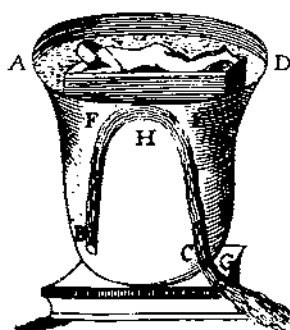


# INTERCAMBIOS, COMENTARIOS



## Y CRÍTICAS

*En esta sección intentamos recoger, por una parte, los comentarios y críticas sobre los trabajos aparecidos, así como sugerencias de cualquier tipo que puedan contribuir a una mejora de la revista.*

*En segundo lugar pretendemos que estas páginas sirvan para dar a conocer la existencia de grupos de trabajo y facilitar así los contactos e intercambios.*

*También pensamos que puede ser de interés el conocimiento de las líneas de trabajo seguidas por los distintos grupos, que pueden enviar breves resúmenes de sus actividades.*

*Por último contemplamos la posibilidad de favorecer los intercambios objeto de esta sección con la publicación de algunas entrevistas y mesas redondas.*

## EXPERIENCIAS DE AULA

### PLANEJAMENTO DE CURSO ATRAVÉS DA TÉCNICA DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS: UM EXEMPLO

*S.M. Arruda e R. Nardi. (Grupo de Ensino - Depto de Física/Universidade Estadual de Londrina, Cx. Postal 6.001, 86.051, Londrina, Paraná, Brasil).*

#### Introdução

É comum os professores de Física no 2º grau planejarem e ministrarem suas disciplinas com base nos chamados livros-textos, usualmente seguindo literalmente o que o livro propõe. No 3º grau, princi-

palmente nas chamadas disciplinas básicas, essa prática também é frequente. Entretanto tais textos apresentam algumas características que, quando não levadas em conta pelo professor, acarretam deficiências na estrutura e desenvolvimento do curso que certamente dificultarão o aprendizado. Algumas dessas deficiências são:

#### 1. Apresentação fragmentada do conhecimento

O conteúdo dos textos, usualmente constituído por um pacote de fórmulas e leis, seguido de aplicações e uma lista de problemas convencionais, é sempre distribuído em forma de capítulos estanques sem que a relação entre eles seja

claramente explicitada. Essa falta de unidade é parcialmente responsável pela não apropriação desse conhecimento pelo aluno (Salém 1986, cap. II).

#### 2. Encadeamento irracional dos assuntos

A sucessão dos assuntos abordados em sala é, em geral, idêntica à do livro que, sendo uma opção do autor, não é compreensível para o aluno. Usualmente nem mesmo o professor tem clareza sobre porque segue tal ordenação. Assim os assuntos vão surgindo sem um motivo aparente e o aluno é solicitado a pensar sobre eles sem que para isso seja dado uma razão clara. O encadeamento dos assuntos torna-se completamente ilógi-

co ou irracional. É no mínimo duvidoso que tal prática desperte interesse e produza um aprendizado significativo.

### 3. Abordagem superficial dos conteúdos

Em tais textos didáticos raramente se justifica porque as teorias, conceitos, leis, etc., são como são (ex: porque energia cinética é definida como  $\frac{1}{2}mv^2$  e não  $mv^2$ ,  $mv$  ou qualquer outra combinação de  $m$  e  $v$ ). Os conteúdos são apresentados de forma pronta, acabada e inquestionável, o que com certeza só favorece a memorização em detrimento de atividades de reflexão e crítica.

Os problemas mencionados acima, obviamente se agravam quando está sendo adotado o modelo tradicional de ensino, o enfoque centrado nos conteúdos, (no qual o professor «transmite» e o aluno «absorve» um certo conteúdo), que apesar de todo o desenvolvimento da pesquisa educacional nas últimas décadas, ainda é predominante. Em documento recente, a Sociedade Brasileira de Física aponta, em relação ao ensino de Física no 2º grau praticado atualmente a existência «... de um ensino altamente acadêmico e formal exigindo a memorização de uma massa de informações muito grande e não preparando o estudante para a compreensão de conceitos e processos; a componente experimental é quase inexistente, fazendo com que a Física seja uma das disciplinas mais temidas e de menor desempenho em qualquer tipo de avaliação realizada» (SBF 1991, p. 95). Nos EUA a situação do ensino de Ciências também não mudou muito em relação a década de 70. Segundo Klopfer, «embora muitos benefícios dos recentes investimentos nacionais em educação científica permaneçam, as grandes esperanças de dotar a educação científica com um novo espírito de investigação e de tornar a ciência significativa para as crianças, ficaram em grande parte irrealizadas» (Klopfer 1980, p. 1).

