

CONSTRUTIVISMO, CONHECIMENTO CIENTÍFICO E HABILIDADE DIDÁTICA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Alberto VILLANI¹

Jesuina Lopes de Almeida PACCA²

Resumo: Uma visão construtivista do ensino e aprendizagem nos meios didáticos recoloca o problema da formação do professor, ressaltando a importância do seu conhecimento científico e da natureza de sua competência profissional. O trabalho pretende discutir a interferência mútua entre conhecimento científico e habilidade didática na elaboração e execução de um planejamento pedagógico. As considerações baseiam-se em reflexões sobre diferentes situações de ensino, planejadas e conduzidas por nós, que incluem aperfeiçoamento de professores e formação de multiplicadores desse processo, entre outras. Assim, são relacionadas algumas ações concretas, organizadas para contemplar a competência científica e a habilidade didática do professor; ao mesmo tempo são apontadas consequências práticas para a formação regular de professores e para a formação continuada.

Palavras-chave: Formação de professores - Planejamento pedagógico - Conhecimento científico e habilidade didática.

Introdução

O conhecimento do conteúdo específico da disciplina sempre foi considerado um requisito fundamental do professor de Ciências. A imagem tradicional do ensino como transmissão de conhecimentos privilegiava a amplitude e a profundidade do conhecimento do docente relacionando-as diretamente com

1. Professor Associado do Instituto de Física da USP; com auxílio parcial do CNPQ

2. Professora Associada do Instituto de Física da USP; com auxílio parcial da CAPES e do CNPQ

a qualidade da aprendizagem dos estudantes. Nas décadas de 60 e 70 o desenvolvimento de recursos tecnológicos e didáticos quase autônomos e a focalização do professor como gerente dos recursos e fonte de motivação da aprendizagem dos estudantes (Gouveia, 1992) obscureceu de certa forma a importância do conhecimento científico do docente em favor de habilidades de organização. Neste período o Banco Mundial financiou a realização de alguns projetos didáticos considerados “à prova de professor”, nos quais a qualidade do conteúdo ensinado deveria ser garantida pelo material distribuído aos alunos e a coordenação das atividades didáticas ficaria a cargo de monitores preparados mediante cursos de treinamento específico, sem a necessidade de uma longa formação na disciplina específica. As licenciaturas de curta duração, em que o conteúdo específico é bastante restrito para dar lugar aos conteúdos de caráter pedagógico, podem ser consideradas a versão brasileira dessa visão

Em geral, podemos dizer que todas as tentativas de privilegiar ora uma elaboração cuidadosa e articulada do conteúdo a ser aprendido, ora uma metodologia atenta exclusivamente ao desenvolvimento psicológico do estudante, não somente têm reduzido o espaço de ação do professor e perturbado sua sobrevivência profissional mas também têm obtido resultados insatisfatórios quanto à aprendizagem dos estudantes. O recente crescimento de uma visão construtivista de ensino e aprendizagem nos meios didáticos recoloca o problema da formação do professor, ressaltando a importância do seu conhecimento científico e da natureza de sua competência profissional.

Nesta concepção epistemológica o professor tem a tarefa principal de monitorar o crescimento cognitivo e o amadurecimento pessoal dos estudantes, contribuindo para a construção, por parte de cada um, de um conhecimento científico pessoal, com a dupla característica de ser semelhante ao conhecimento científico estabelecido e ter continuidade com a própria ecologia conceitual (Strike & Posner, 1992). Essa construção envolve necessariamente um relativo afastamento das concepções e da visão do senso comum (Viennot, 1979), pelo menos na interpretação das situações e dos fenômenos analisados em sala de aula.

As pesquisas mais recentes têm caracterizado este processo de aprendizagem como extremamente complexo (Niedderer, 1992; Niedderer & Schester, 1992); ao longo da construção do conhecimento adequado coexistem fenôme-

nos de tipo *não linear*, tais como limiares, regressões, rupturas e saltos cognitivos, assim como também fenômenos *evolutivos* tais como a compreensão progressiva de analogias (Brown & Clement, 1992) ou o esclarecimento progressivo da fenomenologia referente a situações físicas (Villani & Orquiza, 1996). Críticas recentes dos modelos tradicionais de mudança conceitual focalizam a importância de elementos de natureza motivacional e salientam a grande dependência entre a estabilidade da aprendizagem dos estudantes e a continuidade no esforço para alcançá-la. Em particular a relação professor-estudantes é considerada como fortemente capaz de influenciar o nível de envolvimento dos estudantes nas tarefas escolares e sua vontade de persistir nelas (Pintrich et al., 1993). Como consequência também a reflexão sobre a natureza da *competência* do professor têm evoluído.

No caso específico do ensino de Ciências no Brasil o número elevado de estudantes em cada classe e a heterogeneidade de suas capacidades e suas formações tem sido um complicador não indiferente do comportamento do professor e de seu processo de escolha e organização das atividades didáticas.

Neste trabalho pretendemos discutir como conhecimento científico e habilidade didática interferem mutuamente na elaboração e execução de um planejamento didático. Nossas considerações baseiam-se nas reflexões desenvolvidas colaborando na elaboração de currículos de Licenciatura, atualizando professores de física em serviço e assessorando sistematicamente professores-monitores em sua tarefa de programar e avaliar cursos para seus colegas professores (Pacca, 1994).

