

Seção Especial: Encontro “Reflexões no Ensino de Física”, SBF/MEC (Brasília, 2005)

Formação inicial de professores de Física: Formar mais! Formar melhor!

(*Physics teachers' initial education: Graduate more! Graduate better!*)

Oto Borges¹

*Colégio Técnico e Programa de Pós-Graduação em Educação: Conhecimento e Inclusão Social,
Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil*

Para melhorar o ensino de Física no Brasil reconheço ser necessário aumentar o número de professores formados anualmente. Mas apenas isso não é o bastante e suficiente; ao mesmo tempo é imprescindível melhorar a formação inicial dos professores. Uso os trabalhos de alguns físicos reconhecidos, um deles agraciado com o prêmio Nobel de Física, para discutir algumas alternativas da melhoria a formação inicial dos professores de Física e que podem ser estendidas ao ensino de Física para outros cursos de graduação

Palavras-chave: formação inicial de professores, ensino científico, ensino de Física.

To improve the teaching of Physics in Brazil I recognize that it is necessary an increase in the number of annually graduated teachers. But this is not enough or sufficient; at the same time it is essential to improve the initial education of teachers. The works of some recognized physicists were used to argue alternatives and principles that could help to improve the initial education of physics teachers. Both can be extended to the teaching of Physics for other undergraduate courses.

Keywords: Teachers' initial education, scientific teaching, Physics teaching.

1. Introdução

Em recente trabalho [1] apresentei alguns argumentos para levantar dúvidas sobre a previsão do INEP de que precisaríamos formar uma enorme quantidade de professores de Física. Para isso discordo da idéia de que todos necessitam e devem estudar Física durante o Ensino Médio. Não retomarei tais argumentos aqui. Pelo contrário, iniciarei reconhecendo que, para melhorar o ensino de Física e de ciências de uma forma geral, precisamos aumentar o número de professores de Física que formamos anualmente. Pretendo abordar a questão de que se por um lado precisamos aumentar a quantidade de professores formados, por outro isso não é suficiente: precisamos mudar a qualidade dos professores formados. Formar mais e formar melhor!

Nos últimos anos, tenho trabalhado com colegas e estudantes no desenvolvimento de currículos e ações capazes de inovar e revigorar o ensino de ciências, no Ensino Fundamental e Médio, com o objetivo de propiciar oportunidades para o desenvolvimento do pensar e do pensamento científicos de nossos estudantes. Nosso grupo se preocupa com os meios, recursos e materiais para implementar esses currículos. Preocupa-se também em como superar as dificuldades e resistências ocasionadas pelos agentes humanos envolvidos nos processos de inovação e desenvolvimento curricular.

Algumas destas dificuldades e resistências, como muitas outras demandas que jogamos sobre as escolas, não são todas oriundas de problemas relacionados ao ensino de Física e a sua melhoria. É forçoso reconhecer que muitas destas são problemas, não das escolas, mas da sociedade como um todo. Apenas para exemplificar, a necessidade de melhorar a remuneração e o status social dos professores não será resolvida sem que a sociedade brasileira supere a enorme desigualdade na distribuição de renda. Alguns dos problemas que apontamos no ensino de Física decorrem da forma como nossa sociedade se organiza, decorrem das idéias e princípios que sustentam essa organização. Por exemplo, a tensão entre ensinar para a aprendizagem conceitual e para a preparação para exames vestibulares. Tal tensão só existe porque criamos em nossa sociedade um mecanismo de exclusão social - o exame vestibular - que tem permanecido imune às críticas e aos questionamentos dos movimentos sociais. Além de distribuir desigualdade social tal mecanismo funciona como um agente curricular poderoso, difuso e resistente ao controle social.

2. Estabelecendo o problema

No caminho da melhoria do ensino de Física, entretanto, há problemas e resistências que podemos e deve-

¹E-mail: oto@coltec.ufmg.br. Apoio: CNPq.

mos enfrentar. Em nosso grupo de pesquisa, entendemos que ao final da educação básica, o estudante deve (i) conhecer os principais modelos da ciência, (ii) ter aprendido a modelar fenômenos, eventos e situações e (iii) ter desenvolvido a capacidade e adquirido o hábito de buscar, avaliar e julgar a qualidade dos argumentos e das evidências disponíveis para a produção de conhecimento novo sobre os fenômenos e problemas tratados [2].

