

Caindo de paraquedas: uma proposta investigativa para o Ensino Médio

Monaliza Fonseca¹, Rodrigo Marchior Liegel², Bárbara Vilela Pimenta³

¹ Colégio Santa Cruz, monaliza@santacruz.g12.br

² Colégio Santa Cruz, rmliegel@santacruz.g12.br

³ Colégio Santa Cruz, bpimenta@santacruz.g12.br

INTRODUÇÃO

As ciências da natureza são, dentre as disciplinas oferecidas no ambiente escolar, mais uma perspectiva para conhecer e interpretar o mundo. A partir da reflexão e exploração de diferentes fenômenos naturais, novas formas de compreensão da realidade vão sendo construídas.

Esse nível exploratório vai ganhando intensidade à medida que os anos de escolarização avançam. Enquanto nas séries iniciais os fenômenos são explorados, na sua maioria, de forma qualitativa (observações, explicações e comparações), no ensino médio, conforme os estudantes vão ganhando maturidade e estabelecendo relações, se faz possível abordagens mais quantitativas, desenvolvendo e aprimorando modelos para representação dos fenômenos (JUSTI; GILBERT, 2002; HOFSTEIN, 2005).

Muitas vezes, essa ênfase nos modelos explicativos acaba levando a uma dissociação das observações empíricas com os conceitos apresentados nas aulas teóricas. Tendo em vista esse contexto será descrito aqui uma atividade investigativa desenvolvida em um laboratório investigativo de ciências (LABIC). Trata-se de uma disciplina criada em 2019 no Colégio Santa Cruz, na cidade de São Paulo, e que compõem o núcleo comum da primeira série do ensino médio, contando com uma aula semanal de 75 minutos. Esse curso conta com a presença simultânea de professores especialistas das três áreas das ciências: biologia, física e química.

O LABIC vem para complementar as disciplinas de ciências das séries iniciais, baseando-se na proposição de problemas a serem tratados por grupos de alunos, com base na formulação de perguntas e possíveis soluções para estas questões. Tais soluções devem vir na forma de procedimentos típicos da prática em laboratório, como medidas físicas, análises e discussão de resultados. Sendo assim, os conteúdos factuais serão um meio para atingir um objetivo maior: o desenvolvimento da atitude investigativa. Em alguns momentos do curso, as investigações das equipes são compartilhadas com os colegas de classe, que fazem apontamentos e contribuições críticas, enriquecendo a diversidade de abordagens e soluções do problema investigado. O curso enfatiza não somente o desenvolvimento da capacidade de investigação científica, mas também o desenvolvimento da linguagem e de ferramentas intelectuais relacionadas à expressão e comunicação do pensamento científico. Isso envolve medidas, tratamento de dados e sua expressão na forma de gráficos e tabelas, além de elaboração de relatórios e breves comunicações.

As reflexões acerca dos resultados devem permitir uma noção crítica do poder explicativo e das limitações da investigação (FONSECA, 2023).

METODOLOGIA

A primeira atividade realizada no curso do LABIC é o estudo do movimento de queda de um paraquedas, proposta essa realizada num período de 4 aulas. Ela tem por objetivo ilustrar vários aspectos da investigação científica, estimulando os estudantes a desenvolverem estratégias para investigar como uma determinada variável influencia o comportamento de um paraquedas. Ao final do processo espera-se que compreendam a importância de realizar muitas medidas para aumentar a confiabilidade de seus dados e que consigam analisar de forma satisfatória os dados obtidos, relatando adequadamente o procedimento experimental, os resultados e as conclusões.

A atividade se inicia com a apresentação da seguinte situação problema:

Você e seus colegas podem ser contratados para participar de uma equipe de desenvolvedores de paraquedas em uma empresa especializada em transportes de cargas para lugares de difícil acesso. Antes de trabalhar com a situação real, vocês deverão mostrar a sua capacidade de investigação sobre o comportamento de um paraquedas a partir de um modelo miniaturizado.

