

É necessária uma profunda revisão da formação – inicial e permanente – dos professores, de forma a incorporar, nessa formação, as aquisições da pesquisa sobre a aprendizagem das Ciências e, em particular, as propostas de orientação construtivista. Visando nos aprofundar nessa problemática, dividimos este livro em duas partes. Na primeira apresentamos as necessidades formativas do professor de

Ciências, dando bastante enfoque à ruptura que esse professor deve ter com as visões simplistas sobre o que seja ensinar Ciências. Ao discutirmos o que o professor deve 'saber' e 'saber fazer' para transformar o pensamento espontâneo do professor, propomos a ideia de uma aprendizagem como construção do conhecimento com as características de uma pesquisa científica. Na segunda parte do livro, em uma visão mais ampla, sugerimos uma análise crítica da formação atual dos professores de Ciências e fazemos uma proposta de reestruturação para os estudos da formação de professores de Ciências.

questões
da nossa
época

volume
28

 **CORTEZ**
EDITORA



 **FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS**

28
Carvalho • Gil-Pérez

FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS

tendências e inovações

Anna Maria Pessoa de Carvalho
Daniel Gil-Pérez

E
educação

10ª edição

questões
da nossa
época

volume
28

 **CORTEZ**
EDITORA

Questões da Nossa Época
Volume 28

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Carvalho, Anna M. Pessoa de
Formação de professores de ciências : tendências e inovações /
Anna M. Pessoa de Carvalho, Daniel Gil-Pérez ; revisão técnica de
Anna Maria Pessoa de Carvalho. -- 10. ed. -- São Paulo : Cortez, 2011.
-- (Questões da nossa época ; v. 28)

Bibliografia.
ISBN 978-85-249-1725-7

1. Ciências - Estudo e ensino 2. Professores de ciências - Formação profissional I. Gil-Pérez, Daniel. II. Título. III. Série.

11-03634

CDD-370.71

Índices para catálogo sistemático:

1. Professores de ciências : Formação profissional :
Educação 370.71

Anna M. Pessoa de Carvalho
Daniel Gil-Pérez

**FORMAÇÃO DE
PROFESSORES
DE CIÊNCIAS**

Tendências e inovações

Revisão técnica de
Anna Maria Pessoa de Carvalho

10ª edição

3ª reimpressão

CORTEZ
EDITORA

Original espanhol: Tendencias y experiencias innovadoras en la formación del profesorado de Ciencias

Anna Maria Pessoa de Carvalho

Daniel Gil-Pérez

Texto originalmente elaborado como parte do I Taller Subregional sobre formación y capacitación docente en Matemática e Ciencias (Caracas, Venezuela, 23 a 27 marzo de 1992). Proyecto sobre Enseñanza de las Ciencias y las Matemáticas em Iberoamérica (IBERCIMA)

Capa: aeroestúdio

Preparação: Solange Martins

Revisão: Maria de Lourdes de Almeida

Tradução: Sandra Valenzuela

Composição: Linea Editora Ltda.

Coordenação editorial: Danilo A. Q. Morales

Nenhuma parte desta obra pode ser reproduzida ou duplicada sem autorização expressa dos autores e do editor.

© 1993 by IBERCIMA/OEI — Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Madrid, España.

Direitos para esta edição

CORTEZ EDITORA

Rua Monte Alegre, 1074 - Perdizes

05014-001 - São Paulo - SP

Tel.: (11) 3864-0111 Fax: (11) 3864-4290

E-mail: cortez@cortezeditora.com.br

www.cortezeditora.com.br

Impresso na Índia - fevereiro de 2014

Sumário

| | |
|------------------|---|
| Prefácio | 7 |
| Introdução | 9 |

PARTE I

Necessidades formativas do professor de ciências

| | |
|--|----|
| 1. A ruptura com visões simplistas sobre o ensino de Ciências | 14 |
| 2. Conhecer a matéria a ser ensinada | 21 |
| 3. Questionar as ideias docentes de "senso comum" sobre o ensino e aprendizagem das Ciências | 27 |
| 4. Adquirir conhecimentos teóricos sobre a aprendizagem das Ciências | 32 |
| 5. Saber analisar criticamente o "ensino tradicional"... | 39 |
| 6. Saber preparar atividades capazes de gerar uma aprendizagem efetiva | 43 |
| 7. Saber dirigir o trabalho dos alunos..... | 51 |
| 8. Saber avaliar | 56 |
| 9. Adquirir a formação necessária para associar ensino e pesquisa didática..... | 62 |

PARTE II

Análise crítica da formação atual dos professores
de ciências e propostas de reestruturação

- | | |
|---|----|
| 1. Análise crítica da formação atual dos professores de Ciências | 66 |
| 2. Propostas de reestruturação para os estudos de formação dos professores de Ciências..... | 73 |
| 3. A didática das Ciências como núcleo articulador | 79 |

ANEXOS**Anexo A**

- | | |
|--|-----|
| Um exemplo de crítica fundamentada do ensino habitual e do pensamento docente espontâneo, e de como conseguir a participação dos professores na construção de propostas alternativas | 89 |
| A didática da resolução de problemas em questão | 90 |
| 1. Provocando um questionamento..... | 90 |
| 2. A necessidade de um questionamento profundo..... | 94 |
| 3. A resolução de problemas como uma pesquisa ... | 100 |

Anexo B

- | | |
|--|-----|
| Um programa de didática das Ciências para a formação dos professores | 108 |
| Referências bibliográficas | 113 |

Prefácio

Programa de ensino de Ciências e Matemática — Projeto IBERCIMA

A educação tornou-se nos últimos anos uma das áreas prioritárias da Cooperação Ibero-Americana. Esse fato deve-se tanto à conscientização sobre o papel que desempenha a educação no desenvolvimento de nossos povos, como à percepção cada vez maior de que, na articulação e consolidação de uma Comunidade Ibero-Americana de Nações, a educação ocupa um papel relevante.

Uma boa amostra do interesse crescente pela cooperação educativa ibero-americana têm sido as Declarações de Guadalajara (1991), Madri (1992) e Salvador (1993) das Cúpulas Ibero-Americanas de Chefes de Estado e de Governo, as quais atribuem uma grande importância à dimensão educativa, como também às Declarações elaboradas pelas Conferências Ibero-Americanas de Ministros da Educação (Guadalupe, 1992, e Salvador, 1993), que desenvolvem e concretizam os principais eixos desta cooperação.

Outra evidência de que esta cooperação entre os países ibero-americanos é já um fato, e está gerando frutos, são os

numerosos projetos iniciados durante estes anos, unindo esforços de diversas instituições. Assim, o Ministério da Educação e Ciência da Espanha e a Organização de Estados Ibero-Americanos para a Educação, Ciência e Cultura (OEI) vêm realizando diversos programas de cooperação educativa de uma forma coordenada, o que os torna mais produtivos e eficazes.

A OEI como organismo de cooperação intergovernamental ibero-americano realiza, desde 1949, programas e projetos em todos os países da área ibero-americana, abarcando diferentes temáticas que vão da democratização da educação até os estudos prospectivos e processos de integração.

O Ministério da Educação e Ciência da Espanha tem incentivado ao longo destes anos a cooperação educativa ibero-americana por meio de diversos programas de formação, intercâmbio de professores, edição de materiais didáticos etc.

O Programa IBERCIMA de Ensino de Ciências e Matemática no nível médio, no qual se baseia o trabalho que ora publicamos, é um bom exemplo de como instituições com fins diversos e que desenvolvem seus próprios programas podem colaborar para atingir um objetivo comum: tornar possível a cooperação educativa e avançar para uma Comunidade Ibero-Americana.

Neste sentido, esta edição que se realiza graças ao interesse da Cortez Editora permitirá difundir alguns dos trabalhos desenvolvidos por este Programa entre especialistas, técnicos e professores de língua portuguesa.

José Toreblanca Pietro

Secretário-Geral da Organização
dos Estados Ibero-Americanos.

Introdução

O presente estudo sobre as tendências e experiências inovadoras na formação do professor de Ciências faz parte do projeto *Ensino de Ciências e Matemática*, promovido pela Organização dos Estados Ibero-Americanos para a Educação, Ciência e Cultura.

O referido projeto centrou-se, em uma primeira fase, na análise das características do ensino ministrado nos países da área e no estudo das tendências e experiências inovadoras, com o objetivo de derivar recomendações capazes de favorecer uma renovação efetiva das estruturas curriculares das Ciências e Matemática. O projeto complementa-se agora com um estudo similar sobre a formação de professores, que inclui novamente análises críticas da situação atual nos países da área, bem como uma visão panorâmica das tendências e experiências inovadoras, como esta que aqui apresentamos para o campo das Ciências.

