única observação, pela experiência, por exemplo, o aprendiz pode se satisfazer de imediato pela simples curiosidade do fenômeno. Dessa forma pode surgir um obstáculo à aprendizagem quando a imagem pitoresca provoca adesão a uma hipótese não verificada permitindo, ainda, uma explicação intempestiva. Para que esse obstáculo seja vencido cognitivamente, deve ser desenvolvida uma construção racional bem explícita da experiência, reavivar a crítica e expor este conhecimento em contato com as condições que lhe deram origem.

Tendo em vista a preocupação com a crise no ensino contemporâneo de ciências, e a importância das aulas de laboratório para a educação científica e para a formação de professores de Física, neste trabalho propomos a elaboração, aplicação e avaliação de uma metodologia de ensino para as aulas de laboratório baseada em um processo de investigação, o qual teve o objetivo maior de promover o questionamento e o envolvimento ativo dos alunos, centrando-se na recolha e uso de evidências, enfatizando a perspectiva histórica e fomentando o trabalho em grupo.

2 A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS E O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

Em sua obra *Pedagogia da Autonomia*, Paulo Freire (2002) destaca que para compreender a teoria é preciso experimentá-la. Freire (2002) defende ainda que professor tem o papel de ajudar o aprendiz a reconhecer-se como arquiteto de sua própria prática cognoscitiva; deve permitir que ele seja também participante da construção de um determinado conhecimento; deve estimular as tentativas no educando, ajudando-o para que as efetive.

É neste sentido que se pode afirmar ser tão errado separar prática de teoria, pensamento de ação, linguagem de ideologia, quanto separar ensino de conteúdos de chamamento ao educando para que

se vá fazendo sujeito do processo de aprendê-los (FREIRE, 2002, p. 47).

Na perspectiva de auxiliar o estudante a ser sujeito do processo de aprendizagem é que devemos pensar em inserir a prática, ou a experimentação, nas aulas de ciências. Mas não no sentido de fazer e um mero espectador, ao invés, um participante ativo do processo.

O indivíduo deve participar das práticas investigando, questionando e racionalizando sobre o fenômeno físico envolvido, sempre orientado pelo professor, por meio de um roteiro previamente elaborado sobre determinado estudo. As aulas de laboratório devem permitir que progrida:

- Concepção clara sobre os fenômenos naturais;
- Pensamento crítico e questionador;
- Metodologias de investigação;
- Maneiras de explorar, descobrir e criar;
- Diferentes proposições de explicação ou solução;
- Comunicação oral e escrita dos resultados experimentais.

Uma das formas dos estudantes atingirem esses pontos, pode ser por meio da descoberta do fenômeno e a partir da relação entre o conhecimento e a experiência, metodologia conhecida como ensino por investigação.

O ensino por investigação constitui a compreensão de um conteúdo que os alunos devem evoluir por meio da experimentação. Trata-se de um processo fundamental para que eles compreendam a importância de uma comunidade científica e de como se processa a construção e desenvolvimento do conhecimento científico (BAPTISTA, 2010).

O ensino por meio do processo de investigação, de acordo com Baptista (2010) envolve tarefas multifacetadas como:

- Realização de observação;
- Elaboração de questões;
- Pesquisas em livros e outras fontes de conhecimentos;
- Planejamento de investigações;
- Revisão do que já se sabe sobre a experiência;
- Utilização de ferramentas para analisar e interpretar os dados;
- Exploração, previsão e resposta à questão pesquisada;
- Envolvimento dos discentes em questões científicas, dando prioridade às evidências para responder às questões;
- Uso de evidências para desenvolver explicações;
- Comunicação dos resultados.

O ensino por investigação permite a aprendizagem de conteúdos e o desenvolvimento dos mesmos nas atividades experimentais, relacionando com os fenômenos em estudo, permitindo aos discentes sequenciar os processos, além da compreensão de que não existe somente um método científico para fazer ciência, sendo permitido até mesmo que os estudantes sigam suas próprias linhas (BAPTISTA, 2010).

Com o intuito de auxiliar os professores na elaboração de suas atividades de ensino por investigação, Baptista (2010) apresenta uma proposta relacionada às possíveis tipologias de investigação, como exibido no quadro 1:

Quadro 1 - Tipologias de Investigação (BAPTISTA, 2010, p. 94).