Nesse momento discute-se qual a função do paraquedas, chegando à conclusão que um bom paraquedas precisa descer com velocidade constante baixa, de modo que atinja o chão com suavidade. Os professores conduzem a discussão de modo a refletir que para que a queda ocorra nessa condição, o peso do objeto deve ser igual à força contrária de resistência exercida pelo ar. Essa força é uma grandeza que depende da velocidade com que o corpo se movimenta. Em um estudo onde o objeto é abandonado, sua velocidade inicialmente é nula, à medida que ele cai sua velocidade aumenta por conta da aceleração da gravidade e por consequência a força de resistência do ar também. Chega um momento em que essa força se iguala ao peso do objeto, o que faz com que ele caia com velocidade constante. O problema dessa situação é que a velocidade atingida é muito alta, por isso o papel do paraquedas é justamente aumentar a resistência do ar. Assim, quando o corpo cai com um paraquedas a ideia é que se atinja um valor de velocidade constante menor do que aquele que se atingiria sem ele.

Para iniciar os estudos os alunos são divididos em grupos de 3 ou 4 estudantes e recebem um paraquedas controle, que será usado para fazer medidas iniciais de tempo. Esse paraquedas (Figura 1) tem suas características descritas na Tabela 1.

Esse paraquedas serve de controle para os estudos posteriores que serão feitos alterando os parâmetros que o compõem. Eles serão definidos como as variáveis do estudo, as quais poderão ser fixadas ou alteradas dependendo dos objetivos da investigação.

Tabela 1: Características do paraquedas controle

Forma do velame	Quadrado
Área do velame	30 cm x 30 cm
Comprimento do fio	35 cm
Quantidade de fios	4
Massa	2 arruelas
Material do velame	Plástico azul

Figura 1: Paraquedas controle



Fonte: Arquivo pessoal

Nesse momento inicial os estudantes realizam alguns testes soltando o paraquedas de referência sempre da mesma altura e padronizando como é feito o lançamento. Os grupos fazem medidas do tempo de queda e anotam suas observações sobre o movimento descrito por ele. Muitos filmam os lançamentos para serem usados posteriormente no momento da análise de dados.

Figura 2: Espaços usados para fazer as medidas do tempo de queda dos paraquedas

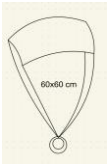
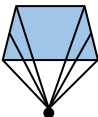
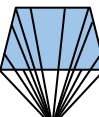
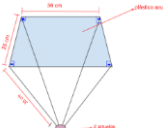
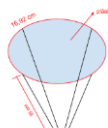
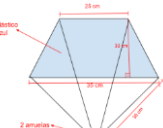
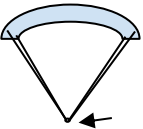
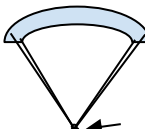
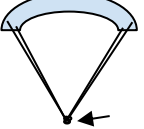


Fonte: Arquivo pessoal

Depois dessa primeira coleta de dados, cada grupo recebe a tarefa de investigar uma variável. Para isso, eles devem propor 3 paraquedas diferentes mantendo as características do controle, exceto

no parâmetro a ser avaliado. Inicialmente eles detalham como serão esses novos modelos fazendo o desenho com as novas dimensões, além disso, eles devem levantar hipóteses sobre como a mudança da variável em estudo poderia impactar as outras e por consequência o movimento do paraquedas. Alguns modelos propostos pelos alunos são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Modelos de paraquedas propostos pelos estudantes

VARIÁVEL	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
Comprimento do fio			
Quantidade de fios			
Formato do velame			
Área do velame	50cm ²	25cm ²	15cm ²
Material do velame			
Massa			

Os modelos sugeridos são verificados e então validados pelos professores, de modo que, em uma aula seguinte os grupos constroem seus próprios paraquedas. São fornecidos materiais diversos como linhas, plásticos com diferentes espessuras e arruelas em grande quantidade.

Após a construção dos paraquedas inicia-se o mesmo processo de coleta de dados do tempo de queda que foi realizado com o controle. Para uma comparação válida, os alunos devem soltar os paraquedas do mesmo jeito e da mesma altura que fizeram anteriormente.