Convém ressaltar que a Parte II, centrada na formação de professores, constitui um complemento absolutamente necessário dos estudos sobre a renovação do ensino (Carvalho, 1988a). Com efeito, a pesquisa educativa evidenciou

a existência de diferenças marcantes entre o objetivo perseguido pelos estruturadores de currículos e o que os professores levam realmente à prática (Cronin-Jones, 1991). Essas diferenças têm despertado a atenção sobre a influência que os professores exercem no processo de implementação dos currículos. A questão é da maior importância em um campo como o do ensino das Ciências, no qual são previstas — e em parte já se iniciaram — drásticas mudanças curriculares. De fato, existe um grave perigo de que as profundas transformações associadas às orientações construtivistas hoje emergentes (Gil-Pérez, 1991a) fiquem desvirtuadas em sua aplicação concreta: não basta estruturar cuidadosa e fundamentadamente um currículo se o professor não receber um preparo adequado para aplicá-lo.

Contudo, o problema não se resolve apenas proporcionando aos professores instruções mais detalhadas, através de manuais ou cursos *ad hoc*: faz-se necessária uma profunda revisão da formação — inicial e permanente — dos professores, estendendo a mesma às aquisições das pesquisas sobre a aprendizagem das Ciências e, em especial, às propostas da orientação construtivista (Briscoe, 1991).

De acordo com isso, começaremos fundamentando as necessidades formativas do professor a partir do corpo de conhecimentos que a pesquisa didática vem construindo, e abordaremos mais detidamente os diferentes aspectos da referida formação. Incluiremos assim seções específicas abordando questões sobre: o conhecimento da matéria a ser ensinada, os conhecimentos teóricos sobre a aprendizagem das Ciências, a preparação de atividades, a orientação do trabalho dos alunos e a avaliação. Também faremos

referências a aspectos mais raramente levados em consideração, embora, como veremos, essenciais: o conhecimento das concepções espontâneas dos docentes (cujo papel na formação do professor é tanto ou mais relevante que o das concepções espontâneas dos alunos em sua aprendizagem), a análise crítica do ensino “tradicional” (superando as desqualificações simplistas) e a iniciação à pesquisa. Realizaremos, a seguir, uma análise crítica da formação do professor de Ciências em nossos países e abordaremos, por último, algumas propostas de reestruturação que levam em conta as necessidades formativas detectadas. Devemos enfatizar que este estudo centra-se exclusivamente na formação de professores de Ciências para o segundo ciclo do 1º grau (5ª a 8ª séries) e para o 2º grau. O caráter generalista do professor de 1ª a 4ª séries do 1º grau, de um lado, implica um questionamento de sua formação muito distante daquele correspondente ao nosso estudo; por outro lado, a formação do professor universitário de matérias científicas apenas começa a ser contemplado (Viennot, 1989b; Gil-Pérez et al., 1992) e exige um tratamento também específico.

O fio condutor deste trabalho ajustar-se-á ao sumário a seguir.

SUMÁRIO

Parte I: NECESSIDADES FORMATIVAS DO PROFESSOR
DE CIÊNCIAS

1. A ruptura com visões simplistas
2. Conhecer a matéria a ser ensinada
3. Questionar as ideias docentes de "senso comum"
4. Adquirir conhecimentos teóricos sobre a aprendizagem das ciências
5. Saber analisar criticamente o "ensino tradicional"
6. Saber preparar atividades capazes de gerar uma aprendizagem efetiva
7. Saber dirigir o trabalho dos alunos
8. Saber avaliar
9. Adquirir a formação necessária para associar ensino e pesquisa didática

Parte II: ANÁLISE CRÍTICA DA FORMAÇÃO ATUAL DOS
PROFESSORES DE CIÊNCIAS E PROPOSTAS DE
REESTRUTURAÇÃO

1. Análise crítica da formação atual dos professores de Ciências
2. Propostas de reestruturação
3. A Didática das Ciências como núcleo articulador

ANEXOS

Anexo A. Um exemplo de crítica fundamentada no ensino habitual

Anexo B. Um programa de Didática das Ciências para a formação dos professores

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Parte I**Necessidades formativas
do professor de Ciências**

1

A ruptura com visões simplistas sobre o ensino de Ciências

Quando se solicita a um professor em formação ou em exercício que expresse sua opinião sobre “o que nós, professores de Ciências, deveríamos conhecer — em um sentido mais amplo de ‘saber’ e ‘saber fazer’ — para podermos desempenhar nossa tarefa e abordar de forma satisfatória os problemas que esta nos propõe”, as respostas são, em geral, bastante pobres e não incluem muitos dos conhecimentos que a pesquisa destaca hoje como fundamentais (Gil-Pérez et al., 1991c).

Este fato pode ser interpretado como o resultado da pouca familiaridade dos professores com as contribuições da pesquisa e inovação didática e, mais ainda, pode ser interpretado como expressão de uma imagem espontânea do ensino, concebido como algo essencialmente simples, para o qual basta um bom conhecimento da matéria, algo de prática e alguns complementos psicopedagógicos (Furió e Gil-Pérez, 1989; Dumas-Carré et al., 1990).

Pode-se chegar assim à conclusão de que nós, professores de Ciências, não só carecemos de uma formação adequada, mas não somos sequer conscientes das nossas insuficiências. Como consequência, concebe-se a formação do professor como uma transmissão de conhecimentos e destrezas que, contudo, têm demonstrado reiteradamente suas insuficiências na preparação dos alunos e dos próprios professores (Briscoe, 1991).

É possível avançar na solução desta séria contradição quando se tem em vista, na formação dos professores, as orientações construtivistas cuja eficácia é demonstrada na aprendizagem dos alunos (Gené e Gil-Pérez, 1987; Hewson e Hewson, 1987; Tonucci, 1991). Com efeito, o resultado é muito diferente quando esta questão é abordada por equipes de professores na perspectiva de um trabalho de (auto) formação. Nesse caso, a produção dos grupos recolhe, em geral, um grande número dos conhecimentos que a pesquisa aponta como necessários, afastando-se assim de visões simplistas do ensino de Ciências.

É importante assinalar esta diferença, porque mostra até que ponto as carências e os erros que evidenciam nossa formação não são o resultado de incapacidades essenciais, pois ao se proporcionar aos professores a oportunidade de um trabalho coletivo de reflexão, debate e aprofundamento, suas produções podem aproximar-se aos resultados da comunidade científica. Trata-se, então, de orientar o trabalho de formação dos professores como uma pesquisa dirigida, contribuindo assim, de forma funcional e efetiva, para a transformação de suas concepções iniciais.

De fato, insistimos, os grupos de professores realizam contribuições de grande riqueza quando abordam coletiva-

mente a questão do que se deve “saber” e “saber fazer” por parte dos professores de Ciências para ministrar uma docência de qualidade. As diferentes contribuições podem ser agrupadas, em geral, nos oito itens que compõem o Quadro 1, elaborado por nós a partir de uma análise da pesquisa sobre Didática das Ciências realizada ao longo destas duas últimas décadas (Gil-Pérez, 1991b). Convém ressaltar a coerência básica das propostas das equipes de professores com àquelas obtidas pelo trabalho de investigação.

É evidente que as contribuições dos grupos não possuem a clareza nem a profundidade de tratamento que oferecem os trabalhos publicados pelos pesquisadores, no entanto, estas vinculam-se aos aspectos-chaves sobre os quais a pesquisa está insistindo, e permite aos professores encontrar nos trabalhos publicados o reforço e a ampliação de sua própria produção. Além disso, esta pesquisa não se limita apenas a simples expressões gerais como “conhecer a matéria”, ou outras que incluímos, sinteticamente, no Quadro 1.

Nos capítulos seguintes desta Parte I, abordaremos cada um destes blocos de conhecimentos e exporemos mais extensamente as contribuições dos grupos de professores, cuja riqueza mostra até que ponto uma orientação construtivista — baseada, como no caso da aprendizagem dos alunos, no tratamento de situações problemáticas abertas, na formação de equipes cooperativas e nos intercâmbios entre os referidos grupos (Gil-Pérez et al., 1987a; Wheatley, 1991) — pode resultar efetivamente na formação dos professores.