Investigações do tipo “qual?”	Quais dos fatores afetam X? Qual é o melhor plano para...? Qual o X melhor para...?
Investigações do tipo “o quê?”	O que acontece se...? Quais relações existem entre X e Y?
Investigações do tipo “como?”	Como é que diferentes Xs afetam Y? Como é que varia X com Y? Como é que X afeta Y?
Investigações gerais.	Um questionário histórico ou local. Um projeto a longo prazo.
Atividades de resolução de problemas.	Planejar e construir; Resolver um problema prático; Simulações.

Fonte: Autoria própria

Além das tipologias do ensino por investigação, existem algumas fases que devem ser respeitadas no processo (MONK E DILLON, 1995):

- Definição de um problema levando em consideração se é uma questão fechada com variáveis especificadas, ou abertas com variáveis não especificadas;
- Escolha de um método, podendo o professor fornecer o material e o procedimento, ou com escolha livre do procedimento;
- Soluções, podendo existir uma solução correta, ou várias soluções válidas.

É essencial que o professor atenda as três fases propostas, levando em consideração que não existe um único método científico válido e que não há um modelo único para executar uma atividade de investigação.

3 METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO

Diante das considerações teóricas e das perspectivas apontadas, o objetivo principal deste trabalho foi o de elaborar e avaliar uma atividade experimental baseada no ensino por investigação para estudantes de um curso de Licenciatura em Física. Escolhemos como tema do trabalho uma atividade de mecânica que englobasse diversas grandezas físicas, com o intuito de verificar se este método, baseado no ensino por investigação, contribuiria com a aprendizagem desses conceitos utilizados, por meio de suas relações.

A atividade elaborada teve o intuito de pesquisar a influência que a massa exerce no movimento de um corpo.

Dos modelos de ensino por investigação discutidos anteriormente, planejamos a seguinte estrutura para a realização da atividade:

- é necessário que os alunos se interessem pelo problema a ser investigado, de forma a serem motivados a resolvê-lo;

- ii) a partir da situação problema, fornecida pelo professor, deverão ser elaborados um planejamento de resolução, reunir evidências, elaborar inferências e gerar argumentações;
- iii) as hipóteses serão geradas pelos discentes com possíveis intervenções do docente, assim como o plano de trabalho;
- iv) a obtenção de dados será realizada apenas pelos estudantes sem qualquer tipo intervenção;
- v) por meio de uma discussão em relação aos resultados alcançados, a conclusão terá a participação de todos.

3.1 Sobre a atividade: A influência da massa do movimento de um corpo

O experimento consistiu em analisar a conservação de energia do sistema e, através dos dados obtidos e fórmulas do movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV), estabelecer a influência da massa na velocidade inicial adquirida pelo carrinho, no deslocamento total e na desaceleração pela força de atrito.

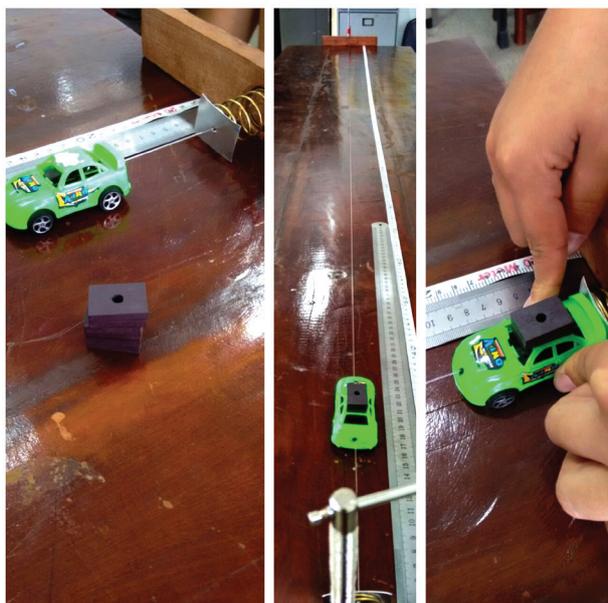
Durante a realização da atividade os alunos deveriam ser capazes de verificar a influência da massa tanto no movimento inicial do corpo (neste caso na velocidade inicial adquirida), como no movimento adquirido no trajeto total (neste caso na desaceleração pela força de atrito, e no deslocamento total).