Durante esse processo os estudantes registram também suas observações sobre o movimento descrito pelo paraquedas, se há vento que impeça uma queda linear, se há estabilidade no movimento, se a velocidade de queda é acelerada ou parece se manter constante. É importante que registrem se o paraquedas construído naquelas condições está desenvolvendo as características que foram discutidas inicialmente: o tempo de queda está menor, mas mantendo uma queda estável? O velame está aumentando a resistência do ar e mantendo a estabilidade do paraquedas?

É sugerido que sejam estudadas no mínimo dez quedas de cada paraquedas, de modo que com esses valores seja possível calcular um tempo médio para a queda desse modelo. Todos os dados são registrados em uma planilha para que cálculos posteriores sejam realizados.

Uma vez que o valor médio do tempo é obtido, os estudantes devem calcular qual o desvio das medidas em relação a essa média e depois disso calcular a média desses desvios. É discutido com os alunos que medidas de tempo que superem em duas vezes o valor médio do desvio devem ser refeitas, uma vez que estavam em condições muito diferentes das demais. Sugere-se que o dado não seja descartado, mas guardado para posterior análise. Muitas medidas com grandes desvios devem sugerir uma não reprodutibilidade dos voos e provável instabilidade do sistema. É nesse momento que alguns grupos percebem que não padronizaram a altura da queda, nem o modo de soltar o paraquedas, ou mesmo o método de cronometragem do tempo.

Para realização de todos esses cálculos, os estudantes constroem em uma planilha uma tabela como o exemplo abaixo:

Figura 3: Captura de tela da planilha de um grupo que estudou a variável massa. O modelo 1 tinha 1 arruela, o modelo 2 tinha 3 arruelas e o modelo 3, 4 arruelas.

Medida	Controle		Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3	
	tempo (s)	desvio (s)	tempo (s)	desvio (s)	tempo (s)	desvio (s)	tempo (s)	desvio (s)
1	5,60	0,48	7,30	0,81	5,92	0,05	4,77	0,22
2	7,91	1,83	7,40	0,71	6,12	0,15	4,70	0,29
3	5,10	0,98	8,07	0,04	5,57	0,40	5,00	0,01
4	5,84	0,24	7,35	0,76	6,32	0,35	4,46	0,53
5	5,90	0,18	7,25	0,86	6,14	0,17	5,30	0,31
6	6,00	0,08	8,00	0,11	5,63	0,35	5,20	0,21
7	6,72	0,64	9,01	0,90	6,17	0,20	4,95	0,04
8	5,89	0,19	8,70	0,59	5,90	0,07	5,52	0,53
9	6,05	0,03	9,10	0,99	6,00	0,03	4,84	0,15
10	5,81	0,27	8,90	0,79	5,98	0,01	5,15	0,16
média	6,08	0,49	8,11	0,66	5,98	0,18	4,99	0,25
	%	8,11	%	8,09	%	2,95	%	4,91

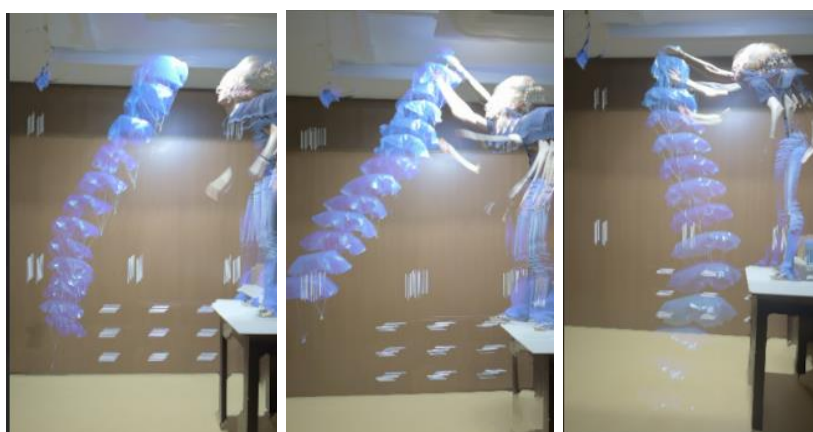
É possível notar no exemplo da tabela que há valores cujo desvio superou em mais de duas vezes o desvio médio, por esse motivo foram sinalizadas, analisadas e refeitas.