O primeiro desses propósitos está relacionado ao fato de ser amplamente aceito que ao desenvolvermos um entendimento de um evento ou situação nova nós nos baseamos naquilo que já conhecemos. O processo de aquisição de conhecimento envolve o uso de analogias e modelos abstraídos de situações mais familiares. Cientistas e pesquisadores frequentemente recorrem a modelos e à modelagem para criar representações simplificadas e específicas de fenômenos complexos ou não-familiares, para concretizar situações e idéias abstratas, para fazer previsões e formular explicações.

O segundo dos propósitos apresentados advém do crescente interesse em estratégias e currículos que incentivem os estudantes a se envolverem em exercícios de construção, avaliação e revisão de modelos explicativos e que os estimulem a pensar qualitativamente com tais modelos [3]. Aprender ciências, desse ponto de vista, significa construir modelos mais robustos e de maior abrangência sobre o funcionamento e comportamento dos fenômenos e processos tratados.

Já o último propósito focaliza essencialmente o desenvolvimento do pensar científico [2, 4]. Aprender o pensar científico é aprender a pensar uma situação nova ou não-familiar, como o fazem mesmo aquelas pessoas com sólida formação numa certa área ou domínio do conhecimento. Elas avaliam o que sabem sobre aquilo e o que mais precisam saber, baseadas em seus conhecimentos formulam hipóteses mesmo que precárias, avaliam que outras informações precisam obter para melhor compreender o problema, tratam de obter essas informações, tomando o cuidado de avaliar a sua origem, validade e confiabilidade.

Há muitas fontes de dificuldades para se implementar esse tipo de currículo. Uma delas é que, em sua prática docente cotidiana e como regra geral, os professores de Física enfatizam demais a memorização de fatos e fórmulas, assim como a sua aplicação na resolução de exercícios de fim-de-capítulo, em detrimento do desenvolvimento do pensar científico. E eles não fazem isso por mero acaso, mas por estarem reproduzindo a abordagem e os métodos de ensino de Física que vivenciam em sua formação. Reproduzem, pois, o que lhe ensinaram, tácita e inconscientemente, seus ex-professores.

Outra das dificuldades está ligada à abordagem e ao uso dos modelos nos materiais de ensino e na sala de aula. Ao se apresentar um modelo conceitual aos estudantes, os autores de livro-texto, e os professores em

sala de aula, em geral, tomam como certo que os estudantes assimilam o modelo tal como é apresentado. Raramente os modelos são usados como ferramentas efetivas para se pensar sobre sistemas e fenômenos físicos. Os modelos não são explorados como ferramentas para o raciocínio, mas como meros recursos auxiliares para o ensino de fatos e teorias científicas. Aqui também autores e professores reproduzem o modelo de ensino em que foram formados.

Uma terceira dificuldade é que em sala de aula, em geral, os professores não se empenham em desenvolver o pensar científico e em ensinar sobre como planejar e conduzir investigações, em desenvolver as habilidades de argumentação e de comunicação de idéias científicas para pessoas do mesmo nível cultural. Eles não procedem assim por mero acaso, mas por não terem tido acesso a um tipo de ensino que lhes proporcionasse uma base empírica pessoal capaz de servir de modelo a ser imitado nos primeiros anos da profissão. De fato, os professores, em geral, não tiveram, em sua graduação, uma experiência mais autêntica de pensar cientificamente. Não conduziram investigações científicas ou tiveram a experiência de ler e discutir comunicações científicas autênticas. Assim não tiveram uma experiência pessoal sobre como desenvolver as habilidades de argumentação, a capacidade de analisar e tratar dados transformando-os em evidências, avaliar e julgar o poder de convicção das evidências e a habilidade de comunicar seus resultados a outras pessoas. Assim os professores não ensinam isso em suas aulas reproduzindo o ensino que tiveram.

Mas o que há de errado com os professores que formamos? Para estabelecer o problema recorro às palavras de Carl Wieman, ganhador do Premio Nobel de Física de 2001. Mas, não cometo a falácia da falsa autoridade [5]. De fato, Wieman também ganhou o premio de Professor Nacional do Ano de 2004 do Conselho pelo Avanço e Apoio da Educação (na sigla em inglês CASE) e da Fundação Carnegie. Participando de um encontro organizado pelo Departamento de Educação Americano em março de 2004, ele disse [6]:

Nos últimos 500 anos, a ciência avançou rapidamente por se basear em testes experimentais das teorias e das práticas. O ensino de ciências, entretanto, por se guiar principalmente pela tradição e dogma permaneceu em grande parte medieval. A sociedade moderna necessita muito mais. Nossa diversificada população de estudantes merece uma educação de ciências capaz de dotá-los de uma apreciação significativa dos métodos e capacidades da ciência e das amplamente úteis habilidades de resolução de problemas.