Um ponto de vista teórico

Numa perspectiva construtivista do ensino e da aprendizagem a *competência disciplinar*, ou seja o domínio do conhecimento científico do ponto de vista heurístico-conceitual, experimental e formal (Villani, 1986), e a *habilidade didática*, ou seja a capacidade de proporcionar aos alunos as situações mais favoráveis para seu crescimento intelectual e emocional e de sustentá-los em seu processo de aprendizagem específica, constituem um binômio em contínua interação com resultados variáveis.

1) A Competência Disciplinar

De um lado o domínio do conhecimento científico por parte do professor é importante para poder executar com sucesso as seguintes tarefas:

- a) Reconhecer as *variáveis relevantes e as relações significativas* presentes na análise de um determinado fenômeno ou na solução de um determinado problema e ao mesmo tempo avaliar o grau de *simplificação e de aproximação* na solução do particular problema. A localização e utilização das relações significativas entre as grandezas é essencial para poder tratar e compreender os fenômenos do ponto de vista disciplinar; a consciência do grau de simplificação da representação adotada é fundamental para direcionar uma discussão rumo ao aprofundamento do conhecimento científico.
- b) Compreender a diferença entre a *estrutura lógica* do conhecimento científico e a *organização histórica* de sua produção. A primeira constitui um produto acabado, aonde as ambigüidades e os conflitos foram, na medida do possível, resolvidos e os elementos se relacionam numa forma recursiva. A segunda constitui um processo no qual os pontos essenciais são o aparecimento e a superação das rupturas e dos conflitos, numa situação de coexistência entre o conhecimento velho e o novo. O domínio desta diferença é um instrumento indispensável para o monitoramento do processo de desenvolvimento do conhecimento dos estudantes, que apresenta características em boa parte semelhantes, rumo a apropriação final do conteúdo disciplinar
- c) Distinguir as características do *saber científico* e do *senso comum* sobretudo no que diz respeito a suas estruturas, a suas organização, a suas questões fundamentais, a seus objetivos e a seus valores. De um lado o reconhecimento da estrutura do conhecimento científico é uma condição para a identificação dos pontos-chaves a serem ensinados, permitindo que o professor possa perseguí-los “on-line” durante a atividade didática. De outro lado a aprendizagem estável de um conhecimento científico exige, por parte do estudante, uma mudança conceitual que não se limita aos conceitos e relações entre as grandezas, mas envolve, pelo menos em parte, também a ecologia e a cultura que sustenta a atividade científica, como valores, epistemologia, tipos de questões, maneiras de resolvê-las, etc. Um passo importante rumo

à mudança conceitual é fornecido pelo reconhecimento da inteligibilidade, da plausibilidade e da fertilidade do novo conhecimento (Posner et al., 1982). O docente terá alcançado essa compreensão somente após ter elaborado um conjunto organizado de razões teóricas, experimentais e heurísticas a respeito dessa diferença.

- d) Identificar as *relações incompatíveis* com o conhecimento disciplinar, implícitas nas questões formuladas pelos estudante ou nas suas expressões de modo geral, e caracterizar as *situações* e os *contextos* nos quais mais facilmente estas concepções são utilizadas. Esta característica da competência do professor não costuma ser explicitamente considerada; de fato nota-se que as questões, formuladas pelos professores ou pelos livros didáticos, procuram ser diretas, levando a respostas sem ambigüidades, não estimulando uma análise crítica com exploração mais ampla do problema. Consequentemente a identificação de respostas 'erradas' dos estudantes não tem utilidade prática e a resolução dos problemas não exige uma grande competência disciplinar, por parte do professor. Ao contrário, a formulação de *questões suficientemente ambíguas* para permitirem o aparecimento das concepções alternativas dos estudantes, mas analisadas com suficiente rigor para não fornecerem informações implícitas inadequadas, exige uma visão ampla e aprofundada dos detalhes do conteúdo disciplinar.
- e) Produzir e/ou selecionar um conjunto de *problemas, experimentos, textos e material pedagógico*, adequado à promoção de conflitos cognitivos entre o conhecimento científico e o alternativo manifestado pelos estudantes. A tarefa de promover e desenvolver conflitos cognitivos envolve de um lado o reconhecimento das contradições implícitas no discurso ou nas ações dos estudantes e de outro lado a escolha de atividades que tornem tais conflitos explícitos para os próprios estudantes (Scott et al., 1992; Villani & Orquiza, 1995).
- f) Elaborar *analogias, exemplos e imagens* que facilitem a apropriação do conhecimento científico por parte dos estudantes, e simultaneamente estabeleçam uma ponte entre esse conhecimento e suas idéias espontâneas (Brown & Clement, 1992). Tais pontes permitem de um lado diminuir a distância entre a situação inicial dos estudantes e a meta a ser alcançada e de outro lado permitem que o caminho dos estudantes possa ser articulados em etapas com conquistas provisórias, controladas de perto pela observação contínua (avaliação).