Dentro desse quadro a opção pela utilização da resolução de problemas no ensino científico pode ser uma opção interessante. Essa técnica deriva de uma tendência em ensino de Ciências, o ensino centrado no método, que surgiu como alternativa ao ensino tradicional e que priorizava o «método» ou o «processo científico» em detrimento do conteúdo, reconhecendo implicitamente o aprendizado como um processo ativo. Embora o ensino centrado numa metodologia científica tenha sido profundamente questionado em artigo recente (Millar e Driver 1987), as objeções levantadas não invalidam, segundo os autores, propostas de utilização de enfoques centrados no método desde que «sejam vistos como meios pedagógicos e não como fins ou objetivos da instrução» e afirmam também que

«o desafio para uma educação científica é encontrar contextos que sejam dotados de relevância para os interesses e preocupações das crianças, e que possam oferecer estratégias e estruturas que aprofundam a compreensão dos conceitos científicos e da contribuição cultural da ciência, e que realmente envolvam o intelecto — mentes e mãos — e excitam a imaginação» (Millar e Driver, op.cit., p. 56). A experiência a ser relatada aqui foi desenvolvida segundo esses pressupostos.

### A resolução de problemas abertos

Gil Pérez e colaboradores têm proposto em diversos artigos uma estratégia para o ensino de ciências através da resolução de problemas que consiste em colocar os problemas convencionais numa forma que «encorage os estudantes a adotarem um enfoque mais orientado à pesquisa para encontrar a solução» (Gil et al. 1990, p. 142). Para isso os autores propõem a transformação dos problemas convencionais encontrados nos textos, de solução conhecida, em problemas abertos, ou seja, problemas reais para os quais as soluções não são conhecidas de antemão. Isto é realizado removendo-se os dados e as condições iniciais dos problemas convencionais (Gil e Torregrosa 1983). Por exemplo, o problema convencional: «Um objeto é atirado para cima com velocidade inicial de 10 m/s. Calcule a altura máxima atingida por ele, supondo a aceleração da gravidade  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , pode ser transformado no problema aberto: «Um objeto é atirado para cima. Qual a altura máxima atingida por ele?» (Gil e Torregrosa 1983).

Segundo os autores citados a resolução de situações abertas como essa requer uma série de procedimentos que se assemelham a uma situação de pesquisa, diferindo profundamente dos procedimentos usados na resolução dos problemas convencionais. São eles (Gil e Torregrosa 1983, Gil et al. 1988):

1. Um estudo qualitativo do problema, com o que se evita a aplicação mecânica de fórmulas sem significado.
2. Emissão de hipóteses explicativas e a previsão de consequências que possam ser posteriormente testadas, o que aproximaria metodologicamente o aprendizado da investigação científica real.
3. O uso de diferentes estratégias de resolução, analisando abordagens e formulações teóricas alternativas, aprofundando a análise conceitual.
4. Na resolução do problema procurar verbalizar ao máximo, fundamentando

os procedimentos operacionais utilizados e evitando-se mais uma vez a simples aplicação de fórmulas.

5. Analisar cuidadosamente os resultados, testando a hipóteses e estratégias anteriormente formuladas, o que é uma ocasião propícia para o surgimento de conflitos cognitivos que poderão levar a um aprendizado real.

Entende-se que a utilização dos problemas abertos no ensino de ciências pode ser consideravelmente ampliada se o problema for usado na organização e planejamento e um curso. Descreve-se aqui uma experiência desse tipo.

### Descrição da experiência

O currículo de Agronomia da Universidade Estadual de Londrina (UEL) possui duas disciplinas de Física Básica com 60 horas cada. A experiência didática foi realizada na primeira delas, Física A (1º período), cujo conteúdo cobre os seguintes assuntos (Arruda, 1985): Cinemática uni e bidimensional; Estática de partículas e corpos rígidos; Hidrostática; Leis de Newton; Trabalho e energia. Conservação; Hidrodinâmica.

