

Uma abordagem investigativa para o experimento do plano inclinado

Michele Hidemi Ueno Guimarães, Universidade de Sao Paulo, Brasil
Bruno dos Santos Simões, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Resumo: Este trabalho tem por objetivo discutir as diferentes posturas, que podem ser adotadas por estudantes frente ao experimento do plano inclinado. Apresentamos duas propostas: em uma delas, um roteiro tradicional, com passo a passo, em que o estudante assume uma postura passiva frente ao roteiro; e outra, que busca incitar a uma aprendizagem investigativa, mediante a qual o aluno assume uma postura ativa frente ao experimento e ao roteiro, o que poderia ser entendido como um processo de educar pela pesquisa. Demo (1998) comenta que, nesse processo, o estudante desenvolve autonomia, criticidade sobre seu estudo/trabalho, faz interpretações próprias, formula hipóteses, entre outros fatores. Zômpero e Laburú (2012) argumentam que esse tipo de atividade favorece aos estudantes a se tornarem mais autônomos, críticos e criativos. Uma atividade investigativa tem como objetivo criar um ambiente investigativo nas aulas de Ciências, de maneira que o professor possa ensinar (conduzir/mediar) os alunos no processo (simplificado) do trabalho científico. O que se espera é que os educandos desenvolvam autonomia na análise dos resultados obtidos e que sejam críticos acerca deles, tendo assim uma atitude ativa frente ao novo conhecimento, seja para interpretá-lo, manipulá-lo ou se necessário, ressignificar a heurística adotada.

Palavras-chave: ensino investigativo, aprendizagem investigativa, laboratório de Física

Abstract: This paper aims to discuss the different approaches that can be adopted by students related to the experiment of the inclined plane. In this work we present two proposal: A traditional approach, with a step by step script, where the students assume a passive posture, and the other approach, which seeks to incite an investigative learning, and where the students take an active posture to the experiment and to the script, which could be understood as a process of education through research. Demo (1998) comments that in this process, the students develop more autonomy, criticality and creativity in their own study/work, making their own interpretations, hypothesis formulation, among other things. Zômpero and Laburú (2012) argue that this kind of activity encourages students to become more autonomous, critical and creative. An investigative activity aims to create an investigative environment in science classes so that the teacher can teach (lead / broker) the students in the process (simplified) of scientific work. What is expected is that students would develop autonomy in the analysis of their results and would be more critical before them. Thus, they would have more active attitude towards new knowledge, or in the interpretation of it, handle it or if necessary, reframing the heuristic adopted.

Keywords: Investigative Learning, Investigative Learning, Physics Lab

Introdução

Este trabalho tem por objetivo discutir as diferentes posturas que podem ser adotadas por estudantes frente ao experimento do plano inclinado.

Para tanto, discutiremos duas propostas: em uma delas, apresentamos um roteiro tradicional, com passo a passo, em que o estudante assume uma postura passiva frente ao roteiro, de modo que a metodologia utilizada não propicia ao aluno que ele pense ou reflita sobre o que precisa fazer. A outra postura é a apresentação do mesmo experimento, porém numa outra abordagem: aquela que busca incitar a uma aprendizagem investigativa, mediante a qual o aluno assume uma postura ativa frente ao experimento e ao roteiro.

A literatura especializada em Ensino de Ciências vem destacando o papel das atividades investigativas na aprendizagem das Ciências, sobretudo na Física. As abordagens empregadas permeiam desde uma discussão sobre a formação de professores por meio da pesquisa em sala de aula (Demo, 1998; Frizon, 2000; Galiuzzi, 2011; Ueno-Guimarães; Simões, 2015), até discussões mais gerais sobre atividades investigativas em aulas de Ciências (Carvalho, 1999; Zômpero; Laburú, 2012).

Contudo, as práticas experimentais voltadas à demonstração ou comprovação de teorias ainda são bastante comuns na Escola Básica e no Ensino Superior.

Devido à atuação docente dos autores e à discussão inicial apresentada em Ueno-Guimarães e Simões (2015), que investigaram uma prática de laboratório com uma turma de Engenharia em uma universidade privada de São Paulo, surgiu o seguinte questionamento: qual é o objetivo de se ter na grade curricular de cursos de Engenharia a disciplina de laboratório de Física, uma vez que parece que ela contribui pouco para um aprendizado efetivo por parte do aluno?

Então nos perguntamos: seria mais interessante que fossem dadas várias experiências, sem possibilitar aos alunos que eles aprendessem ou refletissem sobre aquilo que estivessem fazendo; ou que se diminuísse a quantidade de experimentos, de modo a permitir um processo de aprendizagem mais investigativo, em que eles mesmos pudessem ter um papel mais ativo e fossem os protagonistas do seu aprendizado?

Normalmente, o tempo destinado às aulas de laboratório é reduzido, com o pouco tempo que se dispõe, o que se pode fazer é preencher um roteiro pré-estabelecido, sem muita margem a reflexões ou investigações.