No entanto, não podemos deixar de reconhecer que a grande familiaridade com o conhecimento científico leva, às vezes, a posturas que prejudicam a eficiência didática:

- a) Subestimar as *dificuldades* que se apresentam aos estudantes que não possuem a mesma estrutura conceitual e a mesma cultura do professor. Para este, as relações abstratas e gerais da ciência aparecem quase evidentes, porém tal evidência deriva do conjunto de informações, valores e métodos que sustentam a utilização das mesmas relações.
- b) Ser incapaz de *abandonar*, durante o processo de ensino, o *rigor* das formulações e de trabalhar com *conceituações provisórias e parciais*, mais próximas do conhecimento dos estudantes (Dykstra, 1992; Lemeignan & Weil-Barais, 1994). O privilégio atribuído pelo professor ao conteúdo em detrimento de sua inteligibilidade parece derivar simultaneamente de uma concepção da aprendizagem como recepção passiva e da indiferenciação entre o processo de produção do conhecimento e seu resultado final. Facilmente quem trabalha quotidianamente com a última versão do conhecimento esquece que anteriormente trabalhou-se com material científico mais grosseiro e, às vezes, com sérias limitações e contradições, que somente foram superadas com enorme esforço intelectual e que para isso levou-se um grande período de tempo.

2. A Habilidade Didática

A habilidade didática pode ser expressa como a capacidade de executar com sucesso as seguintes tarefas:

- a) Definir, pelo menos implicitamente, as *metas específicas* a serem atingidas em cada aula. Tais metas, que consistem nas conquistas intelectuais e emocionais essenciais a serem alcançadas pelos estudantes, servirão como guia para orientar e programar 'on-line' as atividades didáticas, ao mesmo tempo em que elas próprias serão reavaliadas a partir dos resultados conseguidos (Villani & Pacca, 1992b).
- b) Elaborar uma *representação dos conhecimentos prévios* dominados pelos estudantes, sejam eles espontâneos e científicos. Tal representação, mesmo que qualitativa e superficial, deve incluir também indícios das possibilidades

efetivas dos estudantes, tanto quanto ao aspecto cognitivo como ao afetivo. A tensão entre esta representação e as metas a serem atingidas constitui a fonte de propostas didáticas continuamente diferentes, tornando-se o maior antídoto contra a rotina no trabalho do professor.

- c) Planejar o *desenvolvimento* das aulas, ou seja propor uma *seqüência a priori* de atividades coerentes com a representação das capacidades dos estudantes e com as metas a serem atingidas; um dos pontos mais importantes dessa seqüência será constituído pelas *avaliações*, produzidas seja para obter informações sobre o processo de aprendizagem dos estudantes, seja para definir o conhecimento por eles adquirido. Este planejamento, que diz respeito a um conjunto significativo de aulas, deverá ser adaptado após cada uma delas, tendo presente as atividades efetivamente desenvolvidas e os resultados efetivamente alcançado.
- d) Fazer com que os alunos dêem a priori um significado favorável à experiência didática. Isso pressupõe a antecipação de um esquema afetivo capaz de organizar significativamente o conjunto das atividades propostas, mesmo daquelas que o aluno não pode compreender completamente. Sem esse sentido a priori dificilmente o processo de aprender continuará vivo e eficiente, tornando-se, ao contrário, uma rotina a ser executada com o mínimo de esforço, para o professor e também para o aluno.
- e) Conduzir as aulas de *maneira eficaz*, adaptando, continuamente e 'on-line', o planejamento às respostas concretas dos estudantes. Esta tarefa tem dois pontos essenciais: de um lado reconhecer os sinais que os alunos fornecem ao longo das atividades, interpretando-os como informações sobre o *significado* por eles atribuídos a cada atividade e sobre o correspondente grau de *envolvimento intelectual e emocional*; de outro lado propor ações que tenham sentido para os estudantes, ou seja que produzam uma ressonância quanto ao conteúdo cognitivo e ao modo de desenvolvimento. Em outras palavras o objeto de discussão deve ter ligações fortes com o que os alunos já conhecem e o modo de condução deve constituir um progressivo desafio para os mesmos.

Também uma grande habilidade didática pode envolver perigos, tais como:

- a) Manter as metas de aprendizagem *sem modificações*, não se preocupando com renovar ou aprimorar seu conteúdo, pode ser resultado de uma grande segurança metodológica do professor. A finalidade do ensino de ciências é

aproximar o estudante do conhecimento científico continuamente reformulado e aumentado e a atuação do professor deve ser coerente com este propósito. As metas devem ser avaliadas quanto a seu mérito em relação ao progresso do conhecimento científico, e quanto à sua coerência em relação às possibilidades dos estudantes

- b) Produzir *situações artificiais*, que estão muito longe de se sustentarem sozinhas na ausência do professor. Uma grande capacidade do professor em envolver os estudantes em atividades didáticas pode produzir situações de excitação intelectual e emocional que têm como subproduto a incapacidade do estudante de auto promover seu próprio desenvolvimento. Os alunos somente aprendem com aquele professor, não tendo desenvolvido a capacidade de aprender sozinhos ou em grupo, por sua própria iniciativa e com seu próprio controle.