Para a realização da atividade fornecemos os seguintes equipamentos:

- carrinho
- fita métrica
- imãs
- balança
- bancada
- mola com suporte para lançamento do carrinho

A montagem foi realizada conforme indicado na figura 2:

Figura 1 - montagem experimental da atividade



A montagem ocorreu com dois suportes em cada extremo da bancada. Em um dos suportes foi acoplado

uma mola com constante elástica K , conforme mostra a figura 2. Ao longo dos dois suportes existe um fio por onde pode passar o carrinho de massa conhecida. A inserção deste fio foi necessária para que o carrinho seguisse uma trajetória retilínea. Ao longo de toda a bancada inserimos uma fita métrica que com a qual foi possível aferir as distâncias atingidas. Utilizamos também uma régua, com graduação mais precisa, próxima à mola, e que teve o objetivo de medir a deformação inicial da mola para o lançamento do carrinho.

Dentro do carrinho adicionamos um ímã com massa conhecida, possibilitando ao estudante que acoplasse mais massas ao longo da atividade. Como demonstrado na figura as massas ficam presas no teto do carrinho e não desprendem facilmente, pois ficam sujeitas à uma força de atração magnética.

O experimento consiste em dar um impulso inicial ao carrinho por meio da mola. Uma vez desprendido da mola, o carrinho deve executar um movimento retilíneo e por conta das forças de atrito, o carrinho para após atingir uma determinada distância.

Devemos lembrar que os licenciandos já haviam cursado a disciplina de mecânica e consultamos o professor que ministrou a disciplina com o intuito de investigar se os conceitos que utilizamos neste experimento foram trabalhados na disciplina teórica. O professor da disciplina nos informou que os conteúdos que utilizamos foram, de fato, estudados. A saber, os conteúdos foram: movimento retilíneo uniformemente variado e princípio de conservação da energia.

3.2 Procedimentos para realização da atividade

Os procedimentos planejados de acordo com a metodologia do ensino por investigação foram os seguintes:

Inicialmente os estudantes deveriam elaborar suas hipóteses acerca do fenômeno que seria estudado, sobre a interferência da massa no movimento do carrinho.

Esperávamos dessa discussão inicial que os grupos apontassem que quanto mais massa menor seria a velocidade inicial adquirida pelo carrinho quando solto da mola, e menor seria a distância percorrida até parar. Esperávamos também uma discussão acerca da influência da força de atrito na desaceleração do corpo, mas não que os alunos apontassem alguma relação quantificada destas grandezas, e sim, apenas ao final do experimento.

Após o levantamento das hipóteses iniciou-se a fase do plano de trabalho. Apesar dos grupos terem um roteiro do experimento, deveriam estudá-lo e entendê-lo, de modo que pudessem atingir os objetivos esperados.

O professor, nestas duas primeiras etapas, poderia interferir na discussão dos grupos, sanando algumas dificuldades que eventualmente surgissem.

Na terceira etapa, executariam o plano de trabalho para a obtenção dos dados.

Inicialmente, poderiam observar e registrar a posição inicial da mola. Em seguida deveriam escolher um valor de deformação para a mola com a qual o carrinho seria lançado. Tendo em vista sempre a mesma deformação, o carrinho poderia adquirir sempre a mesma velocidade inicial para um valor de massa fixo. Se modificassem a massa é certo que a velocidade do carrinho sofreria alteração. Aqui existe uma transformação de energia potencial elástica em energia cinética e de acordo com o

princípio de conservação da energia, temos que a energia mecânica inicial é igual à final.

$$E_M^{inicial} = E_M^{final}$$

A energia mecânica inicial é constituída apenas pela energia potencial elástica. Desprezando os atritos apenas no lançamento, a energia potencial elástica armazenada na mola se transforma em energia cinética, então a energia mecânica final passa a ser totalmente a energia cinética.

$$\frac{k \cdot x^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2}$$

Isolando a velocidade inicial v_0 na equação anterior, temos:

$$v_0 = \sqrt{\frac{k \cdot x^2}{m}}$$

Em que k é a constante elástica da mola; x é a deformação da mola; e m é a massa do corpo projetado. A partir desta equação podemos verificar que a velocidade inicial varia com a massa se mantivermos fixo a constante elástica e soltarmos o corpo sempre com a mesma deformação x .