Em entrevistas com professores de Física de uma universidade pública do Estado de São Paulo para obtenção dos dados da tese de doutorado de um dos autores deste trabalho (Ueno-Guimarães, 2014) foi interessante perceber que uma realidade semelhante à descrita anteriormente também acontece nos cursos de Física dessa universidade, pois os experimentos não são de caráter investigativo, ou seja, os alunos seguem um roteiro, não são motivadores, estão sendo realizadas há anos, sem muita inovação e parece-nos não haver um interesse por parte de quem as leciona em modificá-las.

Dessa forma, o ensino por investigação apresenta-se como uma alternativa que fornece importante suporte aos docentes. Para tanto, inicialmente iremos discutir elementos do ensino por investigação; na sequência, apresentaremos um roteiro trabalhado tradicionalmente em aulas de laboratório, e por fim traremos duas propostas de trabalho que visam a superar o posicionamento passivo dos estudantes frente a essas atividades.

Referencial teórico

A pesquisa científica, nas diferentes áreas, apresenta uma característica comum, que é a construção do conhecimento mediante um trabalho guiado por um problema. Nesse sentido, o ensino por investigação não é diferente. Os estudantes são guiados, juntamente com o docente, a resolver um problema proposto *a priori*.

A escolha de um problema para ser abordado é uma discussão fundamental na Epistemologia. Bachelard afirma que:

[...] espírito científico proíbe que tenhamos opinião sobre questões que não compreendemos, sobre questões que não sabemos formular com clareza. Em primeiro lugar, é preciso saber formular problemas. E, digam o que disserem, na vida científica os problemas não se formulam de modo espontâneo. É justamente esse sentido do problema que caracteriza o verdadeiro espírito científico. Para o espírito científico todo conhecimento é resposta a uma pergunta. Se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico. Nada é evidente. Nada é gratuito. Tudo é construído (Bachelard, 1996, p. 18).

Nesse trecho, Bachelard evidencia que o conhecimento é fruto de um processo construtivo e que tem seu início no trabalho de formulação de bons problemas. Nesse contexto, Clement (2013, p. 81) afirma que “os problemas encaminharão um processo investigativo que, por sua vez, conduzirá ao estabelecimento de respostas, ou seja, ao conhecimento a ser desenvolvido”.

Para tanto, é necessário que se indique o problema a ser tratado ou a situação-problema. Sobre isso, Clement (2013) chama atenção para o fato de que se pode afirmar que uma dada situação caracteriza-se como um problema ou situação-problema para um indivíduo quando, ao procurar solucioná-la, não se chega a uma solução de forma imediata. Nesse caso, necessariamente, o estudante envolve-se num processo de reflexão e de tomada de decisões para chegar a uma solução. O que é corroborado por Zômpero e Laburú (2012), que defendem a ideia de que uma atividade investigati-

va é aquela que pressupõe a apresentação de um problema inicial, que pode ou não ser sobre um assunto estudado, a respeito do qual o aluno não sabe a resposta, e que tem como característica que o aluno seja um agente ativo na construção de seu conhecimento.

Uma atividade investigativa tem como objetivo criar um ambiente investigativo nas aulas de Ciências, de maneira que o professor possa ensinar (conduzir/mediar) os alunos no processo (simplificado) do trabalho científico. A ideia é que eles possam gradativamente ampliar a linguagem e os conhecimentos científicos, o que Sasseron (2010) chama de “alfabetização científica”.

Lidar com uma prática voltada à investigação requer que o educador seja pesquisador, que o seu cotidiano seja objeto de estudo. Nesse sentido, o professor, que busca atuar com uma postura de investigação em suas aulas, passa a entender o aluno não somente como objeto a ser pesquisado, mas também como seu parceiro de trabalho. (Demo, 1998).

Visto que o ensino por investigação favorece o surgimento de discussão, reflexão, questionamentos, levantamento de hipóteses etc, é importante salientar que o espaço didático do laboratório deve propiciar esse tipo de atividade. Deve haver uma mudança na postura de estudantes e docentes, para que se possa trabalhar dessa forma investigativa (Demo, 1998).

Galiazzi e Moraes (2002, p. 238) defendem que a pesquisa colabora com a formação inicial dos professores. Para esses autores, a essência do entendimento de pesquisa é o questionamento, a argumentação, a crítica e a validação dos argumentos assim construídos. Aspectos que se assemelham a aulas de laboratório de Física.

Partindo-se do pressuposto de que todo conhecimento e toda prática são essencialmente incompletos e passíveis de superação, a educação pela pesquisa pode ser compreendida como um ciclo dialético e recursivo que se inicia com um questionamento, seguido de tentativas de reconstruir conhecimentos e práticas pela organização e defesa de novos argumentos. Estes, comunicados e submetidos a uma comunidade crítica, serão avaliados e aperfeiçoados gradativamente (Galiazzi; Moraes, 2002, p. 242).

Dessa maneira, o professor que se propõe a desenvolver uma atividade investigativa deve ser um questionador, um argumentador, alguém que saiba conduzir perguntas, estimular e propor desafios. Deve deixar de ser um simples expositor e se tornar um orientador no processo de ensino. (Carvalho, 1999).