O que leva à avaliação de que o ensino de ciências permaneceu medieval? Wieman argumenta que o ensino de ciências não usa as ferramentas que possibilita-

ram o bem sucedido progresso da ciência. Referindo-se aos professores universitários, ele afirma que eles não usam os resultados de pesquisas científicas para melhorar suas práticas educacionais. Como um cientista que acredita no poder e força das pesquisas científicas, Wieman clama por um “ensino científico”. Esse termo designa o tipo de ensino que é abordado com o mesmo rigor que se usa ao se fazer a melhor ciência [7]. Segundo Handelsman *et al.* [7], tal ensino faz uso de estratégias ativas de aprendizagem para engajar o estudante no processo da ciência e de métodos de ensino que foram sistematicamente testados e que se mostraram adequadas para a diversidade de estudantes.

Wieman [6] e Handelsman *et al.* [7] não estão isolados neste aspecto. Já em 1987 David Hestenes diagnosticava o problema. Sobre o ensino universitário de Física praticado pelos cientistas ele afirmou [8]:

eles praticam em sala de aula o que nunca tolerariam em seus laboratórios. No laboratório eles são ávidos para entender o fenômeno e avaliar criticamente as alternativas razoáveis. Mas seu ensino é guiado por crenças infundadas sobre os estudantes e sobre a aprendizagem, as quais quase sempre são erradas ou, na melhor hipótese, parcialmente verdadeiras. Esse tipo de comportamento pode ser desastroso no laboratório, assim como o é na sala de aula. Por que não avaliam suas práticas de ensino com os mesmos padrões de crítica que aplicam a sua pesquisa científica?

Hestenes desafiava seus colegas a considerar os resultados das pesquisas sobre a aprendizagem, principalmente as pesquisas oriundas da ciência cognitiva. Hestenes é um autor particularmente importante por ter elaborado alguns dos melhores instrumentos para diagnosticar o estado de entendimento conceitual de Física entre estudantes universitários norte-americanos. Seus instrumentos forneceram um grande conjunto de dados empíricos, que evidenciam a baixa eficácia das práticas tradicionais adotadas no ensino universitário de Física.

Por último, destaco as contribuições de Eric Mazur, professor de Física Aplicada de Harvard, que desde o início dos anos 90 e concomitantemente às suas pesquisas em Física, faz pesquisas sobre o ensino de Física e sobre as práticas educacionais mais eficazes para garantir que estudantes universitários dominem os conceitos e idéias da Física. Ao descrever um de seus projetos de pesquisa em andamento ele questiona [9]:

O tempo na aula é um recurso precioso, mas quão freqüentemente nós paramos para pensar sobre como ele deve ser usado?

As atividades nas aulas devem meramente transmitir informações que já estão impressas nos livros-texto dos estudantes? Nossos estudantes realmente aprendem durante as aulas, ou eles simplesmente anotam freneticamente qualquer coisa que dizemos, na esperança de, de alguma forma, entender a matéria posteriormente?

Todos os três autores mencionados, físicos reconhecidos na comunidade norte-americana, estão a clamar por mudanças na forma de ensinar para formar não apenas cientistas, mas também aqueles que não atuarão em carreiras científicas nas ciências naturais.

Talvez pelas mesmas razões e por uma outra que apresentarei, esse clamor seja mais importante e necessário para a formação inicial dos professores de Física. No Brasil temos muito poucos dados empíricos confiáveis para afirmar qualquer coisa sobre os conhecimentos dos professores de Física, seja sobre o domínio que têm dos conteúdos e processos da Física, seja dos conteúdos e processos educacionais. Nós temos que nos basear em exames questionáveis, como o exame nacional de cursos ou seu sucessor, como nos concursos públicos das diferentes secretarias de educação, ou em observações eventuais e assistêmicas que fazemos nos contatos com professores em serviço ou recém-formados. No entanto, creio ser mais ou menos consensual que professores de Física recém-formados têm um domínio limitado da Física e dos processos científicos empregados na Física. Ainda que possa citar inúmeros exemplos particulares para ilustrar tal afirmação, deixo de fazê-lo para não exagerar o peso das observações pessoais.

As mesmas observações valem para os conhecimentos das áreas das ciências envolvidas com os processos de ensino e de aprendizagem, com as ciências cognitivas, psicologia educacional, dentre outras. Também se pode dizer o mesmo a respeito dos conhecimentos básicos sobre métodos de ensino e dos chamados conhecimentos pedagógicos do conteúdo [10, 11]. Esses últimos representam, segundo Shulman, um conhecimento específico do professor. Nessa categoria ele inclui as formas mais úteis de representação das idéias, as analogias mais poderosas, as ilustrações, os exemplos, as explicações e as demonstrações para cada um dos tópicos mais regularmente usados em uma disciplina.