Uma vez que o carrinho seja solto, a força de atrito começa a atuar e desacelera o corpo fazendo-o parar. A distância atingida dependerá da velocidade inicial (já com as suas dependências).

Para uma mesma deformação o carrinho será solto e os estudantes registrarão a distância atingida. É aconselhável que o procedimento seja repetido várias vezes, descartando medidas muito discrepantes das demais, para assim tomarmos a média das medidas consideradas e seus respectivos erros associados.

A massa inicial do carrinho é fornecida, mas os demais pesos deveriam ser aferidos com o auxílio de uma balança. Assim, os alunos poderiam repetir o procedimento inicial para 2 massas, para 4 massas e para 6 massas, ou a quantidade que desejassem.

As acelerações também deveriam ser obtidas. Considerando um movimento uniformemente variado, em que atua uma força constante (força de atrito) após o carrinho ser solto, a aceleração pode ser obtida com a relação de Galileu:

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot d$$

$$a = -\frac{v_0^2}{2 \cdot d}$$

Em que v representa a velocidade final do corpo; v_0 a velocidade inicial, que é a velocidade de lançamento, obtida anteriormente; a é a aceleração; e d é a distância percorrida.

Substituindo a expressão da velocidade inicial encontrada anteriormente na expressão da aceleração, obtemos:

$$a = -\frac{k \cdot x^2}{2 \cdot d \cdot m}$$

Com esta expressão, poderiam estabelecer o que influencia mais a aceleração do corpo, se a massa ou a distância percorrida.

É claro que estas expressões não foram fornecidas aos estudantes, pois esperávamos que as mesmas fossem desenvolvidas ao longo do trabalho.

Na etapa final os alunos deveriam desenvolver argumentos, inicialmente com seu grupo, a respeito do fenômeno em estudo. Para auxiliar, foi fornecido, por meio do roteiro de atividade, uma série de questões que deveriam ser respondidas com relação aos dados obtidos.

Por fim, os grupos apresentariam seus resultados à sala. Neste momento esperávamos algumas divergências entre os grupos o que poderia ocasionar um debate. Este debate teria o objetivo de simular como de fato ocorre com o trabalho científico, referente às trocas de informações feitas por cientistas que estudam um mesmo determinado fenômeno. Apesar de estudarem o mesmo fenômeno podem apresentar formas diferentes de trabalho, ou seja, metodologias diferentes, assim como conclusões diversificadas.

3.3 Aplicação da proposta e análise dos resultados

No dia 31 de agosto de 2017 foi aplicado a proposta da atividade experimental sobre a investigação da influência da massa no movimento retilíneo de um corpo, para o curso de Licenciatura em Física do IFSP, campus de Caraguatatuba, na disciplina de projetos experimentais para o ensino de mecânica.

Estavam presentes 34 licenciandos que foram divididos em 4 grupos, distribuídos em 4 bancadas. O professor da disciplina, teve a função de orientar os grupos, interferindo apenas quando realmente necessário. Essas orientações se davam à medida em que os estudantes não conseguiam mais avançar nas discussões ou quando cometiam algum erro conceitual.

Uma pessoa de cada grupo foi escolhida para anotar todos os debates que ocorriam internamente ao longo de toda a atividade. Pensamos nesta escolha por acreditar que perderíamos muito dependendo apenas das anotações do professor, pois quando estivesse em um determinado grupo, não poderia verificar o que estava ocorrendo em outro.

Foi orientado também que cada grupo entregasse um relatório final da atividade com um prazo de uma semana.

Para a análise dos resultados levamos em consideração os relatos anotados pelas pessoas designadas para cada grupo, as observações e anotações do professor, o debate final e os relatórios entregues.

Primeiramente, apresentamos a análise feita a partir das observações e anotações ocorridas no momento da aplicação da atividade em cada grupo.