A partir deste ponto de vista, a questão colocada — “quais os conhecimentos que nós, professores de Ciências, precisamos para abordar os problemas que a atividade docente nos impõe (abordando tudo o que se considere fun-

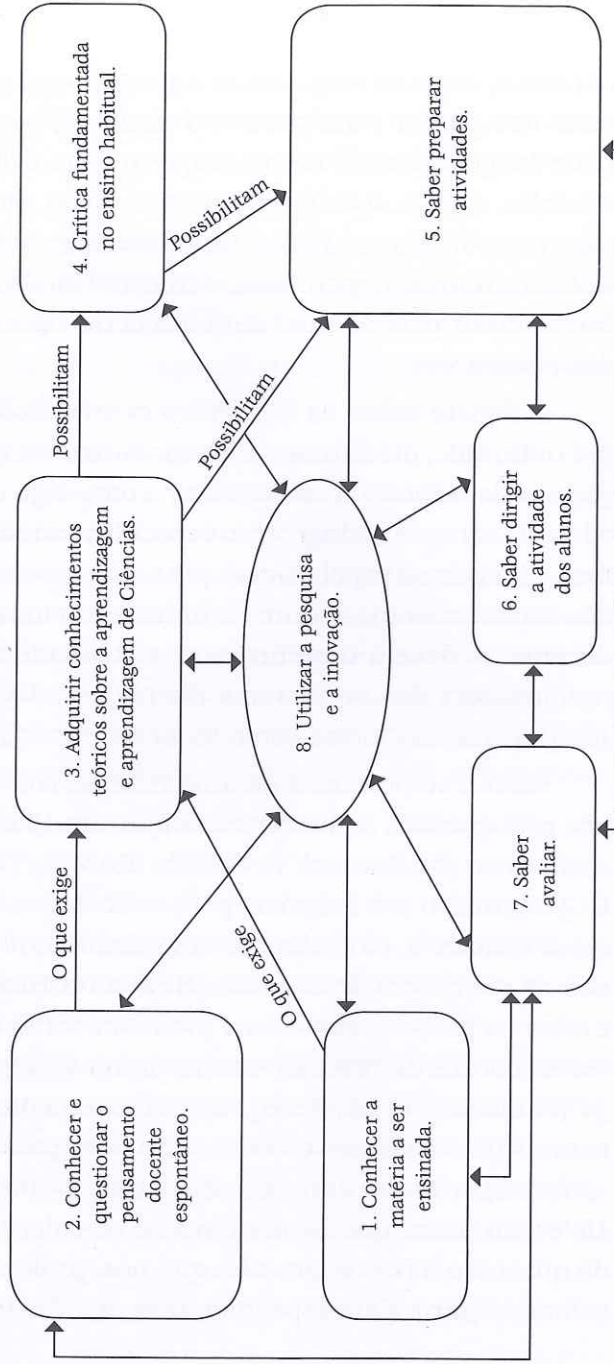
damental, embora sem ater-se a pormenores que possam fazer-nos perder uma perspectiva global)” — dá lugar a contribuições dos diferentes grupos e a um debate em torno delas, que se transforma em um eficaz procedimento para romper com as visões simplistas que cada professor isolado costuma proporcionar, e constitui ainda um possível fio condutor para abordar com um certo rigor a formação dos professores.

O debate sobre as diferentes contribuições permite, por outro lado, discutir as visões condutivistas, que contemplam cada “saber” ou “saber fazer” como algo que se pode adquirir com um treinamento específico proporcionado de fora, e insistir no papel central que no processo de aquisição dos conhecimentos — e, em definitivo, em toda a atividade docente — deverá desempenhar a atividade inovadora e pesquisadora dos professores (Stenhouse, 1975; Gimeno, 1990) da mesma forma como tenta refletir o Quadro 1.

Sobre a importância de uma reflexão como a que propõe esta questão, acrescentamos que, em 1987, a *National Association for Research in Science Teaching* (Washington, DC) organizou um simpósio para estabelecer, à luz da pesquisa educativa, os *conhecimentos e destrezas de que necessitam os professores de Ciências* (Hewson e Hewson, 1988). Embora a preocupação com o professor como um dos fatores essenciais do processo ensino/aprendizagem seja antigo (Brincones et al., 1986), até recentemente os estudos centravam-se nas características do bom professor ou nas “diferenças entre bons e maus professores” (Ausubel, 1978), ao passo que hoje a questão se coloca em termos de quais são os *conhecimentos* que nós, professores, precisamos *adquirir*. Este aspecto é, sem dúvida, importante e

QUADRO 1
O que deverão “saber” e “saber fazer” os professores de Ciências

Proposta baseada, de um lado, na ideia de aprendizagem como construção de conhecimentos com as características de uma pesquisa científica e, de outro, na necessidade de transformar o pensamento espontâneo do professor.



supõe uma superação de concepções essencialistas (um bom professor “é” ou “nasce” como tal) que indicavam ineficazes políticas de seleção mais que processos de formação.

O conjunto de conhecimentos e destrezas proporciona agora uma visão rica e complexa da atividade docente que vai além, em alguns aspectos, do que se costuma indicar como “grandes objetivos” da formação dos professores (Goble e Porter, 1977). Isso deve ser ressaltado, mais uma vez, como um resultado positivo, mas costuma gerar certo mal-estar entre os professores que, em geral, se perguntam se tem sentido esperar que um professor ou professora chegue a possuir tantos conhecimentos como sintetiza o Quadro 1. É evidente que tal é impossível, mas é a própria questão que carece de sentido. Com efeito, qualquer estudo sobre metodologia e epistemologia da Ciência revela certas exigências para o trabalho científico tão amplas como as do trabalho docente; contudo, a nenhum cientista é exigido que possua o conjunto de conhecimentos e destrezas necessários para o desenvolvimento científico: é muito claro que se trata de uma tarefa coletiva. Do mesmo modo, o trabalho docente tampouco é, ou melhor, não deveria ser, uma tarefa isolada, e nenhum professor deve se sentir vencido por um conjunto de saberes que, com certeza, ultrapassam as possibilidades de um ser humano. O essencial é que possa ter-se um trabalho coletivo em todo o processo de ensino/aprendizagem: da preparação das aulas até a avaliação.

Dessa forma, a complexidade da atividade docente deixa de ser vista como um obstáculo à eficácia e um fator de desânimo, para tornar-se um convite a romper com a inércia de um ensino monótono e sem perspectivas, e,

assim, aproveitar a enorme criatividade potencial da atividade docente. Trata-se, enfim, de orientar tal tarefa docente como um trabalho coletivo de inovação, pesquisa e formação permanente.

Estas são, sem dúvida, questões capitais no momento de perguntarmos-nos em que consiste a formação dos professores. Na sequência, verificaremos detidamente os diversos blocos, o que nos permitirá precisar as necessidades formativas dos professores de Ciências e ir aos poucos configurando as linhas de um plano de formação.

Conhecer a matéria a ser ensinada

Se existe um ponto em que há um consenso absolutamente geral entre os professores — quando se propõe a questão do que nós, professores de Ciências, devemos “saber” e “saber fazer” — é, sem dúvida, a importância concedida a um bom conhecimento da matéria a ser ensinada. Isso pode parecer supérfluo, se levarmos em conta que a formação dos professores de Ciências se reduz, com frequência, praticamente aos conteúdos científicos (Furió e Gil-Pérez, 1989). No entanto, esta insistência justifica-se por diversas razões, sobre as quais convém deter-se nas seguintes:

Em primeiro lugar, como reação, quiçá, contra a atenção exclusiva que tradicionalmente tem-se dado aos conteúdos científicos na preparação do professor, geraram-se propostas que relativizavam a importância deste conhecimento, em particular pelo que se refere à Educação do segundo ciclo do 1º grau (de 11 a 14 anos). Pensemos, por exemplo, no plano de formação do professor de Educação

Geral Básica, vigente na Espanha, e nas licenciaturas curtas vigentes no Brasil, durante as duas últimas décadas, com os quais se pretendia (em apenas três anos!) dar uma preparação de professor geral e outra de “especialista” (*sic*) em Biologia, Geologia, Física, Química e Matemática (para alunas e alunos de 11 a 14 anos).

Em segundo lugar, a tônica geral das atividades de formação permanente é deixar de lado o que se refere a conteúdos científicos, admitindo-se, assim, implicitamente, que é suficiente a preparação proporcionada neste aspecto pela formação inicial. No entanto, é cada vez mais evidente que não só essa preparação costuma ser insuficiente (Krasilchik, 1987; Zalamea e París, 1989), mas também que — como demonstraram Tobin e Espinet (1989), a partir de um trabalho de tutoria e assessoramento a professores de Ciências — *uma falta de conhecimentos científicos constitui a principal dificuldade para que os professores afetados se envolvam em atividades inovadoras*. Todos os trabalhos investigativos existentes mostram a gravidade de uma carência de conhecimentos da matéria, o que transforma o professor em um transmissor mecânico dos conteúdos do livro de texto.

É preciso, ainda, chamar a atenção sobre o fato de que algo tão aparentemente claro e homogêneo como “conhecer o conteúdo da disciplina” implica conhecimentos profissionais muito diversos (Bromme, 1988; Coll, 1987) que vão além do que habitualmente se contempla nos cursos universitários e inclui — entre outros que equipes de professores costumam mencionar e que a pesquisa em didática das Ciências já ressaltou — os seguintes (ver resumo no Quadro 2):

Quadro 2

Conhecer a matéria a ser ensinada

- | |
|--|
| A. Conhecer os problemas que originaram a construção dos conhecimentos científicos (sem o que os referidos conhecimentos surgem como construções arbitrárias). Conhecer, em especial, quais foram as dificuldades e obstáculos epistemológicos (o que constitui uma ajuda imprescindível para compreender as dificuldades dos alunos). |
| B. Conhecer as orientações metodológicas empregadas na construção dos conhecimentos, isto é, a forma como os cientistas abordam os problemas, as características mais notáveis de sua atividade, os critérios de validação e aceitação das teorias científicas. |
| C. Conhecer as interações Ciência/Tecnologia/Sociedade associadas à referida construção, sem ignorar o caráter, em geral, dramático, do papel social das Ciências; a necessidade da tomada de decisões. |
| D. Ter algum conhecimento dos desenvolvimentos científicos recentes e suas perspectivas, para poder transmitir uma visão dinâmica, não fechada, da Ciência. Adquirir, do mesmo modo, conhecimentos de outras matérias relacionadas, para poder abordar problemas afins, as interações entre os diferentes campos e os processos de unificação. |
| E. Saber selecionar conteúdos adequados que deem uma visão correta da Ciência e que sejam acessíveis aos alunos e suscetíveis de interesse. |
| F. Estar preparado para aprofundar os conhecimentos e para adquirir outros novos. |

Comentaremos em seguida os diversos aspectos do que entendemos que seja o conhecimento do conteúdo necessário a um professor proporcionando, ao mesmo tempo, algumas referências:

A. *Um professor precisa conhecer a história das Ciências*, não só como um aspecto básico da cultura científica geral (Moreno, 1990), mas, primordialmente, como uma forma de *associar os conhecimentos científicos com os problemas que originaram sua construção* (Bevilacqua e Kennedy, 1983; Carvalho, 1989a; Matthews, 1990), sem o que tais conheci-

mentos apresentam-se como construções arbitrárias (Otero, 1985 e 1989).