Do mesmo modo, o aluno, nesse contexto, é aquele deixa de ser apenas um observador das aulas, muitas vezes expositivas, passando a exercer grande influência sobre elas: argumentando, pensando, agindo, interferindo, questionando, fazendo parte da construção do seu conhecimento. (Carvalho, 1999).

Para tanto, Demo (1998) comenta que, nesse processo de educar por meio da pesquisa, o estudante desenvolve autonomia, criticidade sobre seu estudo/trabalho, faz interpretações próprias, formula hipóteses, entre outras características. Zômpero e Laburú (2012) argumentam nesse mesmo sentido. Em sua investigação, os autores trabalharam com atividades investigativas com estudantes do Ensino Fundamental e concluíram que esse tipo de atividade favorece os estudantes a se tornarem mais autônomos, críticos e criativos.

Sob outra perspectiva, Borges (2002) argumenta que o laboratório sozinho não é capaz de sanar as dificuldades dos alunos, uma vez que, mesmo em aulas de laboratório, é necessário todo um acompanhamento dos estudantes e que o professor tenha contínua vigilância sobre sua fala, para não gerar nos educandos sentimentos de que a Ciência se faz por meio de observações, medidas e conclusões sobre elas, que devem ser memorizadas ao longo da aula. O autor recomenda ainda, que o professor utilize atividades pré-laboratoriais, como forma de organizar o pensamento dos estudantes, para que estes não sintam dificuldade em demasia, ao longo das atividades de laboratório.

Com o exposto, o que poderia caracterizar um problema ou situação-problema no roteiro proposto? Uma proposta pode ser encontrada em Menegat, Clement e Terrazzan (2007). Os autores propõem uma estratégia didática, com uso de textos de divulgação científica numa perspectiva investigativa. Para eles, os textos não devem ser apenas lidos em sala de aula, mas deve acontecer uma análise textual, com questionamentos por parte do docente e dos estudantes, troca de ideias e

elaboração de sínteses. Com isso, o ponto de partida da atividade se torna uma ou mais situações-problema e a solução destas requer o uso do texto.

Além disso, Sa et al. (2007) indicam outros tipos possíveis de atividades investigativas, tais como: atividades teóricas, em que os alunos se envolvem em estudos de caso e devem se posicionar frente a assuntos controversos; atividades com banco de dados, tendo como desafio a elaboração de uma argumentação baseada em evidências; atividades de simulação, explorando um fenômeno a partir de simulações em computador, entre outras. Entretanto, Clement (2013) salienta que, independente da abordagem metodológica escolhida, o que importa é a presença de uma situação-problema, em torno da qual a atividade se desenvolve e se concretiza.

Clement (2013, p. 101-102) pontua cinco aspectos que considera importantes na formulação de uma situação-problema: São eles:

Característica do problema: Deve ser algo que não possa ser resolvido de maneira imediata e com processos mecânicos.

Elementos motivacionais: É importante que se busque manter a curiosidade, a satisfação e a imaginação dos estudantes.

Natureza do problema: É o critério responsável por apontar o tipo de contexto problematizado, podendo ser de dois tipos: i) interno à área do conhecimento, em que o processo de solução desse tipo de situação-problema concentra-se majoritariamente na discussão, apropriação e utilização de conhecimentos pertencentes a essa estrutura conceitual (por exemplo, à Física, Química, Biologia etc); ou ii) vivência cotidiana, em que a formulação da situação-problema contextualiza aspectos voltados ao cotidiano ou à interpretação de fenômenos naturais, processos ou aparatos tecnológicos. Nesse caso, há uma extrapolação de áreas, pois os fenômenos da natureza são complexos e dificilmente se restringem a apenas uma área do conhecimento.

A diversificação das situações-problema: Da mesma forma que se pode variar o contexto problematizado, é importante que as próprias situações-problema sejam variadas, possibilitando processos de resolução que envolvam a utilização de diferentes estratégias e recursos didático-pedagógicos.

A natureza dos conteúdos focados: A situação-problema poderá abranger o trabalho de conteúdos de natureza conceitual, procedimental e atitudinal.

Para tanto, Clement (2013, p. 103) ressalta que “os cinco critérios elencados e descritos acima não podem ser contemplados na formulação de uma única situação-problema, mas em um conjunto delas isso se mostra possível”. Completa dizendo que:

Conforme já frisado, o ensino por investigação, além de se fundamentar em torno de situações-problema, prima por uma ativa participação dos estudantes na construção das resoluções, visando o desenvolvimento de aprendizagens de Ciências e sobre Ciências. Estas características requerem um trabalho de sala de aula diferenciado, em que se considere e valorize os conhecimentos dos estudantes e se permita a discussão e a troca de ideias entre eles e com o professor. (Clement, 2013, p. 103).