A disciplina é ministrada em dois blocos de duas aulas cada, o primeiro deles com a turma toda (40 alunos) e o segundo separado em duas turmas de 20 alunos. O desenvolvimento do curso iniciou-se a escolha de um problema suficientemente interessante e relevante a ponto de mobilizar ativamente os alunos para a sua resolução. Esse problema, ao qual se deu o nome de problema gerador, desempenhou a função de organizar e direcionar as ações subsequentemente realizadas que envolveram basicamente: questões conceituais visando numa primeira etapa situar o problema dentro do contexto teórico no qual ele se inseria e, posteriormente, fundamentar esse contexto e atividades experimentais, tais como: coleta de dados, medição de grandezas, comprovação de leis, etc. Na prática em sala de aula usou-se principalmente trabalhos e discussões em grupo, discussões gerais (com a classe toda ou com metade dela) e trabalhos de laboratórios.

A estrutura do curso, visualizada após o seu término, constituiu-se das seguintes partes:

1. *Escolha do problema gerador:* Foram sugeridos à classe diversos problemas geradores, abrindo-se a possibilidade para a sugestão de outros. Dentre os propostos foi escolhido o problema da queda d'água, por se adequar melhor às características da disciplina. O problema foi assim enunciado: «Estimar a potência

disponível numa queda d'água de uma propriedade rural qualquer para fins de geração de energia elétrica.» que é um problema aberto, girando em torno de um tema geral: o aproveitamento de energia disponível na natureza.

**2. Localização do contexto-teórico:** Para fazer a localização do problema dentro do contexto teórico no qual ele se inseria, em três ocasiões, foram levantados grupos de questões e colocados para discussão: 1º grupo: o que é movimento, posição, referencial, velocidade, aceleração, força, massa, inércia; quais são as leis de Newton e o que significam; questões sobre atrito. 2º grupo: o que é energia, potência, trabalho; formas de energia, conservação; lei da conservação da energia mecânica; teorema trabalho-energia cinética. 3º grupo: o que é pressão; lei de Arquimedes, princípio de Pascal e lei de Stevin, vazão, etc.

Observação: devido à sua importância dentro do contexto, os conceitos de energia e pressão foram discutidos separadamente dos demais.

**3. Fundamentação do contexto teórico:** A fundamentação de conceitos-chaves envolvidos no curso foi realizada através da resolução de alguns subproblemas básicos:

a) O que é energia? Uma resposta a essa questão era particularmente importante, pois o conceito de energia atuava como o conceito unificador, central do curso. Procurou-se dar uma resposta intuitiva, pois uma definição rigorosa do conceito seria impraticável.

Assim, analisando-se objetos idênticos a diferentes posições em relação aos solo, ou a diferentes velocidades, chegou-se a uma definição intuitiva de energia, porém suficiente para os nossos propósitos: «Energia é a capacidade de transformação de um sistema.»

b) Como calcular a «energia de posição» de um objeto? Tendo chegado a uma definição satisfatória de energia era preciso saber como calculá-la (ou medi-la). Separou-se esse problema em dois: como calcular a «energia de posição» e como calcular a «energia de movimento» de corpos sólidos (tratados como partículas). Para resolver a primeira questão considerou-se objetos posicionados a diferentes alturas do solo. Uma rápida análise levou à conclusão que a «energia de posição» deveria ser tipo  $mgh$ .

c) Como calcular a «energia de movimento» de um objeto? Para essa questão considerou-se o deslizamento de objetos no solo, chegando-se a conclusão que a «energia de movimento» deveria depender da velocidade e da massa do objeto,

ou seja, ser do tipo  $mv^2$ ,  $m^2v$ , etc... Por análise dimensional (comparando-se com o termo encontrado para a energia potencial) conclui-se que ela deveria ser da forma  $\alpha mv^2$ , sendo  $\alpha$  uma constante. Posteriormente essa constante foi calculada experimentalmente obtendo-se valores próximos de 0,5.

d) Como calcular a energia de líquidos? Essa questão apresentou a seguinte dificuldade: os líquidos não são «objetos localizados» e não tem sentido falar em «energia de um rio» por exemplo. Observou-se que nesse caso deve-se considerar pontos do líquido e pensar em termos de densidades de energia (energia/volume). Analisando a variação de energia em pontos de um líquido a diferentes alturas chegou-se a definição de pressão como densidade de energia e posteriormente a uma expressão para a lei da Conservação da densidade de energia para líquidos (equação de Bernoulli).

**4. Resolução do problema gerador e teste de solução.** Tendo encontrado a equação de Bernoulli o problema da queda d'água foi rapidamente resolvido. Para fazer o teste experimental da solução encontrada fizemos uma visita a uma usina hidrelétrica próxima, de onde se obteve os dados relevantes (altura da queda, vazão, potência fornecida, etc.). A compatibilidade entre o resultado teórico e os dados foi verificada.