A competência do professor é uma soma bastante equilibrada de conhecimento específico da disciplina e do processo de aprendizagem. Dentro da concepção de ensino que considera o estudante protagonista da sua aprendizagem e o professor organizador e orientador deste processo, o planejamento conseqüente e as avaliações devem ser tomados como instrumentos de promoção e de controle da aprendizagem. Este papel está garantido quando o professor é capaz de apresentar em sala de aula comportamentos coerentes com uma interação dialógica contínua entre ele e seus estudantes:

- a) Monitorar o *progresso dos estudantes*, identificando os aspectos e/ou os elementos que se modificam, aproximando-se das metas desejadas, e aqueles que delas se afastam. A complexidade da aprendizagem dos estudantes implica num longo caminho a percorrer, no qual os resultados, as expressões e as considerações progressivas dos estudantes, quando analisadas cuidadosamente e rigorosamente, dificilmente são satisfatórias do ponto de vista científico; por isso é necessário identificar quais modificações nas concepções dos estudantes devem ser encorajadas, porque apresentam sinais de semelhança com o saber disciplinar (Lemeignan & Weil-Barais, 1994), e quais, ao contrário, questionadas, por levarem longe dele. De qualquer forma, tanto o reconhecimento quanto o encorajamento e o questionamento exigem uma grande capacidade de entrar em ressonância com os detalhes do conhecimento científico e de seu desenvolvimento histórico.

b) Interpretar o *discurso e as ações* dos estudantes. Isso significa, de um lado, que as *expressões 'erradas'* dos estudantes devem ser identificadas com suas *concepções alternativas* mais enraizadas, e, de outro lado, que o significado por eles atribuídos a cada atividade bem como o correspondente grau de *envolvimento intelectual e emocional* devem ser identificados com sinais concretos.

c) Auxiliar os estudantes a tomar consciência das *modificações* que ocorrem ao longo de seus processos de aprendizagem. A percepção, por parte dos estudantes, tanto dos aspectos e/ou elementos de seu conhecimento que se modificam, aproximando-se ou afastando-se das metas institucionais, quanto das suas intenções, seus projetos e seu grau de satisfação, que se alteram, resultando numa maior ou menor identificação com as atividades didáticas, constitui um importante auxílio para uma genuína negociação sobre os rumos do trabalho escolar.

d) Promover *discussões abertas e autênticas* com os estudantes, estimulando-os a levantar questões e a detetar e exprimir suas dúvidas e suas dificuldades, assim como a tomar decisões referentes a seu envolvimento intelectual nas tarefas escolares. Esta prática exige um grande domínio do conteúdo disciplinar e uma grande sensibilidade por parte do professor, que, para manter com sucesso o diálogo, deve perceber quais argumentos em favor do conhecimento científico são efetivamente convincente para os seus particulares alunos.

Algumas consequências práticas na formação do professor

A competência profissional do professor de ciências repousa essencialmente na elaboração de uma *síntese*, cada vez renovada, entre a *clareza* das metas científicas a serem atingidas e a *sensibilidade* referente à situação dos estudantes (seu grau de envolvimento, seu conhecimento e suas possibilidades efetivas de evolução). O tempo reduzido que o professor tem para elaborar uma síntese entre suas percepções e seus objetivos, tornam sua profissão essencialmente artesanal e profundamente dependente de suas intuições concretas. O reconhecimento de tais características impõe vínculos significativos ao processo de formação, básica e em serviço, dos professores de ciências (Gil & Carvalho, 1992; Villani & Pacca, 1992c).

1) A Formação Inicial

Para promover a *competência profissional* dos futuros professores, algumas sugestões parecem merecer destaque. Uma análise mais detalhada desse problema poderá ser encontrado em outro trabalho (Villani, 1995).

No que concerne à *competência científica* sugerimos

- a) Uma progressiva *mudança de enfoque* em favor de uma tomada de consciência por parte do futuro professor da importância da competência disciplinar para a atuação didática. Aquilo que é proposto como problema deve ser por ele *reconhecido como significativo* em relação à sua futura atividade didática. Isso implica, por exemplo, no abandono, pelo menos como regra geral, das formulações abstratas das questões (Nachtigall, 1990), em favor da utilização abundante de problemas mais próximos da realidade, capazes de despertar mais o interesse dos estudantes. Também a contínua reflexão sobre o nível de simplificação dos problemas que aparecem nos textos didáticos ou a apresentação de situações sem a especificação inicial dos parâmetros relevantes (Gil et al., 1988), podem ser considerados exemplos significativos dessa tendência.
- b) A procura de *equilíbrio*, no currículo escolar, entre conhecimento teórico, experimental e heurístico, com a perspectiva de um aprofundamento dependendo das preferências dos estudantes. Cada um desses aspectos pode ser o ponto de referência mais apropriado para a elaboração dos pontos essenciais a serem atingidos no trabalho de sala de aula e para a conseqüente estruturação da atividade didática. Em outras palavras a competência científica do futuro professor tem que ser tanto quanto possível, o resultado de uma escolha e de uma construção pessoal que lhe permita programar e reelaborar planejamentos didáticos pessoais.
- c) A promoção de reflexões sobre os *resultados das pesquisas* referentes às concepções alternativas e à mudança conceitual. Parece extremamente útil que o futuro professor conheça detalhadamente, os problemas e os testes utilizados para a obtenção de informações sobre as concepções “erradas”, e as *atividades e estratégias* que possivelmente levam os estudantes a diferenciar suas expressões das concepções científicas (Hewson & Thorley, 1989). O foco dessa atividade de reflexão deve ser a percepção dos detalhes que diferenciam as duas maneiras de analisar um mesmo problema ou fenômeno, - a científica e a alternativa,- permitindo ao

futuro professor se aperfeiçoar na capacidade de seguir o raciocínio dos estudantes e auxiliá-los no processo de aproximação ao conteúdo científico.