Quadro 2 - análise do desenvolvimento da atividade realizada pelos grupos

Grupo	Observações e Anotações
1	Inicialmente discutiram os fenômenos físicos envolvidos no experimento e notamos que a discussão contribuiu para o andamento mais eficaz da atividade. Discutiram sobre a quantidade de medições que deveriam ser realizadas e sobre os atritos que poderiam interferir nas medições. Em momento algum consideraram fazer medidas do tempo (fato que ocorreu com os outros grupos, e que de acordo com nossas premissas, realmente seria um fator a ser desconsiderado). Nesse grupo todos participaram das conversas iniciais (fator positivo para aquisição de conceitos entre os integrantes). Observamos ainda que realizaram confusões entre os conceitos de força e energia. No final da atividade, houve uma discussão com o objetivo de concluir a respeito da interferência da massa no movimento do corpo.
2	Apesar do professor ter feito a leitura inicial do roteiro com a sala, não o seguiram e ficaram perdidos sem saber os procedimentos. Após a intervenção do professor começaram a realizar a atividade. Tiveram muitas dificuldades, principalmente por não realizarem as discussões propostas pelo roteiro (aqui fizemos uma comparação com o grupo 1). Inicialmente achavam que era preciso a medida do tempo para realizar a atividade. Manifestaram a concepção alternativa de que a força impressa pela mola no carrinho deveria acompanhar seu movimento. Modificaram essa concepção apenas após a intervenção do professor. O grupo ainda discutiu sobre como realizar o cálculo da força de atrito. Fizeram confusão entre os conceitos de força e energia e ao final da atividade realizaram conclusões a respeito da interferência da massa no movimento do corpo por meio de uma discussão e dos dados obtidos.
3	Tiveram muitas divergências com relação aos procedimentos experimentais que deveriam realizar (foi observado que essas divergências surgiram devido à baixa afinidade dos integrantes do grupo). Essas divergências foram solucionadas após a intervenção do professor. Achavam que era preciso medir o tempo para verificar a influência da massa no movimento, mas após uma longa discussão decidiram não realizar a medida do tempo. Também confundiam com frequência o conceito de força com o conceito de energia. Ao final da atividade, de modo geral, todos os integrantes compreenderam as relações existentes entre os conceitos físicos empregados fazendo conclusões a respeito da interferência da massa no movimento do corpo.
4	Demonstraram dificuldades nos debates. Eles dividiram as tarefas da atividade, ficando a cargo de apenas um integrante a elaboração das expressões físicas, enquanto os outros ficaram com tarefa de realizar as medidas. Também apresentaram confusões nas relações entre os conceitos e de discutir entre eles. Não consideraram medir o tempo, no entanto optaram por fazer as medidas sem antes discutir os pontos propostos no roteiro. Houve intervenção do professor quanto à este ponto. Fizeram confusão entre os conceitos de força e energia e ao final da atividade, conclusões a respeito da interferência da massa no movimento do corpo.

Fonte: Autoria própria

Verificamos que todos os grupos tiveram a concepção espontânea relacionada à confusão entre os conceitos de força e energia. Tal confusão, principalmente, no momento de discussão sobre como encontrar a velocidade inicial adquirida pelo carrinho quando se desprendia da mola. Todos os grupos, de certa forma, relacionaram a energia cinética com a força elástica, ao invés de relacioná-la à energia potencial elástica. Outro momento que este obstáculo se evidenciou foi em afirmações do tipo em que a força impressa pela mola deveria acompanhar o movimento do corpo. Essa confusão é comum entre os indivíduos de todos os níveis de escolaridade. Muitas pesquisas comprovam a existência comum dessa concepção alternativa¹ (LINO, 2016). Em relação à esta concepção houve necessidade de muita interferência do professor.

Em geral, observamos que os grupos nos quais os estudantes tinham algumas defasagens no entendimento dos conceitos físicos empregados na atividade tiveram mais dificuldades ao longo do trabalho. No entanto, também verificamos que os alunos com dificuldades tiveram mais interesse em buscar o entendimento

1 - Para a verificação recomendamos uma consulta à tese de doutorado de Alex Lino, 2016, "O desenvolvimento histórico do conceito de energia: seus obstáculos epistemológicos e suas influências para o ensino de física", páginas 56-62; 98-101; 233-238; 329-331.

com os demais colegas do grupo e até mesmo com integrantes de outros grupos.

Ao final da atividade realizamos um debate, momento que todos os grupos apresentaram seus resultados. A única divergência que surgiu foi relacionada a força resultante ser constante ou não ao longo do movimento do corpo (após se desprender da mola). Um grupo afirmou que essa força não seria constante, e os demais grupos afirmaram que seria constante.