Essas afirmações decorrem de um problema mais sério, uma crise no modelo de formação profissional ainda não superada. Nosso modelo de formar professores ainda é o modelo geral de formação profissional adotado nas universidades. Esse modelo, segundo Schön, foi muito bem descrito por Edgar Schein² e consiste de três etapas: ensinar aos estudantes a ciência básica relevante; ensinar a eles a ciência aplicada relevante; dar a

²Schön se refere, sem fornecer a referência, ao livro sobre educação profissional de Edgar Schein, professor emérito da Sloan School do MIT. Provavelmente a referência completa do livro seja: Edgar Schein, *Professional Education: Some New Directions* (McGraw-Hill, New York, 1972).

eles um “practicum” - um espaço para praticar - aonde possam aplicar essa ciência aos fatos cotidianos [12].

Em um livro inspirador [13], Schön argumenta exaustivamente sobre as fraquezas do modelo tradicional de formação profissional e da sua inadequação para formar profissionais capazes de dar respostas aos problemas reais surgidos em seu fazer prático profissional. A vida de qualquer profissional, e não apenas a vida do professor, exige, como argumenta Schön, que o profissional atue nas chamadas zonas indeterminadas da prática, nas quais ele se vê diante de situações de incerteza, confusão e desordem, e nas quais ele não sabe imediatamente qual é o problema. Schön argumenta que a fraqueza essencial desse modelo de formação é a ausência de preparação do profissional para considerar problemas de natureza não-técnica, ou casos únicos, que não se enquadram nos modelos descritos na literatura, ou ainda para considerar situações em que as metas e os valores são conflitantes entre si.

Para além das críticas apontadas por Schön [13], creio que no ensino universitário de Física há um problema mais sério e básico, e que foi detectado por Wieman [6], Hestenes [8] e Mazur [9]: mesmo que o modelo de formação profissional permaneça o mesmo, sua implementação é frágil e não se apoia nos resultados de pesquisas científicas. Em relação a esse último aspecto, não argumentarei mais, apenas relembro é essa a essência dos discursos de Wieman, Mazur e Hestenes. Mas argumento sobre a fragilidade das implementações desse modelo de formação profissional.

Admitamos que o melhor modelo de formação de professores ainda seja esse modelo de três estágios. Então precisamos ensinar a ciência básica relevante aos futuros professores de Física. Imediatamente surge uma questão: mas qual é a ciência básica relevante? Uma resposta imediata é precisamos ensinar Física.

Concordo, mas essa resposta é ilusória, incompleta e apenas parcialmente verdadeira. É ilusória por nos levar a acreditar que nomear uma área de conhecimento significa especificar o que ensinar. Considere as questões: qual a Física que precisamos ensinar? Que princípios, técnicas, modelos, dados, fatos e teorias um professor deve saber? Tais questões foram exploradas por Hestenes [8].

Considere ainda as questões: a Física que um futuro professor deve estudar é a mesma que estuda um futuro físico profissional? Na mesma intensidade e da mesma forma?

Tais questões mostram ser necessário considerar que o professor de Física é um profissional que terá uma atuação distinta do físico profissional. São questões pouco exploradas e discutidas na literatura. Talvez por isso mesmo uma das respostas que temos visto em nosso meio para tais questões é aquela que o professor deve aprender a mesma Física que o futuro físico profissional aprende. Mas, concede, sem que seja necessário desen-

volver habilidades de cálculo similares às desenvolvidas pelo futuro físico profissional. Tal resposta me parece insatisfatória e baseada em preconceito. Ela não considera que o professor de Física participa da comunidade científica de Física, ainda que participe de uma forma distinta daquela dos físicos profissionais.

A resposta é incompleta e apenas parcialmente verdadeira por não reconhecer que um professor precisa ter conhecimentos de outros campos científicos, e que também são campos de ciências básicas ou puras, além da própria Física. Mais ainda, ele não precisa saber isso para ter cultura, mas para desempenhar bem e competentemente seu ofício profissional. É o que reconhecem Wieman [6], Mazur [9], Hestenes [8] e Handelsman *et al.* [7].