Na última aula da sequência investigativa é realizado um grande debate no qual cada grupo apresenta suas observações sobre como sua variável se comportou.

O objetivo dessa discussão é que ao final da conversa seja possível definir os melhores valores para cada variável e assim construir coletivamente um paraquedas que seja o mais eficiente possível. Cada grupo sugere qual condição seria melhor para sua variável e esses valores são anotados na lousa. Enquanto os grupos finalizam a escrita do relatório que deverão entregar, contendo toda a investigação realizada, os professores constroem o paraquedas da sala, com os valores dos parâmetros sugeridos por eles.

Ao final da aula o movimento de queda é testado, tanto o tempo de queda quanto a verificação do movimento. Para isso, é feita uma filmagem usando uma luz estroboscópica e uma filmagem de longa exposição. Com ela é possível observar se o intervalo entre uma imagem e outra é constante, o que indicaria uma velocidade constante de queda do paraquedas.

Figura 4: Fotos estroboscópicas do movimento de queda do paraquedas construído a partir das sugestões dos grupos



Fonte: Arquivo pessoal

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As atividades propostas no curso do LABIC buscam desenvolver a atitude investigativa dos alunos, desenvolvendo as habilidades características do fazer científico. Uma primeira reação em relação a isso é percebida quando são questionados sobre o número de medidas que deverão ser feitas para o movimento de queda do paraquedas. Inicialmente eles não veem necessidade de repetir tantas vezes, visto que “vai ser sempre a mesma coisa”. Aos poucos eles percebem a irregularidade do movimento, as condições do ambiente, vento, objetos no caminho, a maneira de soltar, a abertura adequada do velame no início do movimento etc. A exigência de se repetir as medidas com determinados desvios mostra que quanto maior o número de medidas realizadas mais essa diferença fica diluída no conjunto de dados. Como essa proposta de estudo do paraquedas é a primeira do semestre, espera-se que adquiram a consciência de que quanto mais medidas

realizadas maior a confiabilidade dos dados coletados, de modo que essa prática possa ser aplicada às outras atividades propostas no decorrer do ano.

Outra reação dos alunos diz respeito ao controle de variáveis na investigação. A proposta de estudar apenas uma variável é um procedimento típico da investigação científica. Isolar determinados parâmetros para se entender como ele é afetado pelos demais e como sua mudança impacta o estudo em questão é, em geral, muito bem aceito pelos alunos do 1º ano do EM. Entretanto, durante a atividade, essa imposição passa a gerar desconforto em alguns grupos, como por exemplo ter um paraquedas em formato de pentágono mas com 4 fios. No entanto, esse fato enriquece a discussão pois os leva a propor novas investigações, nas quais se preocupariam em avaliar o impacto de variáveis que atuam em conjunto.

Ao longo da discussão coletiva fica mais nítido para a maioria dos grupos que, em algumas situações, estudar apenas uma variável de forma isolada não é muito viável, e por isso talvez uma combinação delas seja mais interessante. Uma delas diz respeito à relação entre massa e material do velame. Percebem que alguns velames são mais pesados que a massa que precisam manter, o que torna inviável o funcionamento do modelo como um paraquedas, visto que o velame fica embaixo da massa durante a queda. Os alunos argumentam que há diferentes materiais para construir o paraquedas os quais deveriam ser testados com massas adequadas dependendo da sua flexibilidade. Outra combinação possível de variáveis é do comprimento do fio com a área do velame. Uma área grande com um fio pequeno ou uma área pequena com um fio grande não abre tanto quanto necessário para aumentar a resistência do paraquedas. Dessa forma parece existir uma relação ideal ótima entre a área e o comprimento do fio que permitam a abertura ideal do velame. Mais um par de variáveis que se percebe é a quantidade de fios e o formato do paraquedas. Dois exemplos que ilustram esse fato são os velames triangulares ou com mais de 4 lados que precisam manter seus 4 fios e que por isso não conseguem manter uma estabilidade de abertura. Por outro lado, paraquedas quadrados com diferentes quantidades de fios se mostram instáveis quando eles não são amarrados apenas nos vértices do velame.