Esclarecemos ainda, a confusão realizada pelos grupos acerca dos conceitos de força e energia. Para sanar tal dificuldade o professor explicou as transformações de energia que ocorriam no momento do lançamento e ao longo do movimento. Explicou ainda a diferença entre os conceitos de força e energia e que a energia deve "acompanhar" o movimento do corpo, ao invés da força aplicada no lançamento.

Todos os grupos conseguiram observar a influência da massa no movimento do corpo, apresentando as seguintes conclusões:

- 1) quanto maior a massa, menor a velocidade inicial.
- 2) quanto maior a massa, menor a aceleração.
- 3) quanto maior a massa, menor a distância.

Após a análise desses dados parciais, entendemos que seria mais viável dois momentos de discussão com a sala, um momento antes da realização da atividade, na qual, discutiríamos os conceitos físicos envolvidos, e um momento final (o qual realizamos) com a apresentação dos resultados. Assim, notaríamos mais significativamente a evolução dos grupos ao longo da atividade.

Também observamos ainda que nos grupos em que os integrantes tinham mais afinidade as discussões

ocorreram com mais eficiência e o desenvolvimento da atividade foi melhor em comparação aos outros grupos.

Apresentamos agora a análise de dois dos relatórios desenvolvidos pelos grupos a respeito da atividade. Na primeira coluna do quadro, se encontram trechos extraídos dos relatórios dos grupos, e na segunda coluna, realizamos alguns comentários e análises desses trechos.

GRUPO 1:

Quadro 3 - Análise do relatório do grupo

Frases	Comentários e análise
<i>Como o experimento se baseia na busca de influências que afetam o movimento do corpo, o que, primeiramente se deve buscar são as interações que consigam alterar o movimento de um corpo, ou seja, as forças sobre o carrinho antes e depois de entrar em movimento.</i>	O grupo decide verificar as influências em relação a alteração do movimento do corpo. Essa análise será feita a partir das forças que agem sobre o carrinho.
<i>O carrinho se encontra imerso no campo gravitacional da Terra, a força a qual é inegável a existência é a Força Peso; como o carrinho está apoiado na bancada, o simples contato dele faz com que surja uma força de oposição à força que o pressiona sobre a mesa, esta [...] é chamada Força Normal; enquanto o carrinho é pressionado sobre a mola, existe [...] a Força elástica da mola. Logo após o disparo, o carrinho continua com a presença da Força normal, Força peso, Força de atrito, porém não há a presença da Força Elástica.</i>	Há verificação correta sobre a existência das forças: peso, elástica, normal e de atrito. Além disso, houve a observação do momento em que cada uma delas agiu sobre o corpo.
<i>Com base nos dados coletados, é possível observar que em todos os disparos o tempo que o carrinho levou em cessar o movimento é muito próximo em todos os casos, isso por si só, evidencia que o movimento se configura um movimento uniformemente variado e consequentemente com força constante.</i>	É feito uma conclusão acerca do tipo de movimento executado pelo corpo e, como os tempos são próximos, inferem erroneamente que este pode ser classificado como um MUV, isto é, assumem que a força é constante no sistema.
<i>Quando o corpo é disparado há uma conversão de energia potencial elástica em energia cinética, porém ao entrar em movimento ele deixa de ter a ação da força elástica e começa a estar sobre influência da força resultante que é a força de atrito (e força de resistência do ar em menor quantidade), logo toda a energia será convertida das mais diversas formas (som, calor, etc.). Para saber a energia total perdida basta calcular a energia potencial elástica inicial, já que admite-se que a transferência de energia seria perfeita e o corpo em um instante inicial teria toda a energia que a mola lhe forneceu [...].</i>	É mostrado um entendimento claro das transformações de energia no conjunto. Também, analisam corretamente que a força de atrito é a resultante do sistema e que, após o carrinho se desprender da mola, há dissipação da energia adquirida no disparo.
<i>A energia perdida não varia com a massa pois a mola é quem dita a energia a ser fornecida e perdida, o que varia de acordo com o aumento da massa é a velocidade com que essa se perde.</i>	É feita uma observação da energia fornecida pela distensão da mola, adquirida pelo corpo. Como a potencial elástica não depende da massa, mas sim, da constante elástica e da deformação, a energia de lançamento será igual em todos os casos de mesma deformação.
<i>Outro ponto a ser questionado foi a relação entre a distância percorrida e a massa do carrinho. [...] Olhando os dados do carrinho de menor massa e o de maior, é possível notar que sempre o carrinho com menor massa irá mais longe que o de maior se fornecido a ambos o mesmo impulso, de modo geral a medida que a massa cresce a distância percorrida diminui. [...]</i> $v = \sqrt{\frac{kx^2}{m}}$ <i>Pela equação é possível ver que a velocidade inicial do carrinho depende de uma razão em que a massa se encontra no denominador, isso mostra que quanto maior a massa maior será o número de partes em que o numerador deverá ser dividido consequentemente o módulo da velocidade inicial é menor e pela equação $v^2 = v_0^2 + 2a\Delta s$ é possível ver que quanto menor a velocidade inicial menor será a variação de espaço e o tempo necessário para a aceleração desacelerar a 0 a velocidade;</i>	É apresentado uma conclusão da relação entre a distância e a massa do corpo. Em seguida justificam matematicamente, exibindo domínio quanto às equações cinemáticas.
<i>[...] conhecendo a equação $f_{at} = \mu N$ é possível ver que a força de atrito depende da força normal, e essa depende da força peso que depende da massa, se a massa aumenta a força peso aumenta, e se a força peso aumenta a força normal aumenta, como o coeficiente de atrito é um número constante se a força normal aumentar a força de atrito também aumentará e oferecerá mais resistência ainda ao movimento.</i>	Conseguem comprovar que com o aumento de massa, a força atrito, que é resultante do sistema, também aumenta. Infelizmente, neste momento não é feito uma análise acerca da desaceleração, pois com a força de atrito poderiam determiná-la.
<i>A única interferência que atrapalhou de forma significativa para a precisão dos resultados obtidos, é a forma como o carrinho era lançado, já que não possuía uma alavanca ou trava para que ele fosse sempre lançado do mesmo local e da mesma forma.</i>	Aqui o grupo fornece uma sugestão para melhoria do experimento.