Duas observações se tornam necessárias. A primeira é lembrar e enfatizar que os problemas no ensino de Física apontados por esses autores não se limitam à formação de professores, mas ao ensino de Física nas diversas áreas da graduação. A segunda é destacar que as posições dos diversos autores, ainda que concordem no aspecto geral, são distintas umas das outras. Wieman [6], por exemplo, demonstra uma atitude que reconhece a necessidade das ciências cognitivas e das ciências da aprendizagem. Já a atitude de Mazur e de seu grupo [14] destaca a necessidade de um envolvimento da comunidade dos físicos profissionais na pesquisa no ensino de Física e, em particular, dos métodos mais eficazes para se ensinar para o entendimento conceitual.

3. Ensino científico

Mas como superar tais dificuldades? Os autores discutidos anteriormente, em geral, apontam dois caminhos que parecem ser entrelaçados: basear o ensino em métodos e técnicas cientificamente pesquisados, bem como utilizar, de forma mais vigorosa, os recursos proporcionados pelas modernas tecnologias. Wieman fundou um grupo - PHET³ - que produz recursos pedagógicos inovadores. Mazur desenvolve em seu grupo de pesquisa, projetos que abordam quatro temáticas distintas sobre ensino de Física. Hestenes desenvolveu instrumentos de diagnóstico e pesquisa sobre o ensino de Física baseados na idéia de modelamento. Uma posição na mesma linha geral, mas mais ampla, foi apresentada por DeHaan ao discutir a crise na educação em ciências em nível universitário [15]. Ele apontou três direções promissoras para melhoria do ensino: (i) a adoção de praticas e métodos do chamado ensino científico, (ii) a adoção do modelo de formação pela pesquisa na graduação e (iii) o uso das novas tecnologias de informática e de comunicação.

Em relação à terceira direção, não pretendo discutir aqui, pois há uma outra mesa redonda que abordará o assunto. Apenas chamo a atenção para um alerta que

³Trata-se do Physics Education Technology, baseado no Departamento de Física da Universidade do Colorado, em Boulder.

Mazur nos faz: “os métodos de apresentar informação em grandes conferências mudaram ao longo dos anos, indo do quadro-negro ao retroprojeter, da televisão ao computador” [16]. Acrescento a internet e suas diversas tecnologias de comunicação, bem como as técnicas de simulação e visualização. Concordo com Mazur quando ele nos alerta que “o problema com a educação, no entanto, não é o método de apresentação - é a assimilação do material apresentado. Infelizmente a maioria dos usos da tecnologia em educação foca na apresentação da informação” [16]. Na educação presencial quanto na educação a distância o objetivo educacional básico, o desenvolvimento do entendimento conceitual de Física e de outras ciências básicas relevantes para a profissão docente, não pode ser perdido de vista.

Já a graduação universitária baseada na formação pela pesquisa me parece ser uma alternativa possível para proporcionar uma experiência de ciência mais autêntica aos futuros professores de Física. Sua discussão mereceria um maior tempo e espaço. No entanto, ainda que não a discuta aqui, eu considero que só é possível ter um senso adequado na natureza da ciência e dos processos do pensar científico se se tem uma experiência mais autêntica de investigação científica. Ensinar sobre a natureza da ciência tem sido um objetivo educacional muito valorizado nos currículos de ciências para a educação fundamental e média, desenvolvidos a partir do início da década passada. Mas implementar esse tipo de formação pode não ser fácil. Algumas universidades brasileiras, como a UFMG, já reconhecem a experiência de iniciação científica como geradora de créditos para o currículo. Implementar a graduação baseada na pesquisa exigiria, entretanto, ir muito além dessa medida.

A idéia de adotar as práticas e métodos do ensino científico, proposta na primeira direção, ainda que tentadora, é capciosa e, creio que é particularmente exasperadora para físicos e outros cientistas naturais. A razão para isso é que as ciências cognitivas, as ciências da aprendizagem e da educação trabalham com um material mais elusivo, que resiste às grandes sínteses típicas da Física e ciências correlatas. Seus resultados parecem um conjunto de afirmações imprecisas ou vagas. Sua base de evidências também parece frágil e dispersa. Por exemplo, DeHaan [15] apresenta três conjuntos de princípios que, segundo diferentes autores, sintetizam os resultados das pesquisas educacionais relevantes para o ensino de Física na graduação. O primeiro desses conjuntos foi apresentado por Redish [17] em sua conferência ao receber a medalha Millikan, e contém cinco princípios:

- O princípio construtivista: os indivíduos constroem seus conhecimentos processando as informações que recebem e elaborando padrões de associações com os conhecimentos que já possuem.

