



Atualmente as correntes pedagógicas mais recentes centram-se no paradigma construtivista como referencial teórico. Em qualquer projeto político pedagógico das escolas de educação básica é comum encontrar a concepção construtivista como norteadora das referidas propostas. Contudo, sua concretização em sala de aula tem encontrado algumas dificuldades. Sem nos ater nas discussões mais específicas sobre elas, uma em particular nos chama a atenção: as aulas experimentais. Mesmo imbuídos e cientes da importância deste referencial teórico que é o construtivismo, alguns professores tem realizado atividades experimentais nas aulas de física utilizando o modelo tradicional de ensino. Este modelo, presente desde a década de 1960, conforme exposto por Pinho-Alves [1] valorizava a experimentação como decorrente de um processo que prima pela observação e pela realização de atividades guiadas por passos, como um receituário. Mas tal modelo vem sendo fortemente criticado pelos pesquisadores, que ao mesmo tempo que o criticam, se eximem de propor aos docentes sugestões de como tais atividades poderiam ser organizadas segundo a concepção construtivista.

Nesse contexto, e preocupados com a realização de práticas experimentais que primem pela construção do conhecimento e não pela simples realização de um conjunto de procedimentos, o presente texto busca propor uma estrutura didático-metodológica para a realização das atividades experimentais em física na orientação construtivista. Essa proposta toma por referencial o construtivismo e estrutura-o em três momentos denominados: “pré-experimental”, “experimental” e

“pós-experimental”. A ênfase está nas etapas anteriores e posteriores à experimentação, oportunizando que os estudantes em conjunto com o professor discutam e reflitam sobre o que irão fazer ou o que fizeram na atividade.

Assim, o presente texto tem por objetivo apresentar e discutir esta nova proposta de organização didático-pedagógica e ao mesmo tempo exemplificar sua utilização em sala de aula, descrevendo inclusive a construção do equipamento didático.

A proposta

As etapas pré-experimental e pós-experimental representam momentos significativos de construção do conhecimento, razão por que a elas se destina um tempo expressivo da atividade experimental. A respeito, Millar [2, p. 115, destaque do autor, tradução nossa] enfatiza a importância dessas etapas, especificando: “Isto pode implicar devotar menos tempo da sala de aula para *fazer* as experiências e mais para *discussão* e *avaliação* de experimentos e resultados”.

A importância de destinar um tempo significativo para os momentos anteriores e posteriores à parte operacional da atividade experimental reside, conforme explicita Rosa [3], no fato de que estas possibilitarão ao professor focalizar os conhecimentos científicos em discussão, mantendo o estudante atento ao objeto de estudo, considerado fundamental dentro de uma concepção construtivista. Diante disso, infere-se que a etapa pré-experimental envolva os seguintes itens: pré-teoria, explicitação dos objetivos; formulação de hipóteses e planejamento das ações. A pós-experimental caracteriza-se pela conclusão da atividade experimental,

A ênfase está nas etapas anteriores e posteriores à experimentação, oportunizando que os estudantes em conjunto com o professor discutam e reflitam sobre o que irão fazer ou o que fizeram na atividade

Cleci T. Werner da Rosa e
Álvaro Becker da Rosa

Curso de Física, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, Brasil
E-mail: cwerne@upf.br

O presente artigo refere-se a uma proposta didático-metodológica para organização das atividades experimentais realizadas em física no Ensino Médio dentro de uma concepção construtivista. O objetivo é ofertar aos professores subsídios para estruturar suas aulas de laboratório de modo a primar pela realização de atividades voltadas à construção do conhecimento e não reduzida a procedimentos do tipo “receita de bolo”. A proposta é estruturada em três etapas, com significativa ênfase na primeira (pré-experimental) e na última (pós-experimental). Como resultado do estudo, apresenta-se um modelo de roteiro-guia que poderá servir de inspiração para os professores organizarem suas atividades experimentais construtivistas.

que representa o fechamento desta atividade e a sistematização dos resultados encontrados. Entre as etapas encontra-se a denominada “experimental”, destinada à parte de execução da atividade experimental, a qual envolve as ações dos estudantes mediante seus planejamentos e propósitos.