Fonte: Autoria própria

GRUPO 2:

Quadro 4 - Análise do relatório do grupo 2

Frases	Comentários e análise
<i>Antes do carrinho se desprender da mola as forças atuantes são Energia potencial e gravidade. Após se desprender da mola, o carrinho sofre ação da força de atrito e da gravidade apenas.</i>	O grupo comete o mesmo engano que foi verificado durante as discussões ao longo da atividade: a confusão entre os conceito de força e energia fica evidenciado no comentário. Além disso, esquecem de acrescentar a força normal como uma das forças que age sobre o corpo ao longo de seu movimento.
<i>Após o carrinho se desprender da mola é possível verificar que a força resultante é constante pois, visto que a força de atrito é relacionada com a massa e o coeficiente de atrito do material, o carrinho não perde massa durante o trajeto e o material é o mesmo durante todo o percurso, logo a força de atrito vai ser constante. Assim, o movimento pode ser classificado como movimento retilíneo uniformemente variado.</i>	Para justificar o porquê de a força resultante ser constante, o grupo a iguala à força de atrito, verificando corretamente que, não variando a massa e nem a superfície, ela não se modifica. De certa forma podemos perceber que, apesar do grupo não ter apresentado a equação, eles a conheciam e, provavelmente, tenham feito a igualdade para justificar tal afirmação. Após verificarem que a força é constante, classificam o movimento. Apesar de não terem apresentado justificativa, está implícito que se a força resultante é constante, a aceleração também será, podendo assim ser classificado em movimento retilíneo uniformemente variado.
<i>A distância é inversamente proporcional a massa do carrinho, aumentando a massa, maior tem de ser a força para vencer a inércia e conseqüentemente imprimir velocidade ao corpo.</i>	O grupo apresenta uma relação válida para a situação, porém, não há justificativa matemática, mas sim, utilizaram conceito de inércia como explicação.
<i>A velocidade inicial do corpo é inversamente proporcional a massa, quanto maior a massa, menor é a velocidade inicial, visto que a força da mola não muda.</i>	Novamente, confundem força com energia. Apesar de expressarem corretamente que a velocidade é inversamente proporcional a massa, não explicam corretamente o motivo. Se substituíssemos a palavra força por energia potencial elástica a frase faria mais sentido. Vale ressaltar que, a força varia na mola com a sua deformação, e após o corpo se desprender da mola, esta deixa de existir.
<i>A aceleração do carrinho é diretamente proporcional a massa, quanto maior a massa, maior é a força de atrito e maior é a aceleração.</i>	O grupo afirma que a aceleração é diretamente proporcional a massa. Contudo, sabemos que a aceleração depende do coeficiente de atrito e da aceleração da gravidade local. Eles poderiam ter investigado a razão desta diminuição da aceleração com o aumento de massa, já que não era previsto teoricamente. Uma das razões para que essa diminuição ocorra, é a variação da aerodinâmica do carrinho ao acrescentar mais massa e mudar sua estrutura.