Pode-se, assim, *conhecer quais foram as dificuldades, obstáculos epistemológicos* (Bachelard, 1938) que tiveram que ser superados, o que constitui uma ajuda imprescindível para compreender as dificuldades dos alunos (Saltiel e Viennot, 1985), e também como evoluíram os referidos conhecimentos e como chegaram a articular-se em corpos coerentes, evitando assim visões estáticas e dogmáticas que deformam a natureza do trabalho científico (Gagliardi e Giordan, 1986).

B. *Conhecer as orientações metodológicas empregadas na construção dos conhecimentos*, isto é, a forma que os cientistas abordam os problemas, as características mais notáveis de sua atividade, os critérios de validade e aceitação das teorias científicas (Gil-Pérez, 1986). Trata-se de um conhecimento essencial para orientar adequadamente as práticas de laboratório (Gil-Pérez e Payá, 1988; González, 1991), a resolução de problemas (Gil-Pérez et al., 1988) e, em geral, a construção de conhecimentos pelos alunos (Gil-Pérez et al., 1991).

C. *Conhecer as interações Ciência/Tecnologia/Sociedade* associadas à construção de conhecimento, sem ignorar o caráter, em geral, dramático do papel social das Ciências (Gruender e Tobin, 1991), e a necessidade da tomada de decisões (Aikenhead, 1985). Isso torna-se essencial para dar uma imagem correta da Ciência. Com efeito, o trabalho dos homens e mulheres de Ciências — como qualquer outra atividade humana — não tem lugar à margem da sociedade em que vivem, e se vê diretamente afetado pelos problemas e circunstâncias do momento histórico, do mesmo modo que sua ação tem uma clara influência sobre o meio físico

e social em que se insere. Afirmar isto pode parecer supérfluo, no entanto, a ideia de que fazer Ciência é pouco menos que trancar-se em uma torre de marfim — “no mundo dos livros” ou coisa parecida — distanciado da realidade, constitui uma imagem tópica bastante difundida e com a qual nosso ensino lamentavelmente contribui, reduzindo a Ciência à transmissão de conteúdos conceituais e, se muito, treinamento em alguma destreza, deixando de lado os aspectos históricos, sociais etc. que marcam o desenvolvimento científico (Solbes e Vilches, 1989; Jiménez e Otero, 1990).

D. *Ter algum conhecimento dos desenvolvimentos científicos recentes e suas perspectivas* para poder transmitir uma visão dinâmica, não fechada da Ciência. Do mesmo modo, é preciso adquirir conhecimentos de outras áreas relacionadas, para *poder abordar os “problemas-fronteira”, as interações entre os diferentes campos e processos de unificação*. Pode-se evitar assim a imagem das diversas matérias como compartimentos estanques, tão criticada por professores e alunos.

E. Digamos, por último, que um bom conhecimento da matéria significa também, para um docente, *saber selecionar conteúdos adequados* que proporcionem uma visão atual da Ciência e sejam acessíveis aos alunos e suscetíveis de interesse (Piaget, 1969; Hewson e Hewson, 1988; Krasilchik, 1988).

Como assinala Linn (1987), este conhecimento profundo da matéria é fundamental para um ensino eficaz, e sua aquisição não é possível, obviamente, no período sempre breve de uma formação inicial (e muito menos com a orientação atual da mesma). Deveríamos por isso acrescentar um novo aspecto: *a preparação para adquirir novos conhecimentos,*

em função de mudanças curriculares, avanços científicos, questões propostas pelos alunos etc. A formação dos professores deveria assim incluir experiências de tratamento de novos domínios, para os quais não se possui, logo de entrada, a formação científica requerida. Trata-se de uma situação que se apresenta repetidamente ao longo de sua vida profissional e para a qual se requer também uma preparação, tão importante ou mais que o estudo em profundidade de alguns domínios concretos (necessariamente limitados).

Por fim, um bom domínio da matéria constitui-se, *também a partir de um ponto de vista didático*, como algo fundamental. Os próprios alunos são extraordinariamente sensíveis a esse domínio da matéria pelos professores, considerando-o com justiça como um requisito essencial de sua própria aprendizagem (Carrascosa et al., 1990).

Questionar as ideias docentes de "senso comum" sobre o ensino e aprendizagem das ciências

Dentre os grandes capítulos dos conhecimentos que nós, professores de Ciências, necessitamos, como reflexo da complexidade essencial da atividade docente, costumamos nos referir com pormenores e pertinência (como vimos no capítulo anterior) ao conhecimento da matéria. Porém, são igualmente pertinentes — se for fornecido ao professor o tempo e espaço adequados — as referências a outros blocos de conhecimentos, como exporemos nos capítulos seguintes.

Porém, são sempre escassas as referências à necessidade de *conhecer e questionar o pensamento docente espontâneo*. Vale a pena destacar isso porque, se a falta de domínio nos conhecimentos científicos aparece, no estudo realizado por Tobin e Espinet (1989), ao qual nos referimos no capítulo anterior, como um primeiro e grave impedi-

mento para uma atividade docente inovadora e criativa, o referido estudo parece apontar que a segunda dificuldade maior procede daquilo que os professores já sabem (em geral, sem saber que o sabem), daquilo que constitui o "pensamento docente de senso comum". Com efeito, começa-se hoje a compreender que os professores têm ideias, atitudes e comportamentos sobre o ensino, devidos a uma longa formação "ambiental" durante o período em que foram alunos (Gené e Gil-Pérez, 1987; Shuell, 1987; Hewson e Hewson, 1988; Calderhead, 1986; Porlan, 1990). A influência desta formação incidental é enorme porque responde a experiências reiteradas e se adquire de forma não reflexiva como algo natural, óbvio, o chamado "senso comum", escapando assim à crítica e transformando-se em um verdadeiro obstáculo. Prova disso é a ausência, na prática, de referências a este aspecto, inclusive entre os grupos de professores mais produtivos. No entanto, basta que a questão se coloque explicitamente para que se produza uma quase imediata tomada de consciência da importância que este aspecto tem em nossa docência e se multipliquem os exemplos de ideias de "senso comum" que podem bloquear nossa capacidade de renovação do ensino, exemplos estes que, uma vez mais, ligam-se com problemas-chaves do ensino/aprendizagem das Ciências já amplamente constatados na literatura especializada.

No Quadro 3, inserimos alguns exemplos de aspectos a serem questionados no pensamento e comportamento docente espontâneo dos professores de Ciências. A relevância dos mesmos vem respaldada, insistimos, pela abundante literatura existente em torno dos referidos problemas, de onde recolhemos uma pequena seleção.

Quadro 3

Conhecer e questionar o pensamento docente de "senso comum"

Conhecer a existência de um pensamento espontâneo do que é "ensinar Ciências" — fruto de uma impregnação ambiental que torna difícil sua transformação — e analisá-lo criticamente.

A título de exemplo

A. *Questionar a visão simplista do que é a Ciência e o trabalho científico* (Ausubel, 1978; Gil-Pérez, 1983 e 1986; Hodson, 1985; Schibecchi, 1986; Tobin, 1986; Millar e Driver, 1987; Solbes e Vilches, 1989; Porlan, 1990). Questionar em especial a forma em que enfocam os problemas (Gil-Pérez et al., 1988; Gil-Pérez et al., 1989), os trabalhos práticos (Gil-Pérez e Payá, 1988) e a introdução de conceitos (Viennot, 1976; Driver, 1986; Gil-Pérez e Carrascosa, 1990 etc.).

B. *Questionar a redução habitual do aprendizado das Ciências a certos conhecimentos e (se muito) a algumas destrezas, esquecendo aspectos históricos, sociais etc.* (Krasilchik, 1979; Gil-Pérez, 1985; Aikenhead, 1985; Hodson, 1987; Solbes e Vilches, 1989; Jiménez e Otero, 1990 etc.). É essencial questionar a "obrigação de cobrir o programa" (em geral, enciclopédico), o que acaba se transformando num obstáculo para aprofundar devidamente os temas (Piaget, 1969).