Carvalho (2013) aponta cinco itens que uma atividade deve conter, para que seja considerada investigativa. Para ela, uma Sequência de Ensino por Investigação (SEI) deve ter:

Elaboração de um problema: Deve ser contextualizada, introduzindo os alunos no assunto que se quer trabalhar, e deve oferecer condições para que eles possam pensar nas variáveis envolvidas no problema proposto. Tal elaboração pode ser de três tipos: i) Experimental: aparato experimental de fácil manejo, que deve permitir aos alunos resolverem o problema; ii) Não experimental: atividade complementar, cujo objetivo é introduzir novos conceitos que darão suporte ao planejamento curricular, por exemplo, figuras de jornal ou textos da internet; ou ainda iii) Demonstrações investigativas: realizadas pelo professor, quando houver a manipulação de elementos perigosos.

Levantamento de hipóteses: Ideias para se resolver o problema e a colocação dessas ideias em prática.

Leitura de textos de sistematização do conhecimento: Atividade complementar ao problema, cujo objetivo é repassar todo o processo de resolução do problema proposto, mas também os principais conceitos e ideias surgidos. Nesse caso, é possível uma sistematização do conteúdo trabalhado em uma linguagem mais formal.

Atividade de contextualização social e/ou de aprofundamento do conteúdo: Guiada por questões ou textos que relacionem o problema investigado com um problema social ou tecnológico ou ainda com o dia a dia do aluno.

Atividade de avaliação: Avaliação dos conceitos, termos e noções científicas, avaliação das ações e processos da Ciência e avaliações das atitudes apresentadas durante as atividades de ensino. Deve proporcionar uma autoavaliação por parte dos alunos, de seus avanços e conquistas.

O que reforça o argumento de Demo (1998), de que a atitude e a postura dos docentes não podem ser as mesmas nesse tipo de perspectiva, e os cinco aspectos elaborados por Clement (2013) na formulação de uma situação-problema. Este conclui dizendo que “o professor terá papel importante na realização das atividades, procurando ajudar os alunos quando necessário, sem lhes tirar as oportunidades de novas aprendizagens e a autoria das resoluções construídas.” (Clement, 2013, p. 103).

Roteiro tradicional – Plano inclinado – atrito estático

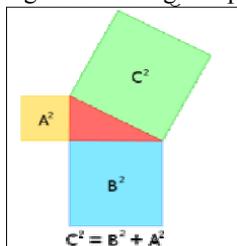
A seguir, apresentamos um dos roteiros, que tem sido trabalhado com os alunos de primeiro ano dos cursos de Engenharia de uma universidade particular de São Paulo.

Trata-se do experimento do plano inclinado, cujo objetivo é calcular de duas maneiras distintas o coeficiente de atrito entre o plano e três diferentes superfícies e depois comparar os resultados obtidos.

Introdução

O plano inclinado tem sua importância desde a antiguidade. Foi Pitágoras de Samos (da cidade de Samos, na Grécia, 570 a.C. – 496 a.C.) que provou um famoso teorema conhecido até hoje como o teorema de Pitágoras, envolvendo os lados do triângulo retângulo.

Figura 1: Triângulos para resolver o Teorema de Pitágoras

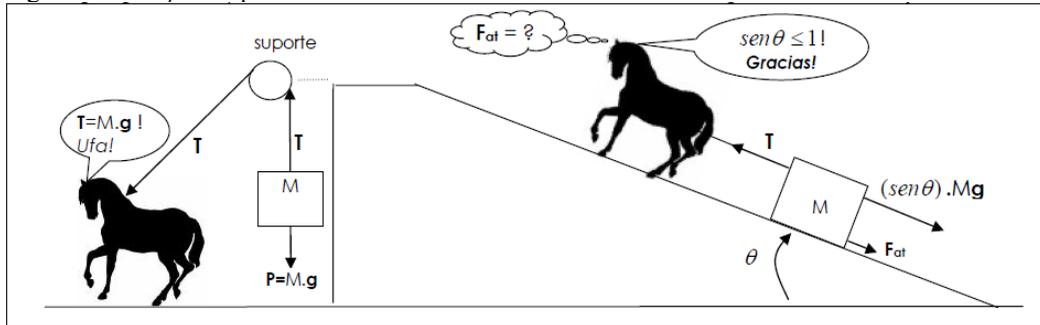


Fonte: Apostila do laboratório de Física Geral I, s/d.

Podemos perceber ao observar a figura acima que o lado maior do triângulo representa um plano inclinado. Esse lado é conhecido pelo nome de hipotenusa, e esta palavra tem origem grega. Seu significado em grego revela algo interessante sobre como o plano inclinado tem sido usado desde a antiguidade até hoje. Semelhantemente às palavras hipo-termia, hipo-glicemia e hipó-tese, entre outras, o prefixo grego *hypo* significa algo que é menor ou que está abaixo de certo valor. Hipotermia, por exemplo, que dizer temperatura menor ou abaixo da esperada. O termo tenusa (em grego *teinein*) está relacionado com tensão; assim, hipotenusa revela seu significado como menor tensão ou tensão abaixo da esperada.

A aplicação para a qual servia o plano inclinado batizou-se em grego de *hypoteinousa* (menor tensão ou tensão abaixo da esperada). Ao invés de utilizar apenas uma corda e um suporte de apoio para elevar um objeto pesado do nível do solo até uma determinada altura, percebeu-se que era mais eficiente utilizar um plano inclinado. O plano inclinado era conhecido em linguagem coloquial como “o caminho do cavalo”. Os cavalos agradecem até hoje!