- d) Um esforço sistemático, ao longo de toda a formação, para que os futuros professores *levantem questões*, apresentem dúvidas, tragam exemplos, proponham experimentos e, sobretudo, eles próprios discutam tudo isso até esgotar seus conhecimentos e suas possibilidades. Somente se esta prática se tornar familiar, será relativamente fácil, para os futuros professores, implantá-la sem medo em suas respectivas atividades didáticas.

No que diz respeito à *habilidade didática* o ponto essencial a ser desenvolvido durante a formação do professor é o *monitoramento concreto* do processo de planejamento didático. Nos parece que é indispensável oferecer ao futuro professor a possibilidade de experimentar, mesmo que em pequena escala, a elaboração e execução de um planejamento didático, incluindo sua adaptação 'on line' às características dos estudantes e à situação local, e também sua análise após a conclusão da experiência. Em nossa opinião é principalmente durante a análise final que poderá ser explicitado e discutido todo o conhecimento teórico referente à didática das ciências, culminando com a elaboração de um novo planejamento muito mais consciente e coerente com a qualidade da aprendizagem.

Os futuros professores necessitam *vivenciar*, ao longo de todo o currículo, uma interação dialógica com seus docentes e com seus colegas. Isso sugere que sejam valorizadas, durante todo o currículo, as atividades que envolvem o discurso dos estudantes: *debates* durante a resolução de problemas, *defesa* de trabalhos desenvolvidos, *produção* por parte do estudante de um *diário*, endereçado ao professor, contendo suas reflexões e dúvidas, a *elaboração* de *relatórios* sobre atividades práticas desenvolvidas, a serem utilizados por colegas para melhorar sua eficiência. A atenção de docentes e futuros professores deverá ser focalizada sobre o conteúdo explícito e implícito das justificativas proferidas em cada caso, inclusive nas contestações, e sobre a capacidade de convencimento dos modos de argumentar.

2) Formação em Serviço

Certamente um dos problemas cruciais do ensino de ciências no Brasil é a formação de seus professores, que chegam a assumir suas funções com conheci-

mentos extremamente limitados e ambíguos e com uma visão e uma prática de ensino incompatível com os avanços das pesquisas educacionais mais recentes (Villani & Pacca, 1992a). Poder-se-ia pensar em suprir estas deficiências crônicas com cursos de atualização semelhantes aos da primeira formação, ou seja enfrentando inicialmente um aprofundamento do conteúdo e passando sucessivamente para a aplicação em sala de aula. Entretanto isso torna-se praticamente inviável por razões de tempo e de motivação. Nossos professores não têm a disponibilidade material de tempo para o estudo das várias disciplinas que compõem o currículo, nem a disponibilidade psicológica para desenvolver uma atividade que não tenha ligação direta com sua prática profissional. Quase sempre o resultado dos cursos de atualização que propõem uma revisão do conteúdo estudado na graduação é uma frustração para os professores que se sentem incapazes de aplicá-lo em suas aulas. Um análise mais detalhada deste problema encontra-se em outro trabalho (Villani e Pacca, 1996).

Considerando o quadro descrito acima e nossa experiência nesse campo, o problema da atualização da *competência científica* dos professores em serviço pode ser enfrentado de diferentes maneiras. Entretanto todas elas devem reunir atividades cujas orientações estejam voltadas diretamente a prática profissional dos professores, sendo que as modificações desta última devem ser por eles percebidas como podendo ser alcançadas. Uma primeira atividade diz respeito à *discussão do conteúdo científico* implícito no uso dos instrumentos didáticos. Pode-se tratar de um problema, de um texto histórico, de um experimento de laboratório, de um filme didático; em qualquer caso, a discussão tem como objetivo estratégico os professores perceberem que seus conhecimentos científicos são *limitados, desarticulados e mesclados* com conhecimentos de senso comum. A percepção de estar usando concepções espontâneas, mesmo em problemas simples, torna para eles inadiável a necessidade de uma reflexão mais profunda sobre o conteúdo efetivamente dominado e sobre sua coerência. Com isso os professores facilmente ficam motivados para analisarem o conteúdo de maneira detalhada e modificarem sua relação com o mesmo, inclusive discutindo as simplificações e aproximações necessárias para tornar os problemas solúveis ou discutíveis para seus estudantes. O ponto importante a ser salientado nesta atividade é sua finalidade: uma racionalização e compatibilização de seus conhecimentos científicos que leve a uma organização possível. Não

podemos esquecer que, em geral, os professores estão pouco disponíveis para uma problematização e ampliação de seus conhecimentos. Entretanto nos parece que a segurança progressivamente ganha pelos professores ao construir essa nova organização, modifica esta tendência e abre, de fato, a possibilidade de um novo tipo de controle sobre seus alunos de maneira a ouvi-los e a interagir com eles mais dialogicamente (Pacca & Villani, 1996).