C. *Questionar o caráter "natural" do fracasso generalizado dos alunos e alunas nas disciplinas científicas e as expectativas negativas que se derivam: questionar o determinismo biológico — alunos "espertos" e "mediocres" — e o sociológico — nada pode ser feito com alunos "marcados" por meios culturalmente desfavorecidos —* (Rosenthal e Jacobson, 1968; Rivas, 1986). Ser consciente, em particular, de que se tem uma atitude diferente em relação aos alunos e alunas no que se refere à "capacidade" para as Ciências (Spears, 1984; Álvarez e Jiménez, 1989; Jiménez e Álvares, 1991). É preciso, a este respeito, colocar em dúvida a suposta objetividade das avaliações, bem como seu uso quase exclusivo para julgar os alunos (Hoyat, 1962).

D. *Questionar a atribuição de atitudes negativas em relação à Ciência e sua aprendizagem a causas externas* (sociais etc.), ignorando o papel desempenhado pelo tipo de ensino, atitude e expectativas dos professores com relação aos alunos etc. (Rivas, 1986; Simpson e Oliver, 1990).

E. *Questionar o autoritarismo (explícito ou latente) da organização escolar e, no polo oposto, e, simples "laissez-faire"* (Ausubel, 1978; Hodson, 1987).

F. *Questionar o clima generalizado de frustração associado à atividade docente, que ignora as satisfações potenciais que esta atividade comporta como tarefa aberta e criativa* (Gil-Pérez, 1985). Questionar igualmente a ideia oposta de um ensino capaz por si só de "mudar o mundo".

G. *Questionar, em síntese, a ideia de que ensinar é fácil*, bastando alguns conhecimentos científicos, experiência, "senso comum"... ou encontrar a receita adequada. Tomar consciência da necessidade de um trabalho coletivo e de uma concepção teórica que articule as colocações didáticas (Barandiarán, 1988). A Didática das Ciências existe já como campo de pesquisa e docência em rápido desenvolvimento (Aliberas et al., 1989; Astolfi e Develay, 1989; Canal e Porlán, 1988; Fernández Uría, 1979; Furió e Gil-Pérez, 1989; Gutiérrez, 1987; Lucas, 1986; Moreira e Novak, 1988; Serrano, 1987; Shayer e Adey, 1984; Tiberghien, 1985; Viennot, 1989a etc.). Estar consciente da necessidade de ter um bom conhecimento de como se aprende (Resnick, 1983; Novak e Gowin, 1989).

Podemos agora sintetizar este capítulo sobre as ideias, comportamentos e atitudes docentes de "senso comum": de um lado, vimos como professoras e professores de Ciências têm toda uma série de ideias, comportamentos e atitudes em torno dos problemas de ensino/aprendizagem que podem constituir obstáculos para uma atividade docente inovadora, na medida em que se trata de concepções espontâneas, aceitas acriticamente como parte de uma docência de "senso comum". Mas temos visto também exemplos de como uma "reflexão descondicionada", isto é, um trabalho coletivo com um mínimo de profundidade em torno dos problemas colocados, conduz a análises e propostas coincidentes em grande medida com os resultados de toda a pesquisa educativa.

Cabe, pois, conjecturar que as deficiências em nossa preparação docente não constituem nenhum obstáculo intransponível, e que os diferentes problemas podem ser abordados e resolvidos por equipes docentes em um processo criativo e satisfatório. Deste ponto de vista, insistimos, não consideramos necessária, nem conveniente, a transmissão de propostas didáticas, apresentadas como produtos acabados, mas sim favorecer um trabalho de *mudança didática* que

conduza os professores (em formação ou em atividade), a partir de suas próprias concepções, a ampliarem seus recursos e modificarem suas perspectivas.

O esforço para considerar essas concepções espontâneas como hipóteses de trabalho e não como evidências inquestionáveis permite um tratamento dos problemas aberto a novas perspectivas, revelando a necessidade de relacionar os estudos específicos com o corpo de conhecimentos elaborado pela comunidade científica no campo da Didática das Ciências e, por último, transformando a atividade docente em um trabalho criativo de pesquisa e inovação.

4

Adquirir conhecimentos teóricos sobre a aprendizagem das Ciências

O trabalho realizado até aqui nos permite romper com visões simplistas acerca do ensino e da aprendizagem das Ciências e questionar as ideias docentes de senso comum.

A transformação dessas concepções e práticas docentes “espontâneas” não pode conceber-se, é claro, como uma questão de rejeição voluntariosa do “ensino tradicional”, nem como simples retoques em pontos específicos: é preciso não esquecer que o chamado ensino tradicional — isto é, por transmissão de conhecimentos já elaborados — constitui um modelo coerente, muito difundido, que engloba todos os aspectos da aprendizagem das Ciências (Ausubel, 1978; Gil-Pérez, 1983), motivo pelo qual sua transformação exige tanto um conhecimento claro e preciso de suas deficiências como a elaboração de um modelo alternativo igualmente coerente e de maior eficácia geral (não só em algum aspecto específico). Em outras palavras, a chamada

“transformação” exige um tratamento teórico, ou seja, a elaboração de um corpo coerente de conhecimentos, que vai além de aquisições pontuais e dispersas.

É esta exigência de fundamentação teórica na formação dos professores que queremos destacar neste capítulo. Cabe assinalar, no entanto, que em geral se detecta uma rejeição tanto dos professores em formação como daqueles em exercício frente às questões teóricas, considerando, por exemplo, que “não é essencial ter e usar conhecimentos de Psicologia da aprendizagem” (Brincones et al., 1986) ou desconsiderando a influência dos aspectos afetivos, motivacionais etc. (McIntosh e Zeidler, 1988). Isso contrasta, por outro lado, com a favorável acolhida que vêm tendo pesquisas como as realizadas em torno das pré-concepções dos alunos ou do interesse pelas propostas construtivistas.

Em nossa opinião, estas contradições são tão somente aparentes e revelam a rejeição de uma apresentação de conhecimentos teóricos desligada da própria matéria, que não se conecta claramente com problemas percebidos pelos próprios professores (McDermott, 1990). De fato, quando, em vez de limitar-se a apresentações expositivas, se favorece um trabalho cooperativo, no qual os professores e professoras possam abordar questões de interesse para eles, as contribuições teóricas são corretamente valorizadas. Em qualquer caso, insistimos, é preciso romper com tratamentos ateóricos e defender a formação dos professores como aquisição, ou melhor, (re)construção de conhecimentos específicos em torno do processo ensino/aprendizagem das Ciências, que deverão integrar-se em um todo coerente.

Busca-se assim favorecer a reconstrução das aquisições realizadas pela pesquisa sobre Didática das Ciências e que

já apresentamos no documento "Tendencias y experiencias innovadoras de la *Enseñanza de las Ciencias*" (Gil-Pérez, 1991a). O Quadro 4 resume alguns dos conhecimentos teóricos que fundamentam as propostas construtivistas hoje emergentes e que comentaremos brevemente a seguir, remetendo-nos a um tratamento mais extenso do documento citado e às numerosas referências nele incluídas.

Quadro 4

Adquirir conhecimentos teóricos sobre a aprendizagem das Ciências

A. Reconhecer a existência de concepções espontâneas (e sua origem) difíceis de ser substituídas por conhecimentos científicos, senão mediante uma mudança conceitual e metodológica.

B. Saber que os alunos aprendem significativamente construindo conhecimentos, o que exige aproximar a aprendizagem das Ciências às características do trabalho científico.

C. Saber que os conhecimentos são respostas a questões, o que implica propor a aprendizagem a partir de situações problemáticas de interesse para os alunos.

D. Conhecer o caráter social da construção de conhecimentos científicos e saber organizar a aprendizagem de forma consequente.

E. Conhecer a importância que possuem, na aprendizagem das Ciências — isto é, na construção dos conhecimentos científicos —, o ambiente da sala de aula e o das escolas, as expectativas do professor, seu compromisso pessoal com o progresso dos alunos etc.

A. A existência de esquemas conceituais espontâneos é um dos resultados mais solidamente estabelecidos pela pesquisa em Didática das Ciências (Clough e Driver, 1986). Tais esquemas teriam, de certo modo, a categoria de conhecimentos pré-científicos, fruto de uma epistemologia do senso comum (Gil-Pérez e Carrascosa, 1985; Hashweh, 1986), próxima à que explica a constituição da Física aristotélico-

-escolástica, vigente durante mais de vinte séculos, e cuja transformação para a Física clássica não foi precisamente fácil. Uma mínima aproximação à história das Ciências basta para perceber que os conhecimentos científicos não foram construções *ex nihilo*, mas sim que partiram de — e, em geral, enfrentaram-se com — concepções pré-científicas de uma certa coerência. A existência de concepções espontâneas — ou, se se preferir, de concepções pré-científicas — fruto de experiências reiteradas, era algo perfeitamente esperável com que se deveria contar; algo que Bachelard (1938) afirmou com toda a clareza há 50 anos: "Surpreendeu-me sempre que os professores de Ciências, mais que os outros, não compreendam que não se compreenda [...]. Não refletiram sobre o fato de que o adolescente chega à aula de Física com conhecimentos empíricos já constituídos: trata-se, assim, não de *adquirir* uma cultura experimental, e sim mais precisamente de *mudar* de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já acumulados pela vida cotidiana". Obstáculos conceituais e, sobretudo, epistemológicos que obrigam a conceber a aprendizagem como uma mudança conceitual e metodológica (Gil-Pérez e Carrascosa, 1985; Duschl e Gitomer, 1991).