Figura 2: Situação no plano inclinado



Fonte: Apostila do laboratório de Física Geral I, s/d.

O plano inclinado era muito eficiente para diminuir a tensão T na corda que representa a força de tração exercida pelo cavalo. Com a utilização do plano havia uma vantagem, denominada vantagem mecânica. A vantagem mecânica (VM) de uma máquina traduz a economia de força proporcionada pela máquina. No caso do plano inclinado, a VM é definida como a razão entre a força peso $P = Mg$ da massa a ser erguida e a força de tração T exercida pelo cavalo desde que a “hipotenusa” (menor tensão) seja o “caminho do cavalo”:

Equação 1

$$VM = \frac{P}{T} = \frac{Mg}{\text{sen}\theta Mg} = \frac{1}{\text{sen}\theta}$$

Há uma lei de conservação aqui. O que se ganha em força se perde em distância. Além disso, há a força de atrito F_{at} do bloco com o plano, a qual pode aumentar o trabalho do cavalo.

Neste experimento determinaremos a força de atrito F_{at} que há entre o bloco e o plano inclinado.

Força de Atrito

A força de atrito é uma força de contato. O contato entre o bloco e o plano inclinado. O atrito é chamado de estático enquanto o bloco estiver parado. Quando o movimento se inicia, o atrito passa a chamar-se dinâmico. Em geral, a força de atrito dinâmico é menor do que a força de atrito estático. O atrito depende do tipo de material de que são formadas as superfícies em contato; depende da intensidade do contato e, portanto, dependerá do ângulo θ da inclinação do plano. É fácil perceber que quando $\theta = 0^\circ$ (plano horizontal) o contato é máximo e que quando $\theta = 90^\circ$ (plano vertical) o atrito é zero, pois o bloco perde o contato com o plano, caindo em queda livre. O valor de $\cos\theta$ serve para estabelecer esta proporcionalidade. Assim, a força de atrito pode ser calculada por:

Equação 2

$$F_{at} = \mu(mg)\cos\theta$$

Figura 3: Comportamento do atrito



Fonte: Apostila do laboratório de Física Geral I, s/d.

O coeficiente de atrito μ pode ser de caráter estático (μ_E) ou dinâmico (μ_D). O atrito estático aumenta até o limiar do início do movimento e depois cai ligeiramente permanecendo praticamente constante, conforme mostra o gráfico acima.

No procedimento experimental a seguir, você determinará o valor máximo do atrito estático, dado pelo pico da curva exemplificada acima.

Procedimento

Figura 4: Medida da força de atrito estático



Fonte: Apostila do laboratório de Física Geral I, s/d.

Força de atrito estático e peso do bloco: Com o plano na posição horizontal, utilize um dinamômetro para medir o valor máximo da força de atrito estático. Puxe o dinamômetro bem lentamente até que o bloco inicie o movimento. Realize o experimento para cada tipo de superfície e anote na tabela abaixo. Pese o bloco com o dinamômetro na posição vertical, conforme a figura na Tabela 1, e anote.

Tabela 1: Força máxima de atrito estático e peso do bloco medido com o dinamômetro

Superfície	Fórmica (branca)	Feltro (verde)	Papelão (preto)	
Força de atrito $F_{at}(N)$				 Pesando o bloco com o dinamômetro na vertical.
Peso do bloco $P(N)$				

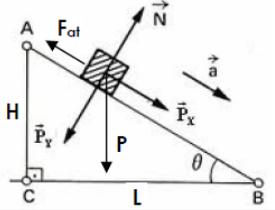
Fonte: Apostila do laboratório de Física Geral I, s/d.

A força de atrito estático e o plano inclinado: Coloque o bloco sobre o plano horizontal e incline o plano bem lentamente até que o bloco inicie o movimento. Pare de inclinar o plano imediatamente nesse instante. Se o plano for equipado com transferidor, anote o ângulo na Tabela 2; se não

for, anote as distâncias H e L conforme mostrado na figura da Tabela 2. Estes são os comprimentos dos catetos do triângulo retângulo formado pelo plano inclinado. Realize a experiência para cada bloco e anote os resultados na Tabela 2.

Tabela 2: Medida do coeficiente de atrito estático pela tangente do ângulo do plano inclinado

Superfície	Fórmica (branca)	Feltro (verde)	Papelão (preto)
Ângulo $\theta(^{\circ})$			
Cateto vertical $AC = H(\text{cm})$			
Cateto horizontal $CB = L(\text{cm})$			
$\mu_E = \tan(\theta) = \frac{H}{L}$			



Fonte: Apostila do laboratório de Física Geral I, s/d.

Análise dos resultados

Com os dados experimentais das Tabelas 1 e 2, verificaremos a previsão teórica. Se você considerar o eixo coordenado x paralelo ao plano e o eixo y ortogonal ao plano, poderemos decompor a força peso nas componentes paralelas aos eixos P_x e P_y.