Um outro estímulo para o aprofundamento da competência científica vem da prática didática em que o professor incorporou o diálogo sistemático com os estudantes. Nas discussões e tentativas de interpretação das questões e respostas “erradas” dos alunos, os professores devem ser levados a perceber que para seguir um raciocínio a ponto de poder discriminar aquilo que se aproxima daquilo que se afasta do conhecimento a ser aprendido é necessário focalizar o rigor e os detalhes do conteúdo. Em resumo o professor deve estar disposto a realizar uma análise mais aprofundada deste. Até as informações ou considerações dos alunos, sobre as quais o professor tem pouco conhecimento, poderão muitas vezes complementar sua bagagem cultural; mesmo quando as questões ou observações levantadas não têm uma resposta ou uma solução imediata, é possível produzir-se um efeito extremamente positivo sobre o professor, que é obrigado a procurar, fora da sala de aula, uma ampliação de sua competência científica.

A elaboração de um planejamento didático comum que satisfaça algum critério externo, como aplicar a Proposta Curricular (Gouveia, 1992), atender às necessidade de uma comunidade (Pernambuco, 1981) ou aplicar um projeto específico ou uma inovação parece ser propícia para ampliar o conhecimento científico, pois em todos estes casos os professores entram em contato com áreas de conhecimentos para eles novas ou pouco desenvolvidas. O domínio dessas áreas é uma condição indispensável para o domínio da proposta, colocando os professores na perspectiva efetiva de aprender novos conteúdos ou aprofundar os velhos. O problema principal que surge nessas situações é constituído pelas dificuldades específicas enfrentadas primeiro pelos professores durante a aprendizagem das novas propostas e, sucessivamente, pelos seus estudantes, durante a aplicação em sala de aula. Tais dificuldades consistem, prioritariamente, no estabelecimento de uma ponte entre o conhecimento já dominado e o novo que está sendo elaborado, pois sem essa articulação o professor não terá um *domínio* do novo conhecimento na prática da sala de aula. Muitas vezes, sobretudo

durante cursos de atualização de curta duração, os coordenadores estão mais preocupados com a organização de seu ensino do que com a efetiva aprendizagem dos professores, deixando estes últimos sem atingir um domínio prático e a compreensão, mesmo que parcial, da utilização da proposta em sala de aula.

Um outro tipo de atividade particularmente eficiente no desenvolvimento da competência científica do professor é a produção, em grupo, de material didático. Na elaboração de um texto didático, por exemplo, a partir das questões que continuamente surgem em relação a detalhes, os professores são forçados a aprofundar os assuntos, até poderem elaborar propostas que sejam consideradas satisfatórias. Esse nível de aprofundamento é atingido quando o professor, encarregado da elaboração final do texto ou de parte do mesmo, consegue dialogar com seus colegas de grupo, definindo os limites do conteúdo abordado, focalizando sua estrutura e seus pontos essenciais e esclarecendo as questões que permanecem, para ele e para os demais colegas, não resolvidas. De maneira análoga, a produção de experimentos didáticos e de brinquedos instrutivos ou a seleção de textos históricos sobre um determinado tema ou a elaboração de problemas a serem resolvidos, tudo isso remete, inevitavelmente, a discussões sobre o conteúdo científico envolvido e a seu aprofundamento no que diz respeito à prática didática. O único problema deste tipo de atividade é a disponibilidade de tempo necessária para atingir o nível de competência capaz de elaborar um produto satisfatório. Garantida a disponibilidade de tempo, os professores normalmente se envolvem nas tarefas com todas suas energias.

O problema da atualização da *habilidade didática* do professor em serviço envolve a *elaboração, implementação e revisão* do planejamento didático (Pacca & Villani, 1992). Este torna-se o instrumento mediante o qual se procura construir uma ponte entre uma situação inicial dominada pelos conhecimentos espontâneos dos estudantes e uma situação final pretendida pelo professor. Esta ponte é construída passo a passo na sala de aula.

A contribuição mais significativa que podemos oferecer ao professor consiste na análise e reflexão sistemática “on line” sobre sua proposta. Em particular podemos focalizar quanto seu planejamento a) explora o acervo de recursos didáticos disponíveis, e tende a tornar a ação pedagógica motivadora de uma participação intelectual efetiva dos estudantes; b) considera continuamente o

feed-back fornecido pelos estudantes, levantando sistematicamente suas dificuldades e seus progressos ; c) adapta continuamente a ação pedagógica às necessidades dos estudantes e aos recursos disponíveis.

Um segundo tipo de auxílio, capaz de melhorar o planejamento didático do professor, consiste em pô-lo em contato com inovações didáticas e metodológicas (Constable & Long, 1989 e 1991). A promoção e realimentação de conflitos cognitivos (Dreyfus et al., 1990, Villani & Orquiza, 1995), o uso sistemático da História da Ciência na sala de aula (Matthews, 1994), a proposta sistemática de exemplos “ancora”, (Brown & Clement, 1992), a utilização de estratégias gradualistas (Lemeignan & Weil-Barais, 1994), o uso sistemático do laboratório didático, são exemplos de inovações que podem ser propostas e discutidas com os professores de ciências; entretanto, é necessário obedecer a duas condições. A primeira consiste em atingir, por parte dos coordenadores, um delicado equilíbrio entre a *fidelidade* às inovações, necessária para uma sua compreensão efetiva das mesmas, e a *adaptação* às exigências e possibilidades dos professores, que dependem da realidade escolar. A tarefa principal dos coordenadores seria então encontrar os elementos críticos para a assimilação significativa da inovação, promovendo a adaptação das atividades às conseqüências pessoais da proposta e favorecendo seu efeito duradouro. Uma segunda condição seria o uso abundante de *demonstrações e simulações* (exemplos nos quais os professores assumem alternadamente os papéis de alunos e docentes), que se constituíssem, de fato, na referência significativa para a futura aplicação em sala de aula. Exemplos de aplicações em sala de aula registradas em vídeo e simulações didáticas, podem revelar aspectos interessantes e decisivos para a compreensão e aceitação por parte dos professores, da nova proposta e sua incorporação, parcial ou total, em seus planejamentos didáticos.