B. As pesquisas sobre as concepções espontâneas dos alunos e a possibilidade de sua passagem para os conhecimentos científicos conduziram ao desenvolvimento das propostas construtivistas (Resnick, 1983; Driver, 1986; Carvalho, 1989 etc), ou seja, à orientação da aprendizagem dos alunos como uma (re)construção de conhecimentos a partir, é claro, de seus conceitos iniciais, que poderão ver-se modificados — como ocorre com os próprios cientistas —, ao longo da pesquisa. Estas propostas construtivistas veem-se

apoiadas por pesquisas procedentes de campos diversos e parecem estar originando um consenso emergente em torno da aprendizagem das Ciências e Matemática (Resnick, 1983; Novak, 1988; Gruender e Tobin, 1991 etc.).

C. Falar de (re)construção de conhecimentos científicos ou, em outras palavras, de pesquisa, supõe considerar a aprendizagem como tratamento de *situações problemáticas* de interesse para os alunos (Gil-Pérez e Martínez-Torregrosa, 1987; Wheatley, 1991). Com efeito, como assinala Bachelard (1938), “todo conhecimento é a resposta a uma questão” e não se pode conceber uma pesquisa que não esteja ligada a problemas que interessem ou preocupem.

D. Organizar a aprendizagem como uma pesquisa exige considerar também o caráter social da construção dos conhecimentos científicos e orientar conseqüentemente a aprendizagem, organizando grupos cooperativos e facilitando os intercâmbios entre eles e o resto da comunidade científica, sendo o professor um “porta-voz de muitos outros pesquisadores” (Gil-Pérez et al., 1991).

O modelo construtivista emergente concretiza-se, portanto, em torno de três elementos básicos: os *programas de atividades* (situações problemáticas suscetíveis de colocar os alunos em uma pesquisa dirigida), *o trabalho em pequenos grupos e os intercâmbios entre os referidos grupos e a comunidade científica* (representada pelo professor, por textos etc.). Configura-se assim o que Wheatley (1991) denomina estratégias de ensino baseadas no “construtivismo radical”, com propostas e fundamentações, nas quais coincidem basicamente com outros autores (Gil-Pérez, 1992; Driver e Oldham, 1986; Burbules e Linn, 1991). A correta caracterização desta nova e pujante orientação exige, no entanto, que se consi-

derem outros aspectos que serão abordados no capítulo seguinte.

E. A atenção aos aspectos afetivos, motivacionais etc. procede, fundamentalmente, do campo da Psicopedagogia Geral, enquanto a relação indissolúvel que, para uma aprendizagem significativa, deve dar-se entre “pensar, agir e sentir” (Moreira e Novak, 1988), tem escapado, em geral, ao professor de Ciências. Constatou-se, inclusive, uma certa rejeição por tomar em consideração o que parece exceder à aprendizagem conceitual (McIntosh e Zeidler, 1988). Não se trata, contudo, de “acrescentar” à tarefa do professor funções próprias de psicólogos ou pedagogos. A mesma similitude entre aprendizagem das Ciências e pesquisa dirige a atenção a outros aspectos indissolúvelmente associados ao trabalho dos cientistas, mas com frequência ausentes nos currículos de educação científica (Solbe e Vilches, 1989; Cobb et al., 1991): referimo-nos a questões como as complexas interações Ciência/Tecnologia/Sociedade (C/T/S), marcadas em geral por contradições e conflitos ou pelo “clima” em que se desenvolve o trabalho científico (grau de institucionalização, existência de equipes capazes de integrar e formar novas gerações de pesquisadores etc.)

A importância destes fatores ambientais aparece de forma clara e com características específicas a partir da orientação construtivista que concebe a aprendizagem das Ciências como uma atividade próxima à pesquisa realizada por “cientistas novatos” em campos em que seu orientador/diretor de pesquisas domina. Nesse caso, acaba sendo, sem dúvida, determinante, entre outros:

- a existência de equipes com especialistas capazes de formar novas gerações de pesquisadores, auxi-

liando-os a abordar problemas de interesse, realizando um acompanhamento atento de sua atividade, proporcionando-lhes um *feedback* adequado e facilitando sua autonomia crescente;

- a capacidade do especialista para transmitir aos novatos expectativas positivas e comunicar-lhes sua própria fascinação pela tarefa;
- as facilidades de intercâmbio entre equipes diferentes;
- a existência de um clima social que propicie e valorize a pesquisa etc.

Todos estes fatores determinam um clima mais ou menos favorável para o desenvolvimento da pesquisa científica e desempenham um papel igualmente determinante em uma aprendizagem das Ciências concebida como pesquisa (Rivas, 1986; Krasilchik, 1988). O que supõe acrescentar à ideia de aprendizagem como mudança conceitual e metodológica a de mudança atitudinal.

Insistamos, para terminar esta breve panorâmica, em que é preciso dar à formação docente dos professores uma orientação teórica que vá além do conhecimento de recursos e “estilos de ensino” (Gabei et al., 1987) ou da aquisição de habilidades específicas: a didática das Ciências constitui um corpo de conhecimentos que tem as mesmas exigências de coerência que qualquer outro domínio científico.

Saber analisar criticamente o “ensino tradicional”

A rejeição pelo “ensino tradicional” costuma expressar-se com contundência, sobretudo por parte dos professores em formação. No entanto, há evidências de que, apesar de todas as repulsas verbais, hoje continua-se fazendo nas aulas de Ciências praticamente o mesmo que há 60 anos (Yager e Penick, 1983). Convém, por isso, mostrar aos professores — durante sua formação inicial ou permanente — até que ponto e, insistimos, à margem de atitudes de rejeição generalizadas, o que eles denominam pejorativamente “ensino tradicional” neles está profundamente impregnado ao longo dos muitos anos em que, como alunos, acompanharam as atuações de seus professores. Trata-se de uma formação ambiental que teve um grande peso por seu caráter reiterado e por não estar submetida a uma crítica explícita, constituindo-se, por isso, em algo “natural”, sem chegar a ser questionada efetivamente. Já fizemos

referência a isso no Capítulo 3, desta Parte 1, ao abordar as ideias docentes de senso comum. Compreende-se então a conveniência de propor uma formação dos professores como uma *mudança didática* que obrigue a tomar consciência da formação docente adquirida ambientalmente e a submetê-la a uma reflexão crítica (Carrascosa et al., 1985; Gené e Gil-Pérez, 1987 e 1988; Hewson e Hewson, 1987 e 1988; Santos, 1993).

É claro que esta mudança didática não é fácil. Não é apenas questão de uma tomada de consciência específica, mas sim exige uma atenção contínua até tornar natural o fato de colocar em questão o que na atividade docente parece óbvio, sua revisão à luz dos resultados da pesquisa educativa etc. Um procedimento que se tem mostrado muito eficaz para mostrar o peso da formação docente ambiental consiste em solicitar dos professores a análise crítica de materiais didáticos concretos, extraídos de livros de texto (introdução de conceitos que não consideram os conhecimentos prévios dos alunos, trabalhos práticos propostos como simples receitas, problemas resolvidos nos quais estão ausentes os aspectos chaves de toda verdadeira resolução de problemas, aplicação dos conhecimentos científicos que ignora os aspectos conflituos das relações Ciência/Sociedade etc.). Através destas análises — nas quais se solicita a cada professor que indique aquilo que lhe parece correto, incorreto, as carências etc. — mostra-se como a rejeição verbal do “ensino tradicional” não se traduz em capacidade para apontar de maneira concreta as carências e defeitos mais graves que, pelo contrário, são aceitos acriticamente: os professores limitam-se a assinalar questões de detalhes, sem questionar as orientações didáticas fun-

damentais (Gil-Pérez e Martínez-Torregrosa, 1984; Gil-Pérez e Payá, 1988).

Estes resultados podem ser utilizados posteriormente — quando o trabalho realizado permitir aos professores proceder análises mais corretas — para proporcionar a constatação do peso do ensino tradicional e até que ponto este impregnou sua ação, devido, de um lado, a seu caráter reiterativo e, do outro, por sua natureza de exemplo vivo, real, muito mais eficaz que qualquer explicação (Furió e Gil-Pérez, 1984). Entende-se, por conseguinte, que, na ausência de alternativas, os professores fazem uso do que adquiriram dessa forma, mesmo se, quando alunos, rejeitassem esse tipo de docência. Isso obriga a que as propostas de renovação sejam também vividas, vistas em ação: somente assim torna-se possível que estas propostas tenham efetividade e que os futuros professores (ou aqueles que estão já em exercício) rompam com a visão unilateral da docência recebida até o momento. De fato, a proposta de uma formação docente como mudança didática exige não apenas mostrar as insuficiências da formação ambiental recebida, mas oferecer, ao mesmo tempo, alternativas realmente viáveis. Trata-se, como vemos, de exigências semelhantes àquelas que se dão para uma mudança de paradigma científico (Kuhn, 1971; Toulmin, 1977). Em qualquer caso, é preciso que ao longo de sua formação os professores e professoras consigam detectar com precisão insuficiências como as que aqui resumimos, a título de exemplo, no Quadro 5.