Equações 3 e 4

$$P_x = (sen\theta). Mg \quad e \quad P_y = (cos\theta). Mg$$

Como vimos antes, na Equação 2, a força de atrito é dada por $F_{at} = \mu(mg)\cos\theta$. Ao inclinar o plano lentamente, em um dado instante, atinge-se a iminência do deslizamento e, nesse instante, temos $F_{at} = P_x$. Essa igualdade nos fornece: $\mu_E (M.g) \cos\theta = (M.g) \sin\theta$. Assim, chegamos ao coeficiente de atrito estático: $\mu_E = \tan\theta$, como foi calculado na última linha da Tabela 1.

Preencha a Tabela 3, calculando o comprimento da hipotenusa do plano inclinado e aplicando o Teorema de Pitágoras aos catetos H e L, dados na Tabela 2. Calcule com a hipotenusa o cosseno do ângulo do plano.

Tabela 3: Cálculo da hipotenusa e do $\cos\theta$ com os dados dos catetos H e L da Tabela 2

Superfície	Fórmica (branca)	Feltro (verde)	Papelão (preto)
Hipotenusa $Hip = \sqrt{H^2 + L^2}$			
$\cos\theta = \frac{L}{Hip}$			

Fonte: Apostila do laboratório de Física Geral I, s/d.

Com os dados da Tabela 1 e da Tabela 3, calcule os coeficientes de atrito estático. Preencha a Tabela 4.

Tabela 4: Cálculo dos coeficientes de atrito estático μ_E usando F_{at} e P da Tabela 1 e $\cos\theta$ da Tabela 3

Superfície	Fórmica (branca)	Feltro (verde)	Papelão (preto)
$\mu_E = \frac{F_{at}}{P.\cos\theta}$			

Fonte: Apostila do laboratório de Física Geral I, s/d.

Verifique:

(1) Os dados obtidos para os coeficientes de atrito estático μ_E , calculados na Tabela 4, coincidem com os valores da última linha da Tabela 2? SIM () NÃO ()

Use o espaço abaixo para explicar se for necessário.

Roteiro investigativo – Plano inclinado – cálculo do coeficiente de atrito

Para realizar esse experimento, serão fornecidos os seguintes materiais: um plano inclinado, três blocos com diferentes superfícies de contato com o plano, uma trena, uma régua e uma balança.

Para o roteiro proposto neste artigo, temos como sugestão as seguintes situações-problema que dariam início à atividade investigativa:

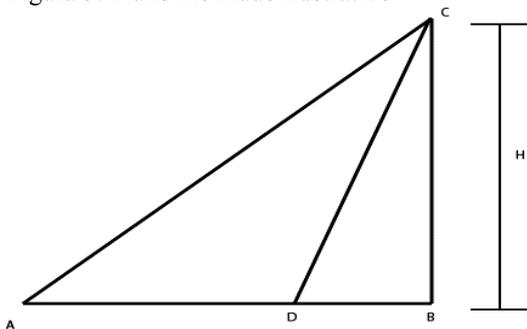
1ª proposta

Partir de uma abordagem história, ressaltando a importância do plano inclinado no trabalho de Galileu Galilei.

O problema do plano inclinado, mais do que um simples exercício, foi uma importante contribuição à evolução dos conceitos da Física. No livro "Diálogo a Respeito de duas Novas Ciências", Galileu apresenta um diálogo, em que o problema do plano inclinado é proposto e discutido entre Salviati, defensor de suas ideias, Sagredo, um aluno curioso e inteligente, e Simplicio, que desenvolve as ideias aristotélicas (BRITO, 1985).

Para tanto, Galileu se propõe a resolver a seguinte questão: as velocidades adquiridas pelo mesmo corpo ao mover-se em planos de diferentes inclinações são iguais quando a "altura" (H) desses planos forem iguais?

Figura 5: Plano inclinado ilustrativo



Fonte: *Elaboração própria, 2015.*

Nessa situação, os estudantes são convidados a resolverem o problema proposto por Galileu. No entanto, Galileu desenvolveu um experimento de pensamento, logo, as condições eram ideais (desprezando qualquer tipo de atrito). Nessas condições, os estudantes, além de resolver o problema de Galileu, terão que levar em conta o atrito entre os corpos e a superfície. Ou seja, terão de calcular o coeficiente de atrito, a partir da teoria vista em sala de aula, e compará-lo entre si, justificando os valores encontrados.

2ª proposta

Partir de uma questão do cotidiano: a inclinação de ruas e avenidas.

Silveira (2007) chama atenção para o fato de estudantes do curso de Física, de mestrado e mesmo de doutorado em Física, superestimarem a angulação das ruas e avenidas chegando a afirmar que tais inclinações poderiam ter ângulos de 40 graus a 70 graus. Ideia que é reforçada por placas de trânsito, conforme indicado nas figuras a seguir.

Figura 6: Placas sinalizando declive na pista



Fonte: Silveira, 2007.