- O princípio do contexto: O que as pessoas constroem depende do contexto, que inclui seus estados mentais.
- O princípio da mudança: Produzir mudança significativa em padrões bem estabelecidos de associações é difícil, mas pode ser facilitado por vários mecanismos já conhecidos.
- O princípio da função de distribuição: Os indivíduos mostram uma limitada, porém significativa, variação em seus estilos de aprendizagem em diversas dimensões.
- O princípio social da aprendizagem: para a maioria das pessoas, a aprendizagem através de interações sociais ocorre de forma mais efetiva.

O segundo conjunto de princípios foi apresentado por um grupo de cientistas cognitivos, psicólogos, pesquisadores em educação e em educação em ciências, em livro elaborado sob os auspícios do *National Research Council* [18]. Os seguintes princípios são destacados:

- A aprendizagem acompanhada do entendimento é facilitada quando os conhecimentos novos e os prévios estão estruturados em torno dos principais conceitos e princípios da disciplina: currículos que enfatizam a aprendizagem de muitos fatos relativos a uma ampla variedade de temas não ajudam os estudantes a organizarem seus conhecimentos. Os estudantes que falham ao aprender fatos e conceitos de forma profunda não estão sendo capazes de estruturar os que eles aprendem em torno dos princípios centrais da disciplina.
- Os aprendizes usam o que eles já sabem para construir novos entendimentos: os estudantes universitários têm conhecimentos, habilidades e destrezas, crenças, conceitos, concepções e concepções alternativas que influenciam o que e como eles pensam sobre o mundo, sobre como abordam novas aprendizagens e resolvem problemas não familiares. Esses conhecimentos prévios tanto podem levar a erros quanto proporcionar intuições valiosas. O ensino efetivo envolve aferir o que os estudantes já sabem sobre um assunto e encontrar formas de ajudá-los a construir os novos conhecimentos.
- A aprendizagem é facilitada pelo uso de estratégias metacognitivas que identificam, monitoram e regulam os processos cognitivos: os professores podem facilitar o desenvolvimento metacognitivo dando instruções explícitas que focalizam essas habilidades, proporcionando oportunidades aos estudantes para observar seus professores e outros especialistas no conteúdo enquanto resolvem problemas e ainda, tornando visíveis seus pensamentos enquanto trabalham.

- Os estudantes têm diferentes estratégias, abordagens, padrões e estilos de habilidades que resultam da interação entre hereditariedade e cultura: os professores precisam ser sensíveis às diferenças individuais de forma que o ensino e os materiais curriculares sejam adequados às habilidades, base de conhecimentos, preferências e estilos dos estudantes. Na mesma medida, as atividades de avaliação devem levar em conta essa diversidade dos estudantes. Múltiplas formas de medir e de avaliar a aprendizagem e o entendimento fornecem uma imagem melhor de quão bem o estudante se aproxima das metas de aprendizagem.
- As motivações dos estudantes para aprender e sua auto-imagem afetam o que é aprendido, quanto é aprendido e quanto esforço será dedicado à aprendizagem: tarefas muito difíceis podem frustrar, as muito fáceis podem chatear. As estratégias de ensino que dão suporte e encorajam o entendimento conceitual aumentam o interesse dos estudantes e a confiança sobre suas habilidades para aprender um tema particular.
- As práticas e atividades nas quais as pessoas se engajam enquanto aprendem conformam o que é aprendido: ao encontrar um dado conceito em múltiplos contextos os estudantes desenvolvem um entendimento mais profundo do conceito e de como ele pode ser usado e aplicado em outros contextos, ou seja, eles se tornam mais aptos a transferir esse conceito para outras situações não familiares. O ensino baseado em problemas e em casos são duas abordagens que criam oportunidades para os estudantes aplicarem os conceitos em múltiplos contextos reais e em engajarem em prática similares aquelas dos especialistas. A tecnologia serve de veículo para trazer os contextos reais para a sala de aula, através do uso de fontes de informações e bancos de dados autênticos.
- A aprendizagem é facilitada por interações sociais: proporcionar oportunidades para os estudantes articularem suas idéias e seus entendimentos para os colegas, assim como para ouvirem e discutirem as idéias dos outros no contexto da sala de aula é particularmente efetivo para aumentar a aprendizagem conceitual. Não por mero acaso, essa é uma das estratégias básicas pesquisadas e sugeridas por Mazur e seu grupo [14].

As duas listas de princípios não são excludentes, pelo contrário expressam idéias similares, variando na ênfase que dão a certos resultados. DeHaan [15] apresenta uma terceira lista de princípios elaborada por Halpern e Hakel [19]. Não a apresento, pois os dois conjuntos já expostos são suficientes para exemplificar por que considero que a idéia de ensino científico e a leitura

desse tipo de resultado pode ser exasperante para os cientistas naturais.