**5. Atividades no laboratório.** As atividades experimentais do curso também se integraram perfeitamente ao seu desenvolvimento, ou seja, surgiram de uma necessidade natural como num processo de investigação científica. O laboratório foi usado para: aprender a medir velocidades e acelerações; fazer gráficos (MRU, MRUV); medir constantes relevantes (o fator 1/2 da fórmula da energia cinética e coeficientes de atrito); verificar experimentalmente leis importantes (2ª lei de Newton, teorema trabalho-energia cinética); e realizar experimentos demonstrativos (produção de campo magnético por correntes, indução de Faraday).

**6. Resolução de problemas convencionais.** Em duas ocasiões foram passadas listas de exercícios com problemas convencionais para serem resolvidos em grupo e discutidas em sala. As listas envolviam problemas sobre leis de Newton, atrito, trabalho e energia, hidrostática e hidrodinâmica e visavam complementar a fundamentação do contexto teórico.

**7. Avaliação dos alunos.** A avaliação dos alunos foi feita de duas maneiras: através de uma prova, com a qual se pretendia verificar se o aluno conseguia reproduzir as discussões e resoluções dos principais subproblemas levantados durante o curso e através de um relatório final, seme-

lhante à conclusão de um trabalho de pesquisa.

**8. Avaliação do curso.** O curso foi avaliado globalmente através de um questionário cujos pontos principais estão abaixo discriminados:

- O método (desenvolvimento do curso em torno de um problema) foi válido?

Sim	- 77%
De certa forma	- 14%
Não	- 9%

- Por que foi válido?

Principais respostas:  
«deu condições para o aluno pensar»  
«deu para captar bastante coisa»  
«deu para aprofundar mais o assunto»  
«manteve o interesse do aluno»  
«trabalhamos em cima de algo concreto»  
«passei a viver o assunto»

- O método ajudou a compreender melhor o assunto?

Sim	- 66%
Mais ou menos	- 17%
Não	- 17%

- o curso contribuiu para sua formação pessoal e/ou profissional?

Sim	- 84%
Mais ou menos	- 5%
Não	- 11%

## Conclusões

Tendo em vista o objetivo geral da experiência (desenvolver um curso de Física que evitasse a apresentação fragmentada, irracional e superficial dos conteúdos), pode-se dizer que ela foi bem sucedida. Ou seja, o curso foi desenvolvido de uma forma integrada; os assuntos e as atividades surgiram naturalmente (racionalmente); foram levantadas e discutidas questões pouco usuais a respeito de conceitos fundamentais da Física.

Em relação ao aprendizado dos alunos, tem-se algumas indicações, através das respostas ao questionário final, que o método usado «ajudou a compreender melhor os assuntos» e despertou o interesse. Também ocorreram durante o curso algumas situações de conflito cognitivo que, provavelmente, levaram a um

aprendizado significativo. Dessa forma, avaliações sobre o aprendizado foram apenas de caráter qualitativo.

## Referencias bibliográficas

Arruda, S.M., 1985. *Texto de Física para Agrônomos*, Vol. 1, Publicação Interna, Departamento de Física. Universidade Estadual de Londrina, p. 92.

Gil Pérez, D. e Torregrosa, J.M., 1983. A Model for Problem-Solving in Accordance with Scientific Method-

ology, *Eur. J. Sci. Educ.*, 5, pp. 447-455.

Gil Pérez, D., Torregrosa, J.M. e Senent, F., 1988. El Fracasso en la Resolución de Problemas de Física: una investigación Orientada por Nuevos Supuestos. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), pp. 131-146.

Gil Pérez, D., Dumas-Carré, A., Caillot, M. e Torregrosa, J.M., 1990. Paper and Pencil Problem Solving in the Physical Sciences as a Research Activity, *Stud. In Sci. Educ.*, 18, pp. 137-151.

Klopper, L.F., 1980. Preface: science education in the 1980's, *Science Education*, 64(1), pp. 1-6.

Millar, R. e Driver, R., 1987. Beyond Process, *Stud. in Sci. Educ.*, 14, pp. 33-62.

Salem, S., 1986. Estruturas Conceituais no Ensino de Física. Uma aplicação à eletrostática. Dissertação de Mestrado. IFUSP/FEUSP, Universidade de São Paulo, SP.

SBF, 1981. A Física no Brasil na próxima Década. Sociedade Brasileira de Física, SP.