Contudo, Silveira (2007, p. 4) comenta que:

As declividades máximas recomendadas pelo DNIT dependem da classe da estrada de rodagem; em estradas de Classe 0 – vias expressas – (onde o volume de tráfego é o mais alto) recomenda-se no máximo inclinações de 5% (cerca de 3°). Já nas rodovias de Classe IV (aquelas que possuem o mais baixo volume de tráfego) as inclinações máximas recomendadas são de 9% (cerca de 5°).

Isso está relacionado ao fato de que veículos muito grandes e carregados não conseguem manter uma velocidade desejada nesse tipo de pista. Inclusive há risco de o veículo perder aderência com o solo, especialmente em dias de chuva, e possivelmente provocar um acidente.

Dada uma situação como essa, considere que as rampas equivalem às estradas e que os blocos equivalem aos carros.

- Determine qual seria a inclinação máxima que o bloco suportaria na rampa antes de começar a deslizar.
- Determine também o coeficiente de atrito existente entre as diferentes superfícies. Esses dados servirão de base para que o DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes) analise qual a inclinação máxima que uma determinada via pública irá possuir.

A ideia é que uma dessas situações-problema seja o disparador de toda atividade. Para cada situação apresentada, recomenda-se a leitura de textos, para que os estudantes estejam amparados conceitualmente. Nesses casos, as indicações seriam os textos de Brito (1985) e Silveira (2007). O intuito é propiciar que os estudantes sejam mais autônomos na realização da experiência, nas discussões em grupo e na conclusão da atividade. Além disso, que possam discutir as hipóteses, os resultados positivos e os negativos por si mesmos.

Contudo, eles não ficariam desamparados, pois, conforme indica Demo (1998), além do material de leitura, terão constantemente a figura do professor como um parceiro de atividade, que vai ajudá-los, mediando o processo de aprendizagem. Com isso acreditamos que os estudantes se tornarão mais críticos, mais independentes e aprenderão a desenvolver seus pensamentos, em relação ao curso e às atividades propostas.

Considerações finais

“A grande crítica ao Ensino de Ciências, feita a partir do século XX, e aqui incluímos o Ensino de Física, foi que o ensino era proposto para aqueles com facilidade para as Ciências, visando formar cientistas”. (Carvalho, 2010, p. 56).

Nessa concepção, criticada por Carvalho (2010), a maioria dos estudantes é deixada de lado, sem entender o que está sendo proposto e, principalmente, sem gostar de Física, enquanto se privilegia um único jovem capaz de se tornar um cientista. Ninguém gosta daquilo que não entende. Isso quer dizer que, se o novo conhecimento não fizer sentido para o estudante, ou seja, se ele não puder relacioná-lo ao seu dia a dia, todo o esforço que o professor fez será em vão.

Porém, parece-nos que o problema maior está na forma como essa prática é desenvolvida com os estudantes. Há um ciclo vicioso no processo de ensino. Assim como nossos alunos foram e estão sendo ensinados por meio de uma pedagogia demonstrativa ou verificativa, nós fomos fruto desse processo e acreditamos que nossos ex-professores também. Ou seja, tendemos a repetir o que e como aprendemos.

O que pudemos constatar, ao final da experiência relatada acima, foi que os alunos são incapazes de realizá-la sozinhos - talvez até porque o roteiro não foi elaborado para essa finalidade - bem como de discutir o porquê do coeficiente de atrito dado pela tabela 2 ser diferente do valor encontrado na tabela 4, em se tratando das mesmas superfícies em contato. Para eles, o valor não só passou despercebido, como foram encontrados valores para o coeficiente de atrito superiores a 1, o que fisicamente é impossível.

Ao apresentarmos essa proposta de um roteiro investigativo para uma aula de laboratório de Física, o que buscamos foi problematizar a relação entre professor, aluno e conhecimento. Partimos do princípio de que professor e aluno sejam parceiros de trabalho, a fim de que os estudantes se tornem autônomos e ativos na construção de seu conhecimento (Demo, 1998; Zômpero; Laburú, 2012).

No entanto, ainda estamos distantes dessa realidade, visto que a formação inicial e continuada de professores de Ciências ainda não privilegia esse tipo de discussão e abordagem (Galiazzi, 2011), dificultando a utilização de metodologias como essa em sala de aula, pois como lembra Clement (2013), o professor terá papel crucial na realização das atividades, auxiliando os estudantes quando necessário, sem lhes tirar as oportunidades de novas aprendizagens e a autoria das resoluções construídas. E para que isso ocorra, é fundamental que docentes e discentes assumam uma postura diferenciada em relação à atividade pedagógica e ao conhecimento abordado nessa atividade.

Por fim, ressaltamos a necessidade de se repensar o tempo necessário para desenvolver um trabalho como esse no ambiente escolar. Farias, Simões e Trindade (2013) apontam que o tempo necessário para desenvolver uma atividade diferenciada, a fim de promover uma aprendizagem mais efetiva e significativa, não pode ser minimizado, sob risco de cometermos reducionismos frente a uma proposta. Não se pode esperar que tenhamos metodologias revolucionárias, docentes e estudantes ativos perante o conhecimento, se não se investir em tempo para a construção dessa relação pedagógica.