O uso de um paraquedas de referência também permitiu que os grupos percebessem a necessidade de um parâmetro de comparação. Se ele não existisse, a conversa sobre a influência das variáveis não seria possível, uma vez que todas as observações em relação ao aumento ou diminuição de alguma variável se fez em relação a um modelo que era comum para todos os grupos.

A organização dos dados na planilha, cálculo da média e desvios mostraram como uma avaliação quantitativa do movimento dos modelos permite uma comparação mais confiável e uma melhor percepção da estabilidade ou não dos voos de cada paraquedas.

Ao longo de toda a atividade os grupos puderam perceber a necessidade de distribuição das tarefas para que a investigação fosse realizada no tempo proposto pela disciplina. O trabalho coletivo,

característico das investigações científicas pode ser experimentado durante todo o processo, desde a concepção dos diferentes modelos, o procedimento experimental para tomada de dados e análise e redação do relato do experimento, destacando os resultados obtidos e as propostas de melhoria para uma futura investigação. A discussão realizada entre todos os grupos, relatada anteriormente, permitiu o desenvolvimento de outra habilidade que é a comunicação de resultados, onde puderam expor suas estratégias e metodologias e conhecer procedimentos que outros grupos adotaram. Essa dinâmica permitiu mostrar que nas ciências há sempre uma possível continuidade da investigação e que o fazer científico nunca se esgota, havendo sempre uma nova perspectiva a ser analisada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta investigativa de estudo do movimento do paraquedas é um primeiro passo para aproximar os estudantes do ensino médio a uma prática investigativa que se preocupe em realizar uma análise quantitativa do objeto em estudo. Diferente das investigações até então desenvolvidas no ensino fundamental, a proposta da disciplina LABIC visa apresentar situações nas quais o estudante possa delimitar o estudo de diferentes variáveis, desenvolver um procedimento experimental que permita uma coleta de dados, análise e compartilhamento de resultados (BALZANO, 2016).

Além disso, o estudo do movimento do paraquedas foca em desenvolver as habilidades iniciais do processo investigativo como o cuidado com as condições de contorno para repetição de medidas, a necessidade de um parâmetro de comparação para avaliar os resultados, o controle de variáveis para quantificar os impactos que elas causam nas medidas e a impossibilidade de se esgotar todas as análises no tempo delimitado das aulas. O espaço para compartilhar os resultados dos grupos permitiu que novos rumos investigativos pudessem ser delimitados, permitindo que os grupos avaliassem e adaptassem as próprias práticas. O compartilhamento dos resultados e proposição coletiva de construção de um paraquedas mais eficiente mostrou como a investigação científica preza por isso e como sem ela não há desenvolvimento, é na contribuição das pesquisas individuais que se constrói melhores resultados e que a ciência avança.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- JUSTI, R.; GILBERT, J. K. Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, v. 24, n. 4, p. 369–387, 2002.
- HOFSTEIN, A. et al. Developing students' ability to ask more and better questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 42, n. 7, p. 791–806, 2005.
- FONSECA, M. Concepção de um estilo progressivo para atividades investigativas no ensino médio. 2023. Tese (Doutorado em Ensino de Física) — Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023. DOI: 10.11606/T.81.2023.tde-30102023-135200.
- BALZANO, E. *Inquiry-Based Science Education: perspectives and difficulties*. Atti della Accademia Nazionale dei Lincei, Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali, Rendiconti Lincei Matematica e Applicazioni, [s.l.]: EMS – Publishing House GmbH, 1 set. 2016. p. 11–24.