Um terceiro tipo de assessoria, capaz de promover uma mudança na competência didática, consiste em utilizar os relatos individuais dos professores sobre suas experiências didáticas para focalizar problemas teóricos a elas referentes. A necessidade da construção do conhecimento, a não-linearidade da aprendizagem dos estudantes, a influência da relação entre professor e alunos no ritmo de aprendizagem , a importância teórica da avaliação, a evolução intelectual e afetiva do adolescente, a necessidade de manter uma convergência entre as metas do professor e as dos alunos, etc., constituem temas que podem ser abordados num contexto teórico, sustentando e reforçando a ação didática com um

aprimoramento da reflexão sobre ela. O ponto importante, que torna a teoria significativa para o professor, é que a discussão alcance e ilumine os problemas concretos apresentados, que tornam-se situações passíveis de serem interpretadas de maneira mais geral e coerente com perspectivas de atualização. Este tipo de reflexão tem conseqüências práticas mais visíveis no processo de avaliação e revisão do planejamento didático, no qual são necessários critérios pedagógicos amplos e gerais para poder localizar falhas ou defeitos estruturais.

Finalmente uma maneira de fortalecer o desejo do professor em modificar sua relação com os estudantes consiste em discutir sua prática didática no que diz respeito ao papel assumido pelo aluno. Duas formas diferentes de auxílio e assessoria parecem interessantes e complementares, para modificar tanto a representação quanto a atitude que o professor tem em relação a seus alunos. A primeira, mais simples, consiste no *questionamento* dos relatos dos professores sobre sua prática, pondo em evidência os detalhes que se referem ao relacionamento com seus estudantes: se existe, por parte dos professores, a preocupação em entender as razões e motivações de seus alunos, se estes são considerados como seres pensantes, se lhes são oferecidas opções verdadeiras, se é salientada a originalidade de seus caminhos de aprendizagem. Uma segunda forma consiste em analisar e questionar o comportamento dos professores em sala de aula a partir das *gravações em vídeo* das mesmas. São focalizadas: as condições que oferecem oportunidades de diálogo, as iniciativas tomadas nesta direção, como é aberto espaço para as dúvidas e as reflexões dos estudantes, os momentos nos quais tais condições são exploradas instaurando-se um diálogo efetivo, as ocasiões perdidas, os momentos de ruptura do mesmo. A meta é o professor perceber as características de sua prática efetiva e as implicações da mesma no estabelecimento de um clima favorável ao diálogo.

Referências Bibliográficas

- BROWN, D. & CLEMENT, J. Classroom teaching experiments in mechanics. In: DUIT, R.; GOLDBERG, F.; NIEDDERER, H. (Ed.). Research in physics learning: theoretical issues and empirical studies. Kiel (D): IPN, 1992. p.380-397.
- DREYFUS, A.; JUNGWIRTH, E.; ELIOVITCH, R. Applying the 'Cognitive conflict' strategy for conceptual change:

- some implications, difficulties and problems. Science Education, New York, v.74, n.5, p.555-569, out. 1990.
- DYKSTRA, D. Studying conceptual change: constructing new understanding. In: DUIT, R.; GOLDBERG, F.; NIEDDERER, H. (Ed.). Research in physics learning: theoretical issues and empirical studies. Kiel (D): IPN, 1992. p.40-58
- CONSTABLE, H. & LONG, A.F. Changing science teaching: lessons from a long-term evaluation of a short in-service course. International Journal of Science Education, London, v.13, n.4, p.405-419, ago. 1991.
- _____. Creating professional vocabulary: issues in evaluating and running a short in-service course. Studies in Science Education, Leeds, v.16, p.195-208, 1989.
- GIL, DP.; CARVALHO, A.M.P. Tendencias y experiencias innovadoras en la formación del profesorado de Ciencias. In: TALLER SUBREGIONAL SOBRE FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN DOCENTE EM MATEMÁTICA E CIÊNCIAS, I., Caracas, 1992. (Preprint)
- GIL, D.; MARTINEZ-TORREGROSA, J.; SENENT, F. El fracaso en la resolución de problemas: una investigación orientada por nuevos supuestos. Enseñanza de las Ciencias, Barcelona, v.6, n.2, p.131-146, jun. 1988.
- GOUVEIA, M.S.F. Cursos de ciências para professores de primeiro grau: elementos para uma política de formação continuada. Campinas, 1992. Tese (Doutorado) — Faculdade de Educação da UNICAMP. 290p.
- HEWSON, P.W. & THORLEY, N.R. The conditions of conceptual change in the classroom. International Journal of Science Education, London, v.11, n.5, p.541-553, out. 1989.
- LEMEIGNAN, G. & WEIL-BARAI, A. A developmental approach to cognitive change in mechanics. International Journal of Science Education, London, v.16, n.1, p.99-120, jan. 1994.
- MATTHEWS, M.R. Science teaching: the role of history and philosophy of science. New York: Routledge, 1994. 287p.
- NACHTIGALL, D.K. What is wrong with physics teachers' education. European Journal of Physics, Bristol, v.11, n.1, p.1-14, jan. 1990.
- NIEDDERER, H. What research can contribute to the improvement of classroom teaching. In: THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON PHYSICS TEACHERS' EDUCATION, Dortmund (Germany), 1992. Proceedings. Dortmund: Druck-Service, 1992. p.120-157.
- _____. & SCHESTER, H. Toward an explicit description of cognitive systems for research in physics learning. In: DUIT, R.; GOLDBERG, F.; NIEDDERER, H. (Ed.). Research in physics learning: theoretical issues and empirical studies. Kiel (D): IPN, 1992. p.74-98
- PACCA, J.L.A. A atualização do professor de física do segundo grau: uma proposta. São Paulo, 1994. Tese (Livre-Docência) — Faculdade de Educação da USP. 123p.
- _____. & VILLANI, A. Un curso de actualización y cambios conceptuales en profesores de física. Enseñanza de las Ciencias, Barcelona, v.14, n.1, p.25-33, mar. 1996.