Dessa maneira, nesse trabalho apresentamos uma proposta de ensino já bastante divulgada pela literatura, mas não adotada pela maioria dos professores, ou seja, um ensino investigativo, em que o estudante possa ser o protagonista do seu aprendizado.

Entendemos que o ensino por investigação pode ser uma importante ferramenta no trabalho docente. A proposta apresenta diversos benefícios à aprendizagem, porém não deve ser entendida como a única forma de se trabalhar, sob o risco de se cair em reducionismos e continuarmos na mesma relação estagnada habitual (Demo, 1998).

REFERÊNCIAS

- Bachelard, G. (1996). *A formação do espírito científico*. (Tradução por Estela dos Santos Abreu). Rio de Janeiro: Contraponto.
- Borges, A. T. (2002). Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 19(3), pp. 291-313.
- Brito, A. A. S. (1985). O plano inclinado: um problema desde Galileu. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 2(2), pp. 57-63.
- Carvalho, A. M. P. de. (2013). *Ensino de Ciências por investigação: Condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning.
- (2010). *Ensino de Física*. São Paulo: Cengage Learning – Coleção ideias em ação.
- (1999). *Termodinâmica: Um ensino por investigação*. São Paulo: FEUSP.
- Clement, L. (2013). *Autodeterminação e ensino por investigação: construindo elementos para promoção da autonomia em aulas de Física*. Florianópolis/SC: UFSC.
- Demo, P. (1998). *Educar pela pesquisa*. Campinas: Editora autores associados.
- Farias, T.; Simões, B. S.; Trindade, E. C. A. (2013). Tentativa de Superar Obstáculos de Aprendizagem. *Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 6(3), pp.121-150.
- Frison, L. M. B. (2000). Pesquisa como superação da aula copiada. In: *Atas do III Seminário de pesquisa em educação da região sul*, Porto Alegre.
- Galiazzi, M. C. (2011). *Educar pela pesquisa*. Ijuí: Editora da UNIJUÍ.
- Galiazzi, M. C.; Moraes, R. (2002). Educação pela pesquisa como modo, tempo e espaço de qualificação da formação de professores de ciências. *Ciência & Educação*, 8(2), pp. 237-252.
- Menegat, T. M. C.; Clement, L.; Terrazzan, E. A. (2007). Textos de divulgação científica em aulas de física: uma abordagem investigativa. In: *VI encontro nacional de pesquisa em ensino de ciências*. Anais do VI ENPEC, Florianópolis: ABRAPEC.
- Sa, E. F. et al. (2007). As características das atividades investigativas segundo tutores e coordenadores de um curso especialização em ensino de ciências. In: *VI encontro nacional de pesquisa em ensino de ciências*. Anais do VI ENPEC, Florianópolis: ABRAPEC.
- Sasseron, L. H. (2010). *Alfabetização científica e documentos oficiais brasileiros: Um diálogo na estrutura do ensino de Física*. In: *Ensino de Física*. São Paulo: Cengage Learning – Coleção ideias em ação.
- Silveira, F. L. (2007). Inclinações das ruas e das estradas. *Física na Escola*, 8(2), pp. 16-18.
- Ueno-Guimarães, M. H. (2014). *A escolha pela Física: Gosto ou desafio?* Saarbrücken, Alemanha: Ed. Novas Edições Acadêmicas.
- Ueno-Guimarães, M. H.; Simões, B. S. (2015). Como se chegar ao valor da aceleração da gravidade: processo demonstrativo ou investigativo? In: *Atas do XXI simpósio nacional de ensino de Física*, Uberlândia – MG.
- Zômpero A.; Laburú, C. E. (2012). Implementação de atividades investigativas na disciplina de Ciências em escola pública: Uma experiência didática. *Investigações em Ensino de Ciências*, 17(3), pp. 675-684.

SOBRE OS AUTORES

Michele Hidemi Ueno Guimarães: Possui licenciatura plena em Física pela Universidade Estadual de Londrina (2002), mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática pela Universidade Estadual de Londrina (2004) e doutorado em Educação pela Universidade de São Paulo (2013). É pós-doutoranda pela Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (2014-2016). Nesse momento, realiza estágio pós-doutoral em Psicologia Clínica no Établissement Public Spécialisé en Santé Mentale de Ville-Evrard - Paris e em Ciências da Educação na Université Lumière Lyon 2 - Lyon, França (2015). Sua pesquisa é na área de Formação de professores de Ciências, atuando na interface Psicanálise e Ensino de Ciências e na Atividade Investigativa no laboratório de Física. Tem experiência na área das Ciências exatas, lecionando disciplinas de Física teórica e experimental.

Bruno dos Santos Simões: Possui graduação em Física Licenciatura pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (2010) e mestrado em Educação Científica e Tecnológica pela Universidade Federal de Santa Catarina (2013). Atualmente é doutorando em Educação Científica e Tecnológica pela Universidade Federal de Santa Catarina. Tem experiência na área de Física, com ênfase em Ensino de Física, atuando principalmente nos seguintes temas: Ensino de Física, Escolha da carreira, Afetividade e TDIC.