4. Comentários finais

Os profissionais de ensino universitário costumam apresentar muita resistência a atualizar os métodos de ensino e a realizar leituras da literatura pedagógica. Em geral não reconhecem a base científica dos trabalhos que apresentam esses métodos e tampouco a competência profissional de quem faz esse tipo de pesquisa. Ora, os professores universitários só adotarão as práticas e os métodos do ensino científico, se reconhecerem a competência dos autores dos trabalhos, seu rigor científico e sua seriedade metodológica, e identificarem, além disto tudo, um certo senso de compromisso disciplinar no autor e no trabalho. Isso tem sido apontado por Lillian McDermott [20, 21], que desenvolveu estratégias de pesquisas específicas para obter o reconhecimento de seus pares norte-americanos. A relutância dos professores universitários pode ser um obstáculo muito sério a qualquer tentativa de melhoria da formação dos professores de Física.

Para diminuí-la sugiro que os físicos profissionais que atuam como professores na graduação se aproximem do assunto lendo os escritos de pares que reconheçam como físicos competentes. Os escritos de Mazur, Wieman, Hestenes, McDermott, Redish, por exemplo, oportunidade de reflexão sobre questões de ensino. Essa introdução ao tema me parece mais eficaz por ser mais compreensível para eles. Afinal estarão lendo as revistas de suas organizações, editadas com base em padrões editoriais que reconhecem.

No entanto, gostaria de destacar dois argumentos sempre presentes nos discursos dos professores universitários. O primeiro diz respeito a uma forma de resistir a melhorar as práticas de ensino argumentando que isso demandaria muito tempo e esforço. Ao divulgar a adoção da estratégia de ensino por pares em sua página na internet [22], Mazur destaca que ela é fácil de ser implementada em praticamente todos os assuntos e aulas, não requerendo a re-elaboração de cursos e currículos, e, tampouco, o gasto de tempo e dinheiro. Segundo sua proposta tudo o que ela requer é um conjunto de questões para discussão, que ele disponibiliza, e a disposição de despende algum tempo de sala de aula para as discussões entre os estudantes. Outros métodos pesquisados e sugeridos por Mazur estão na mesma linha. Essa preocupação com uma certa otimização do tempo é importante, pois não se quer a melhoria do ensino às custas da qualidade ou quantidade das pesquisas.

O segundo argumento é que ensinar exige uma certa paixão pelo ensino. Wieman, em seu discurso de agradecimento pelo prêmio de Professor Nacional do Ano, reconhece “eu não tenho uma paixão pelo ensino. Mas eu tenho uma paixão. Uma paixão pela aprendizagem dos estudantes” [23]. Mais à frente ele afirma:

eu também acredito que talvez a mais admirável criação humana seja essa forma de pensar incomum e desafiadora que criamos para estabelecer de forma mais objetiva o conhecimento e a verdade; essa forma de pensar que nós chamamos processo científico. Eu desejo que cada um a aprecie e se beneficie dessa maravilhosa criação intelectual. [23]

O que Wieman está a nos dizer é que ensinar não é algo que apenas os bem-dotados podem fazer bem. Basta desenvolvermos um senso de responsabilidade e de compromisso para com aquilo que mais firmemente acreditamos, a ciência.

Essa abordagem que apontei talvez seja o caminho fácil para a maioria de meus colegas, professores universitários de Física. Há ainda o outro caminho, que considero o mais adequado e correto, um caminho que vale a pena trilhar. É o modelo apontado por Schön [12, 13]. No entanto, reconheço, ele exige mais em disposição e dedicação do professor. Schön propôs um modelo de formação baseado em uma nova perspectiva, que denominou a epistemologia da prática. Schön, em [13] e em [24], dá vários exemplos de como essa perspectiva pode ser utilizada na formação de professores e outros profissionais. Aqui não há tempo ou espaço para expor esse caminho, apenas quero ressaltar que ele tem sido muito estudado e que representa uma tradição cultural que nega o modelo de ensino profissional descrito anteriormente.

Seria um otimista - o que acredito não ser - se esperasse que a epistemologia da prática sequer fosse considerada a como uma alternativa para a formação inicial de professores de Física. Tenho convicção de que é possível formar melhor os professores de Física, e mantenho a esperança de ver isso acontecer, se seus professores universitários de Física escutarem os que lhes dizem seus pares, grandes físicos - Wieman, Mazur, Hestenes, McDermott e tantos outros - e se, em resposta, diminuïrem de forma radical a exposição oral, feita por eles mesmos, de temas que são desenvolvidos, e às vezes de forma muito melhor, nos livros didáticos.