Etapa pré-experimental

Na etapa pré-experimental, o primeiro item a integrar é a pré-teoria. Considera-se importante que, ao iniciar uma atividade experimental, sejam proporcionadas ao estudante discussões que lhe mostrem os conhecimentos envolvidos no estudo. Trata-se de uma aproximação da teoria com a experimentação, proporcionando que o estudante se familiarize com os saberes envolvidos e esteja orientado aos conhecimentos em estudo.

A pré-teoria contém uma espécie de contextualização do

A formulação de hipóteses apresenta-se como possibilidade de resgate das concepções prévias dos estudantes, permitindo confrontar saberes advindos de conhecimentos cotidianos

conhecimento, na qual o estudante é instigado a buscar seus conhecimentos, abrindo caminho para o desenvolvimento da atividade. Representa o elo entre a atividade experimental e o conhecimento em estudo, podendo, inclusive, iniciar por situações próximas dos estudantes e vinculadas ao seu cotidiano, desde que acompanhada pelas discussões sobre o conhecimento físico envolvido. Há, portanto, diferentes possibilidades de promover o conhecimento em estudo na forma de pré-teoria, para a qual se ilustram três: formulação de perguntas sobre o conteúdo, exposição de situações-problema ou situações-illustrativas e retomada histórica.

A primeira encontra-se associada à formulação de questões segundo estudos teóricos, estando relacionada a uma metodologia dialética na qual o professor apresenta questões e orienta os estudantes a discutir possibilidades. A segunda modalidade (exposição) refere-se a uma descrição mais simples de uma situação próxima do estudante na qual o evento a ser observado se faz presente, representando uma forma de aplicação do saber antes mesmo de ser discutido. Evidentemente, esta modalidade pode levar a perguntas, porém essas não são realizadas de modo direto como na modalidade anterior, mas, sim, decorrem da situação exposta. A terceira possibilidade refere-se à retomada histórica da produção do conhecimento, na qual o professor proporciona momentos de discussões sobre aspectos relacionados ao contexto social

e histórico no qual o conhecimento em estudo foi produzido. É uma reconstrução no sentido epistemológico, de modo a mostrar-lhes questões específicas referentes à produção deste conhecimento.

O importante é que a pré-teoria traga o estudante para a atividade experimental, para que inclua conhecimentos de seu repertório, de seu acervo, seja por meio de imagens, seja de questões, de um texto, da narrativa de processos tecnológicos ou outra situação. O que está em jogo é a preparação do conhecimento envolvido na atividade experimental.

Com base na pré-teoria, propõe-se que os estudantes sejam conduzidos a entender os objetivos propostos pelo professor para a atividade experimental. Mais

especificamente, trata-se de mostrar aos estudantes o conteúdo, estabelecendo contingentes para o estudo. Pode haver um ou mais objetivos, porém todos explicitados oralmente ou por escrito,

conduzindo a que os estudantes saibam o que é desejado que seja analisado na oportunidade. É importante destacar que isso não pode ser interpretado como atividade experimental direcionada para uma conclusão previamente estabelecida por ele, mas, sim, que, ao deixar claro o objetivo, orienta-se a ação dos estudantes e, por consequência, compartilha-se com todos um mesmo objeto de investigação. Nesse momento, julga-se propício analisar os equipamentos disponíveis para realizar a atividade experimental, uma vez que eles auxiliam o entendimento do objetivo.

Outro aspecto a ser considerado na etapa pré-experimental é a necessidade da formulação das hipóteses, as quais devem anteceder a observação a ser realizada, não o contrário. A respeito, considera-se que a formulação dessas hipóteses no desenvolvimento das atividades experimentais construtivistas assume papel de condição indispensável e servem para guiar a realização da atividade.

Considera-se serem as atividades experimentais uma excelente oportunidade de levar os estudantes a fazer apostas e estabelecer inferências sobre o conhecimento. Representa a oportunidade dos estudantes exporem seus pensamentos e a forma como articularam suas ideias, compartilhando-as com seus colegas e professores.