Quadro 5

Saber analisar criticamente o ensino habitual

| |
|--|
| A. Conhecer as limitações dos habituais currículos enciclopédicos e, ao mesmo tempo, reducionistas (deixando de lado aspectos históricos, sociais etc.). Conhecer e ter em conta que a construção de conhecimentos precisa de tempo. |
| B. Conhecer as limitações da forma habitual de introduzir conhecimentos (esquecer as concepções espontâneas dos alunos, tratamentos puramente operativos etc.). |
| C. Conhecer as limitações dos trabalhos práticos habitualmente propostos (como uma visão deformada do trabalho científico). |
| D. Conhecer as limitações dos problemas habitualmente propostos (simples exercícios repetitivos). |
| E. Conhecer as limitações das formas de avaliação habituais (terminais, limitadas a aspectos conceituais). |
| F. Conhecer as limitações das formas de organização escolar habituais, muito distantes das que podem favorecer um trabalho de pesquisa coletivo. |

No Anexo A, reproduzimos com mais detalhes uma estratégia utilizada para favorecer o questionamento crítico da resolução de problemas. Este constitui um bom exemplo de como pode propor-se uma crítica fundamentada do ensino habitual e do pensamento docente espontâneo e, mais ainda, de como conseguir a participação dos professores na construção de um modelo alternativo.

Saber preparar atividades capazes de gerar uma aprendizagem efetiva

O interesse por saber programar atividades de aprendizagem manifesta-se como uma das necessidades formativas básicas dos professores. Inclusive aqueles que orientam seu ensino como uma transmissão de conhecimentos já elaborados consideram muito conveniente poder completar suas explicações com algum tipo de atividade dos alunos. Esse interesse cresce, é lógico, quando se pretende organizar a aprendizagem como uma construção de conhecimentos por parte dos alunos. Neste caso, já não se trata de preparar algumas atividades, mas de desenhar o desenvolvimento dos temas à base de atividades a serem realizadas pelos alunos (Gil-Pérez e Martínez-Torregrosa, 1987). Como afirmam Driver e Oldham (1986), talvez a mais importante implicação do modelo construtivista seja “conceber o currículo não como um conjunto de conhecimentos e habilidades, mas como o programa de atividades através

das quais esses conhecimentos e habilidades possam ser construídos e adquiridos”.

A partir desta perspectiva, saber preparar programas de atividades (programas de trabalho para uma pesquisa dirigida) transforma-se em prioridade na formação dos professores, para a qual, porém, não existe uma resposta simples, nem pode pensar-se em formalizar sua elaboração mediante esquemas mais ou menos rígidos. Contudo, é necessário evitar também uma elaboração ao acaso que falte um fio condutor. Assim, por exemplo, no caso de Driver e sua equipe da Universidade de Leeds, Inglaterra (Driver, 1986), os programas de atividades ajustam-se a uma estratégia que pode resumir-se em: 1) identificação das ideias dos alunos; 2) colocar em questão as referidas ideias mediante contraexemplos; 3) invenção ou introdução de novos conceitos e 4) utilização das novas ideias em diversos contextos. Trata-se de uma estratégia de mudança conceitual que — como demonstrou Pozo (1989) — é basicamente comum nos modelos de ensino desenvolvidos nos últimos anos (Nusbaum e Novik, 1982; Osborne e Wittrok, 1983; Zylbersztajn, 1983).

De nossa parte, chamamos a atenção sobre o fato de que esta estratégia deve ser aprofundada para torná-la mais coerente com o que supõe a construção de conhecimentos científicos, orientando-a ao tratamento de situações problemáticas mediante um trabalho de pesquisa (Gil-Pérez, 1991). De acordo com esta orientação, a primeira questão a contemplar seria a elaboração de *atividades que proporcionem uma concepção e um interesse preliminar pela tarefa* (Burbules e Linn, 1991). Isso obriga a considerar as ideias, visão de

mundo, destrezas e atitudes que os alunos possam já possuir, de forma a integrá-las com seus interesses (e gerar outros novos), tendo presentes os pré-requisitos para o estudo a realizar etc. O essencial, entretanto, é que os alunos adquiram uma primeira concepção da tarefa a realizar, tarefa esta que deve ser colocada funcionalmente, ou seja, como tratamento de situações problemáticas de interesse; situações que se liguem ao fio condutor estabelecido para o conjunto das disciplinas que proporcionem sentido ao trabalho a ser feito, adquirindo assim o caráter estruturante da tarefa. Insistimos por isso na importância desta fase inicial, à qual convém dedicar o tempo necessário para que os alunos cheguem a ter uma certa ideia da problemática enfrentada e do fio condutor para seu estudo.

O desenvolvimento de um tema pode ser visto agora como o tratamento da problemática proposta, um tratamento que deve ser inicialmente qualitativo — o que constituirá uma excelente ocasião para que os alunos comecem a explicitar funcionalmente suas concepções espontâneas — e que conduza à formulação de problemas mais precisos e à construção de hipóteses que focalizem o estudo a se realizar. É nesta construção de hipóteses que as ideias espontâneas dos alunos podem despontar com maior facilidade, ao mesmo tempo em que o *status* de hipótese de trabalho evita a frequente sensação de questionamento pessoal que a explicitação das “ideias próprias” e posterior confrontação com situações “conflito” gera. Ao falar de construção de hipóteses não nos referimos tão somente a pesquisas experimentais: todo o trabalho de construção de conhecimentos pode propor-se como tratamento de situações

problemáticas. Assim, por exemplo, a introdução de magnitudes como “quantidade de movimento” ou “intensidade de corrente”, possui inicialmente o caráter de uma hipótese de trabalho destinada a ser contrastada através da validade global do corpo de conhecimentos construído com seu uso.

A partir daqui, o contraste das hipóteses suporá o recurso sistemático a atividades características do trabalho científico, como a elaboração de estratégias de resolução (incluídos os desenhos experimentais), a realização de experiências ou a análise dos resultados obtidos. Esta análise dos resultados obtidos pelos alunos e/ou por outros grupos pode, sem dúvida, gerar conflitos cognoscitivos e conduzir à formulação de novas hipóteses que levem à (re)construção das concepções científicas. Estas se produzem, insistimos, de uma forma funcional, como resultado de um tratamento de problemas e não como confrontação entre conceitos “pessoais” e “científicos”. Com efeito, uma característica fundamental do tratamento científico dos problemas é tomar as ideias que se tem — inclusive as mais seguras e óbvias — como simples hipóteses de trabalho que exijam esforço para questionar, imaginando *outras* hipóteses etc. Isso concede um *status* muito diferente às situações de conflito cognoscitivo: já não supõem para os alunos o questionamento *externo* das ideias pessoais, nem a reiterada aceitação das insuficiências do próprio pensamento (com as conseguintes implicações afetivas), mas um trabalho de aprofundamento no qual certas ideias (tomadas como hipóteses) são substituídas por outras (tão pessoais como as anteriores). Não se trata, como se pode ver, de eliminar os conflitos cognoscitivos, e sim de evitar que adquiram o

caráter de uma confrontação entre as ideias próprias (incorretas) e os conhecimentos científicos (externos).

A manipulação reiterativa dos novos conhecimentos em uma variedade de situações — incluídas aquelas que permitem detectar a persistência de concepções espontâneas etc. — tornará possível aprofundar e afiançar os mesmos, mostrando seu caráter de corpo coerente. Pode-se para isso recorrer a atividades que vão desde o estabelecimento de semelhanças e diferenças, limites de validade de expressões e leis, estimação semiquantitativa de quantidades etc., até a resolução de problemas com lápis e papel, abordados como situações abertas à pesquisa no âmbito do corpo de conhecimentos construído. Por outro lado, é necessário ter presente em todo este tratamento as complexas relações Ciência/Tecnologia/Sociedade que demarcam o desenvolvimento científico (Solbes e Vilches, 1989; Krasilchik, 1987; Cobb et al., 1991). Podem incluir-se então atividades muito diversas, como a leitura e discussão de notícias científicas, visitas a laboratórios e fábricas — ou, melhor ainda, estágio de permanência para trabalho nesses locais (Penick e Yager, 1986) — estudo de situações de interesse na vida prática, tomada de decisões e dramatizações em torno de situações conflitivas etc.