5. Nota adicionada após a revisão

Em maio de 2005, a Associação Americana de Física (APS) lançou um novo periódico especificamente dedicado ao ensino de Física: *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*. Este periódico pretende seguir aos altos padrões editoriais que caracterizam as demais publicações desta importante associação científica de físicos norte-americanos. Esta notícia é auspiciosa e, espero, contribuirá para enfraquecer a relutância dos pesquisadores em Física para com os resultados da pesquisa educacional, ao mesmo

tempo que ajudará a elevar o padrão de rigor e qualidade das psquisas em ensino de Física.

Referências

- [1] Oto Borges, Atas do XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física, Rio de Janeiro, 2005 (SBF, São Paulo, 2005, no prelo). Apresentado na mesa-redonda A Física no Ensino Médio.
- [2] A.T. Borges e Oto Borges, INOVAR - Currículos: Desenvolvendo o Pensar e o Pensamento Científico. Projeto Integrado de Pesquisas, apresentado ao CNPq, julho de 2001.
- [3] B.Y. White e J.R. Frederiksen, in *Artificial Intelligence and Education: Learning Environments and Intelligent Tutoring Systems*, editado por R. Lawler and M. Yazdani (Ablex, Norwood, 1986), p. 281-306.
- [4] A.T. Borges, Oto Borges e Arnaldo Vaz, Anais do II Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, Porto Alegre, 2001, editado por M.A. Moreira. (Abrapec, Bauru, 2001).
- [5] Carl Gustav Hempel, *Filosofia da Ciência Natural* (Zahar, Rio de Janeiro, 1974).
- [6] Carl Wieman, Professional Development and Innovative Tools for Learning Science. In Secretary's Summit on Science Education, 2004, Washington, DC. Disponível em <http://www.ed.gov/rschstat/research/progs/mathscience/wieman.html>.
- [7] J. Handelsman, D. Ebert-May, R. Beichner, P. Bruns, A. Chang, R.L. DeHaan, J. Gentile, S. Lauffer, J. Stewart, S.M. Tilghman e W.B. Wood, *Science* **304**, 521 (2004).
- [8] David Hestenes, *American Journal of Physics* **55**, 440 (1987).
- [9] Mazur Group. Learning Science. Disponível em <http://mazur-www.harvard.edu/education/educationmenu.php>, acesso em 2005.
- [10] L.S. Shulman, *Educational Researcher* **15**, 4 (1986).
- [11] L.S. Shulman, *Harvard Educational Review* **57**, 1 (1987).
- [12] Donald Schön, Address on Educating the Reflective Practitioner to the Meeting of the American Education Research Association, 1997, Washington, DC. Disponível em <http://educ.queensu.ca/~ar/schon87.htm>.
- [13] Donald Schön, *Educating the Reflective Practitioner* (Jossey-Bass, San Francisco, 1987).
- [14] Catherine H. Crouch and Eric Mazur, *American Journal of Physics* **69**, 970 (2001).
- [15] DeHaan, Robert L. *Journal of Science Education and Technology* **14**, 253 (2005).
- [16] Mazur Group. Learning Science. Disponível em <http://mazur-www.harvard.edu/research/detailspage.php?ed=1&rowid=52>, acesso em 2005.
- [17] Edward F. Redish, *American Journal of Physics* **67**, 562 (1999).

- [18] National Research Council, *How People Learn: Brain, Mind, Experience and School*, expanded edition, editado por J.D. Bransford, A.L. Brown and R.R. Cocking. Committee on Developments in the Science of Learning and M.S. Donovan, J.D. Bransford and J.W. Pellegrino (eds) Committee on Learning Research and Educational Practice, Commission on Behavioral and Social Sciences and Education (National Academy Press, Washington, DC, 2000).
- [19] D.F. Halpern and M.F. Hakel, *Change* **35**, 37 (2003).
- [20] Lillian Christie McDermott, *American Journal Physics* **59**, 301 (1991).
- [21] Lillian Christie McDermott, *American Journal Physics* **69**, 11277 (2001).
- [22] Mazur Group. Learning Science. Disponível em <http://mazur-www.harvard.edu/research/detailspage.php?ed=1&rowid=8>, acesso em 2005.
- [23] Carl Wieman, Website of the Council for Advancement and Support of Education, <http://www.case.org/Content/POY/Display.cfm?ContentItemID=4713>.
- [24] Donald Schön (ed) *The Reflective Turn* (Teachers College Press, New York, 1991).