A formulação de hipóteses apresenta-

A pré-teoria contém uma espécie de contextualização do conhecimento, na qual o estudante é instigado a buscar seus conhecimentos, abrindo caminho para o desenvolvimento da atividade

se como possibilidade de resgate das concepções prévias dos estudantes, permitindo confrontar saberes advindos de conhecimentos cotidianos. Além disso, mas, também por isso, as hipóteses possibilitam aos estudantes mobilizar os conhecimentos já presentes em suas estruturas cognitivas, construindo-os e reconstruindo-os de forma contínua e progressiva. As hipóteses indicam que há “algo” a ser testado, verificado, no transcorrer da atividade. Contudo, não se quer dizer que a formulação de hipóteses aqui defendida seja a mesma do cientista, nem significa aplicar o método experimental como referência, mas, sim, fazer inferência ao que será observado como forma de direcionar o olhar ao objeto do conhecimento. É a oportunidade dos estudantes dialogarem com seus conhecimentos e suas observações.

Para finalizar a proposta dos itens da etapa pré-experimental menciona-se a necessidade do planejamento das ações, representando o momento de pensar na execução da atividade. Desta forma, é proposto que os estudantes sejam levados, antes de realizar o experimento, a refletir sobre o que irão fazer, traçando por escrito ou mentalmente sua trajetória. Um bom começo para isso é a seleção dos conhecimentos necessários à atividade experimental, como a expressão de relações entre as variáveis, por exemplo (fórmulas).

O planejamento se associa ao tradicional procedimento, mas a proposta é que se diferencie deste, não apresentando receitas estruturadas e compostos por passos rígidos e sequenciais. Ao contrário, deseja-se que esse “modo de fazer” seja entendido como decorrente das discussões iniciais presentes na etapa pré-experimental, sendo apresentado de forma a levar os estudantes a pensarem e planejarem suas ações entendendo o que e por que proceder de determinada forma.

Etapa experimental

Na etapa experimental, é prevista a execução da atividade experimental. Executar uma atividade

experimental significa operar o planejado, testar hipóteses previstas, tendo claro o objetivo almejado, e, normalmente, significa também, manusear equipamentos.

A execução pressupõe um sujeito ativo intelectualmente e engajado com a atividade, capaz de construir seus conhecimentos em um processo de interação social. Considerando que, habitualmente,

as atividades experimentais são realizadas em grupos de trabalho, isso demanda, além das condições já especificadas, negociação de saberes e de operações com equipamentos, diálogos entre companheiros e com o professor, visualização de possibilidades e confronto de conhecimentos, seja consigo mesmo, seja com seus colegas.

Etapa pós-experimental

A última etapa proposta é a pós-experimental, na qual está previsto o momento de fechamento da atividade experimental, representado pela conclusão. A proposta é que esta conclusão fuja da habitualmente presente no laboratório tradicional, que se destina apenas à apresentação dos resultados. Na nova proposta a conclusão ganha *status* de discussão dos resultados obtidos, representando um momento de construção do conhecimento. Para isso, é preciso prever ações para

esta etapa, de modo a levar o estudante a buscar os resultados, interpretando-os, confrontando-os e discutindo-os. Dessa forma, concluir significa retomar o realizado, a fim de identificar possíveis falhas no processo, ou mesmo para sintetizar e revisar a atividade. Para isso é necessário destinar um tempo significativo a essa etapa, conduzindo-a de modo que os estudantes, geralmente já cansados e saturados, sintam-se estimulados e realimentados.

Exemplo de roteiro-guia

Na busca por proporcionar uma maior clareza aos docentes sobre como é possível organizar um roteiro construtivista, apresenta-se um exemplo relativo ao estudo do movimento de velocidade constante, o MRU. Para tanto, foi organi-

zando um roteiro-guia apresentado no quadro a seguir (Quadro 1) para trabalhar com os estudantes do Ensino Médio. Nele foi deixado espaços em branco para contemplar os registros dos estudantes referente a seus diálogos durante a atividade experimental, bem como os resultados encontrados na atividade. Nesse artigo, optou-se por deixar o roteiro-guia na forma como apresentado aos estudantes, considerando que seu preenchimento varia de um contexto educacional para outro.