Fonte: Autoria própria

CONCLUSÃO

Observamos que os estudantes possuíam defasagens nos fundamentos físicos e tiveram dificuldades para execução das atividades, no entanto, estes também demonstraram maior interesse em buscar o entendimento com os demais colegas e grupos. Além disso, vimos que os grupos com integrantes de maior afinidade entre si apresentaram discussões mais significativas.

Todos os grupos relacionaram a energia cinética com a força elástica, ao invés de energia potencial elástica, ou seja, há concepções espontâneas as quais causaram confusões entre os conceitos de força e energia. Além disso, houve uma única divergência em relação à força resultante ao longo do movimento do corpo; um grupo afirmou que essa força não seria constante, e os demais afirmaram que seria.

Ao final do experimento, constataram a influência da massa no movimento do corpo, e conseguiram apresentar as seguintes conclusões: quanto maior a massa, menor será a velocidade inicial, a aceleração e a distância.

Para compreendermos melhor as evoluções ocorridas durante a experimentação, verificamos que seria mais viável dois momentos de trocas de ideias; uma antes da realização da atividade, na qual seriam

discutidos os conceitos físicos pertinentes, e uma no final, com a apresentação dos resultados.

Com isso, vimos que os objetivos descritos ao início deste artigo foram alcançados, já que houve a promoção do questionamento e o envolvimento ativo dos indivíduos, exemplificado pelo fato de estes até mesmo sugerirem modificações para maior eficácia do experimento, e também, por todos os grupos atingirem corretamente grande parte das conclusões conceituais esperadas.

Após a análise do desenvolvimento da atividade e dos relatórios concluímos que o método aqui proposto teve o potencial de aprimorar o pensamento crítico e significativo dos estudantes, evidenciando até mesmo a desobscurecimento da confusão entre os conceitos de força e energia.

REFERÊNCIAS

BACHELARD, G. A formação do espírito científico: contribuições para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto Editora, 1996.

BAPTISTA, Monica Luiza Mendes. Concepção e implementação de atividades de investigação: um estudo com professores de física e química do ensino básico. 2010. 561 f. Tese (Doutorado) Curso de Educação, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2010.

FREIRE, P. Pedagogia da Autonomia: Saberes necessários à prática educativa. Edit. Paz e Terra: São Paulo, 2002.

GALIAZZI, Maria do C. et al. Objetivos das Atividades Experimentais no Ensino Médio: A Pesquisa Coletiva como Modo de Formação de Professores de Ciências. *Ciência & Educação*, v.7, n.2, p.249263, 2001.

GIORDAN, M. . O Papel da Experimentação no Ensino de Ciências. *Química Nova na Escola*, v. 10, p. 4349, 1999.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). Censo Escolar, 2016. Brasília: MEC, 2016.

LINO, Alex. **O desenvolvimento histórico do conceito de energia: seus obstáculos epistemológicos e suas influências para o ensino de física.** 2016. 360 f. Tese (Doutorado) - Curso

de Pós Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2016.

MONK, M.; DILLON, J. Learning to teach science: Activities for students, teachers and mentors. London: Falmer Press, 1995.

RAMOS, L. B. da C.; ROSA, P. R. da S. O ensino de ciências: fatores intrínsecos e extrínsecos que limitam a realização de atividades experimentais pelo professor dos anos iniciais do ensino fundamental. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.13, n.3, p.299331, 2008.

SILVA, L. H. A; ZANON, L. B. Experimentação no ensino de ciências. In: SCHNETZER, Roseli P.; ARAGÃO, R. M. R. (Orgs.) *Ensino de Ciências: fundamentos e abordagens.* Campinas: V Gráfica, 2000. p. 120153.

UNESCO. Ensino de Ciências: o futuro em risco. Edições UNESCO: Maio de 2005.