- _____. Estratégias de ensino e mudança conceitual na atualização de professores. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v.14, n.4, p.222-228, dez. 1992.
- PERNAMBUCO, M.M.C.A. Ensino de ciências a partir dos problemas da comunidade. São Paulo, 1981. Dissertação (Mestrado) — Instituto de Física e Faculdade de Educação da USP. 280p.
- PINTRICH, PR.; MARX, R.W. & BOYLE, R.A. Beyond cold conceptual change: the role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. Review of Educational Research, Washington, D.C., v.63, n.2, p.167-199, jun. 1994.
- POSNER, G.J et al. Accomodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change Science Education, New York, v.66, n.2, p.211-227, abr. 1994.
- SCOTT, P.H.; ASOKO, H.M.; DRIVER, R.H. Teaching for conceptual change: a review of strategies. In: DUIT, R.; GOLDBERG, F.; NIEDDERER, H. (Eds.) Research in physics learning: theoretical issues and empirical studies. Kiel (D): IPN, 1992. p.310-329
- STRIKE, K.A. & POSNER, G.J. A revisionistic theory of conceptual change. In: DUSCHL & HAMILTON (Ed.). Philosophy os science, cognitive science and educational theory and practice. Albany, NY: SUNY, 1992. p.147-176
- VIENNOT, L. Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire. Paris: Herman, 1979. 154p.
- VILLANI, A. A competência profissional do professor de ciências e matemática e a responsabilidade da universidade em sua formação. In: ENCONTRO SETORIAL DE GRADUAÇÃO DA UNESP, 2., Lindóia, 1995. Atas. (no prelo)
- _____. Conteúdo científico e problemática educacional na formação do professor de ciência. São Paulo, 1986. Tese (Livre-Docência) — Instituto de Física da USP. 276p.
- _____. & ORQUIZA, L.C. Conflictos cognitivos, experimentos cualitativos y actividades didácticas. Enseñanza de las Ciencias, Barcelona, v.13, n.3, p.279-294, out. 1995.
- _____. Evolución de las representaciones mentales sobre colisiones. Enseñanza de las Ciencias, Barcelona, 1996. (no prelo)
- VILLANI, A.; PACCA, J.L.A. O aperfeiçoamento da competência profissional do profesor de ciências. In: ENCONTRO PESQUISADORESEMENSINO DEFÍSICA, 5, Águas de Lindoia, set. 1996. Atas. (no prelo)
- _____. Atualização de professores de física no Brasil: por que? como? quando? para quem? In: REUNIÃO LATINO AMERICANA DE ENSINO DE FÍSICA, 5., Gramado, Brasil, 1992. Atas. Porto Alegre: IF-UFRGS, 1992a. p.75-93.
- _____. Teoria e prática didática na atualização de professores de física. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v.14, n.2, p.113-119, ago. 1992b.
- _____. What do we learn from updating courses for pre-service training level? In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PHYSICS TEACHERS' EDUCATION, Dortmund, Germany, 1992. Proceedings. Dortmund: Druck-Service, 1992c. p.277-283.

Abstract: A construtivistic view of teaching and learning in the fields of didactic shows the problem on teacher formation, pointing out the scientific knowledge and the professional competence importance. This work intends to discuss the mutual interference between scientific knowledge and didactic ability in elaborating and executing a pedagogical plan for the classes. Considerations are based upon reflections about teaching situations, planned and conducted by ourselves, including teachers updating and formation of multipliers for this process, among others. Then, some concrete actions, organized for dealing with teacher scientific competence and didactic ability, are related; furthermore practical consequences for teacher regular formation and in service updating are showed.

Keywords: Teacher formation - Pedagogical plan - Scientific contest and didactic ability

(Recebido para publicação em 20.10.95
e liberado em 12.08.96)