A situação de contextualização apresentada nesse roteiro-guia decorre de escolhas dos estudantes frente às situações vivenciadas por eles, podendo ser alterada pelos professores. No exemplo apresentado neste artigo, a escolha foi pelo movimento do avião e pela engarrafadora de

A conclusão ganha *status* de discussão dos resultados obtidos, representando um momento de construção do conhecimento

Quadro 1

1. Vamos conversar sobre o movimento dos objetos representados nas Figs. 1 e 2, anotando o que pode ser identificado em comum, segundo as discussões do grupo.



Figura 1 - Avião em voo.



Figura 2 - Movimento da esteira.

2. Continuando a discussão vamos desenvolver uma atividade experimental referente ao movimento de uma bolha de ar dentro de um tubo de vidro (lâmpada) contendo água.
3. Para conhecer o equipamento, escreva ao lado do desenho na Fig. 3, o nome do referido equipamento.

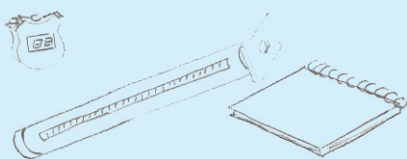


Figura 3 - Desenho dos equipamentos utilizados na atividade experimental.

4. Para estudar o comportamento da velocidade da bolha de ar, vamos pensar e discutir o seguinte: a velocidade dessa bolha se mantém constante durante todo seu percurso ou sofre alteração (aumenta ou diminui)?
5. De quais conhecimentos precisamos para determinar a velocidade da bolha?
6. Temos de pensar como fazer antes de iniciar! Prestem atenção nas questões abaixo, discutindo-as em seu grupo.
 - a) Como fazer a bolha iniciar o movimento?
 - b) Para saber se a velocidade é constante ou variável, é preciso verificar a velocidade da bolha em pequenos trechos de deslocamento, ou basta saber a velocidade média percorrida ao longo do tubo?
 - c) Considerando que vocês tenham optado por saber a velocidade em pequenos trechos, quais as grandezas físicas que precisam ser determinadas para isso?
 - d) Como organizar o grupo? Discutam como fazer para que um de vocês registre o tempo (t); outro, a posição (S) e terceiro faça as anotações (Atenção! Tudo deve ser simultâneo).
 - e) Chegando ao consenso de quem fará o quê, vamos pensar como fazer. A sugestão é que vocês verifiquem a posição da bolha a cada três segundos de movimento; assim, o responsável por verificar o tempo assinala quando passar três e o responsável pela leitura da posição da bolha "canta" essa posição para o terceiro fazer a anotação.
 - f) Tudo precisa ser registrado em uma tabela, para que ao final possa ser determinado o valor da velocidade da bolha de ar nos trechos correspondentes (a cada três segundos).
 - g) **CALMA!** Ainda não é hora de iniciar. Pensem sobre de onde (posição " S ") vocês deverão iniciar a contagem do tempo (acionar o cronômetro).
 - h) Para ter mais segurança nas medidas, repitam, no mínimo, três vezes o procedimento, anotando cada posição na tabela, e depois obtenham o " S " médio.

Quadro 1 (continuação)

7. Começando a atividade: para iniciar a atividade, voltem e leiam atentamente o item 6, lembrando de fazer, no mínimo, três tomadas de valores para a posição da bolha (S_1 , S_2 , S_3) antes de registrar a definitiva (S média) na tabela. Construam uma tabela para os valores do tempo e da posição.
8. Conversando sobre os resultados
 - a) O resultado encontrado para as

- velocidades em cada trecho foi o esperado pelo grupo?
 - b) O movimento da bolha de ar pode ser considerado um movimento de velocidade constante?
 - c) Justificando a resposta anterior, registrem as conclusões do grupo.
9. Ao concluir a atividade, pensem em um nome para ela, registrando-o no espaço abaixo.

10. O que os outros grupos encontraram?

Chegou a hora de discutirem com seus colegas o que encontraram, justificando seus resultados. Porém, para isso aguardem o momento em que vai ser retomada a atividade e solicitado que cada grupo faça sua explanação. Após, registrem os comentários finais da atividade realizada.

bebidas, por se tratarem de tema em voga para os estudantes do da região de Passo Fundo.

Construção do equipamento didático

Para construir o equipamento didático utilizado no experimento toma-se por referencial o apresentado nas obras de Diez [4] e Heineck e cols. [5]. Para tanto é necessário uma lâmpada fluorescente de 20 W (60 cm, pode ser “queimada”), um pedaço de madeira (tipo MDF) de 40 x 40 x 3 mm, chave de fenda, alicate, furadeira, uma tampa de vidro de penicilina ou rolha de borracha, cola a prova d'água (silicone), areia grossa seca, papel milimetrado e papel adesivo transparente (tipo Contact).

Pegue a lâmpada pela extremidade com cuidado (enrole em um pano para proteção em caso de quebra ou use luvas de couro), e retire os dois pinos metálicos de uma das extremidades, utilizando um alicate. Retire também o plástico junto aos pinos até ficar exposta a extremidade de vidro. Muito cuidado porque a lâmpada é muito frágil. Chegando-se a parte de vidro, ainda na mesma lateral, é necessário fazer um furo. Para isso utilize um a chave de fenda, conforme ilustrado no Fig. 4, encostando e batendo de leve (cuidado para não quebrar a lâmpada).

Com o orifício feito, procede-se à lim-



Figura 4 - Procedimento para extração da parte superior da lâmpada.

peza da lâmpada, inserindo-se areia seca em seu interior (cerca de 4 colheres de sopa). Tampe com o dedo e agite a lâmpada para soltar o pó branco do interior.¹

No centro do MDF realiza-se um furo utilizando-se a furadeira, cujo diâmetro deve ser igual ao da rolha, colando-o na extremidade aberta da lâmpada. Para colar (Fig. 5) utilize a cola de silicone ou adesivo de poliuretano (não confundir com espuma de poliuretano), que deve secar por 24 horas.

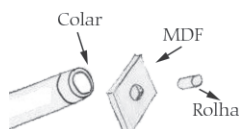


Figura 5 - Procedimento para colar o MDF.

Ao longo do tubo e por fora deste cola-se uma tira de papel milimetrado para servir de escala, utilizando cola branca escolar. Nesse papel é necessário graduar a escala desejada para o experimento.

Colar o papel Contact transparente, conforme ilustra a Fig. 6, para proteção sobre o papel milimetrado. Após a construção do equipamento, ele deve ser preenchido com água,² vedando a saída

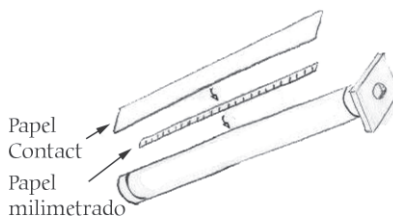


Figura 6 - Procedimento para graduação do equipamento.

com a rolha. Ao encher deve-se ter o cuidado de deixar uma bolha de ar de tamanho pequeno, que será o móvel do movimento do experimento.

Notas

¹Atenção. O pó branco contido no interior da lâmpada contém mercúrio e deve ser manuseado com cuidado, evitando tocar as mãos diretamente por um tempo prolongado. A areia utilizada para limpar a lâmpada já misturada ao pó branco, não deve ser jogada no lixo comum e sim no descarte especial para lâmpadas.

²Pode criar limo na água, o que deixa a mesma turva, e impede a conservação por muito tempo. Para evitar isso acrescenta-se a água 5 ou 6 gotas de água sanitária ou hipoclorito de sódio.

Referências

- [1] J. Pinho-Alves, *Atividades Experimentais: Do Método À Prática Construtivista*. Tese de Doutorado em Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.
- [2] R. Millar, *Studies in Science Education* **14**, 109 (1987).
- [3] C.T.W. Rosa, *Metacognição e as Atividades Experimentais em Física*. Tese de Doutorado em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.
- [4] S.A. Diez, *Experiência de Física na Escola* (Ed. Universitária da UFP, Passo Fundo, 1996).
- [5] R. Heineck, A.B. Rosa, C.T.W. da Rosa, L. Wickert, C.A.S. Perez e T.C.F. de Souza, *Física Mecânica* (Ed. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2008).