Referimo-nos, por último, às atividades que poderíamos denominar de “recapitulação e perspectivas” que deveriam conduzir, na medida do possível, à elaboração de *produtos* destinados a ser apresentados e comentados na classe e/ou, em certas ocasiões expostos a outros grupos (Duschl e Gitomer, 1991). Podemos considerar assim a reelaboração da informação obtida através da construção de esquemas,

sínteses e mapas conceituais (Novak e Gowin, 1983) que permitam aos alunos consolidar uma visão global e dispor de um material adequado para as necessárias revisões. Pode-se pensar também na confecção de artigos, cartazes etc., sobre temas científicos — e, mais precisamente, da relação Ciência/Tecnologia/Sociedade —, a construção de aparelhos científicos simples, a organização de coleções de material científico etc. Na estruturação das atividades, pode-se recorrer ao uso do computador, sob diversas formas — simulação de experiências, modelizações, exercícios de autorregulação e outros (Risley e Redish, 1989; Barberá e Sanjosé, 1990). Não se trata, é claro, de substituir pelo computador a realização de experiências, mas de oferecer novas possibilidades, sem sucumbir — como adverte McDermott (1990) — à pressão de uma publicidade agressiva ou a apresentações atraentes que possam interferir na apreciação objetiva do valor dos programas com que se começa a inundar o mercado.

Convém também ter presente, em todo o planejamento de atividades, o papel que pode desempenhar a história das Ciências, não só para contextualizar os conhecimentos científicos e mostrar sua evolução e as interações Ciência/Tecnologia/Sociedade (Moreno, 1990), mas, fundamentalmente, para tornar possível uma compreensão profunda da matéria estudada e da própria natureza da Ciência (Matthews, 1990).

O Quadro 6 resume esta estratégia de ensino como um tratamento de situações problemáticas mediante programas de atividades (programas de pesquisa).

Quadro 6

Estratégias de ensino para uma aprendizagem como pesquisa

- | |
|---|
| 1. <i>Propor situações problemáticas</i> que — tendo em conta as ideias, visão do mundo, destrezas e atitudes dos alunos e alunas — sejam acessíveis, gerem interesse e proporcionem uma concepção preliminar da tarefa. |
| 2. Propor aos estudantes o <i>estudo qualitativo das situações problemáticas</i> propostas e a tomada de decisões para estabelecer problemas precisos (ocasião para que comecem a explicitar <i>funcionalmente</i> suas ideias). |
| 3. Orientar o tratamento científico dos problemas propostos, o que inclui, entre outros: <ul style="list-style-type: none"> • a invenção de conceitos e emissão de hipóteses (oportunidade para que as ideias prévias sejam utilizadas para fazer previsões); • a elaboração de estratégias de resolução (incluindo, no caso, estruturas experimentais) para contrapor as hipóteses à luz do corpo de conhecimentos de que se dispõe; • a resolução e análise dos resultados, cotejando-os com os obtidos por outros grupos de alunos e pela comunidade científica. Isso pode transformar-se em <i>ocasião de conflito cognoscitivo entre diferentes conceitos (tomados todos como hipóteses)</i>, e obrigar a conceber novas hipóteses etc. |
| 4. Colocar a <i>manipulação reiterada dos novos conhecimentos em uma variedade de situações</i> para tornar possível aprofundar e afiançar os mesmos, dando ênfase especial nas relações Ciência/Tecnologia/Sociedade que demarcam o desenvolvimento científico (propiciando, a este respeito, a tomada de decisões) e dirigindo todo este tratamento a demonstrar o caráter de corpo coerente que toda Ciência apresenta. Favorecer, em especial, as <i>atividades de síntese</i> (esquemas, memórias, mapas conceituais), a <i>elaboração de produtos</i> (susceptíveis de romper com colocações excessivamente escolares e de reforçar o interesse pela tarefa) e a <i>concepção de novos problemas</i> . |

O treinamento dos professores para a estruturação destes programas supõe, sem dúvida, uma das tarefas mais complexas em sua formação. De fato, é possível pensar apenas em uma iniciação, visto que a estrutura de programas de atividades exige um constante trabalho de pesquisa aplicada como parte da atividade docente.

A partir deste ponto de vista, um programa-guia surge como um elemento sempre em (re)elaboração, submetido a retoques, acrescidos e, em geral, com remodelações totais, fruto da experiência obtida em sua aplicação e das novas contribuições da pesquisa didática. Isso supõe, com certeza, mais trabalho para os professores, mas ao mesmo tempo concede a tal trabalho todo o interesse de uma pesquisa, de uma tarefa criativa, o que sem dúvida é um dos requisitos essenciais para uma ação docente eficaz e satisfatória (Gil-Pérez, 1985; Rivas, 1986).

Saber dirigir o trabalho dos alunos

A atividade de uma professora ou de um professor vai muito além, como vemos, do ato de ministrar aulas. Pensemos apenas que a elaboração dos programas das atividades que os alunos deverão realizar (a qual fizemos referência no capítulo anterior) exige um trabalho coletivo de inovação e pesquisa, sem comparação com o que habitualmente se entende por “preparar uma aula”.

Uma visão completa dos conhecimentos que nós, professores de Ciências, necessitamos, permite precisamente — além de abrir novas e enriquecedoras perspectivas para a atividade docente — romper com a assimilação que costuma fazer-se do trabalho dos professores, basicamente, seu horário letivo. Não é exagero insistir nisso, posto que sem um questionamento radical desta assimilação — por parte não só dos próprios professores, mas também pelas autoridades acadêmicas e pela sociedade em geral — não é sequer imaginável a implementação das orientações construtivistas

que concebem a aprendizagem como um processo de pesquisa dirigida.

Esta mudança na apreciação do trabalho do professor não supõe, contudo, menores necessidades formativas no que se refere à atividade da aula propriamente dita. Muito pelo contrário, orientar a aprendizagem como uma pesquisa introduz mudanças profundas no papel do professor e novas exigências formativas, as quais resumimos no Quadro 7.

Pensemos, por exemplo, que se “a formação dos professores não consiste no treinamento de uma série de competências, mas na preparação para que, em um dado contexto, *tomem decisões fundamentadas*” (Gimeno, 1983; Brincones et al., 1986), esta preparação torna-se particularmente necessária quando seu papel deixa de ser o de simples transmissores de conhecimentos para se transformarem em diretores/orientadores de equipes de pesquisa. Neste caso, serão levados a enfrentar continuamente exigências contraditórias: por exemplo, a necessidade de dar tempo suficiente às equipes frente à importância de uma certa fluidez, que evite perdas de atenção (Bromme, 1988).

Os papéis do professor ou professora agora multiplicam-se: deve ocupar-se, entre outros, de facilitar uma comunicação adequada, sem a qual é impossível que o trabalho de cada grupo se veja reforçado e enriquecido pelo das outras equipes (Wheatley, 1991) e pelo da comunidade científica que o próprio professor representa (Gil-Pérez et al., 1991). Além disso, o professor deverá saber valorizar as contribuições dos alunos — reformulando-as adequadamente —, ter já pronta a informação pertinente para que os estudantes possam apreciar a validade de suas construções etc.

Quadro 7

Saber dirigir as atividades dos alunos

| |
|--|
| A. Apresentar adequadamente as atividades a serem realizadas, tornando possível aos alunos adquirir uma concepção global da tarefa e o interesse pela mesma. |
| B. Saber dirigir de forma ordenada as atividades de aprendizagem. Facilitar, em particular, o funcionamento dos pequenos grupos e os intercâmbios enriquecedores, dirigindo adequadamente as observações em comum e tomando decisões fundamentadas no complexo contexto que compõe uma classe. |
| C. Realizar sínteses e reformulações que valorizem as contribuições dos alunos e orientem devidamente o desenvolvimento da tarefa. |
| D. Facilitar de maneira oportuna a informação necessária para que os alunos apreciem a validade de seu trabalho, abrindo-lhes novas perspectivas etc. |
| E. Criar um bom clima de funcionamento da aula, sabendo que uma boa “disciplina” é o resultado de um trabalho interessante e de um relacionamento correto entre professor e alunos, marcados pela cordialidade e a aceitação. |
| F. Contribuir para estabelecer formas de organização escolar que favoreçam interações frutíferas entre a aula, a escola e o meio exterior. |
| G. Saber agir, enfim, como especialista capaz de dirigir o trabalho de várias equipes de “pesquisadores iniciantes” e de transmitir seu próprio interesse pela tarefa e pelos avanços de cada aluno. |

Se por um lado um ambiente escolar organizado constitui um fator essencial das escolas eficazes (Rivas, 1986), onde uma boa disciplina é o resultado de um trabalho interessante e de um relacionamento correto entre professor e alunos, marcados pela cordialidade e a aceitação (Ausubel, 1978) — por outro lado estes fatores tornam-se ainda mais necessários quando se tenta criar um clima de pesquisa coletiva: seria absolutamente impecioso, com efeito, que o professor continuasse desempenhando o papel policial de um “capataz exigente”, característico de situações próximas aos “trabalhos forçados” (Briscoe, 1991; Gil-Pérez et al., 1991).

É imprescindível, se a intenção é proporcionar uma imagem correta do trabalho científico, contribuir com formas de organização escolar que favoreçam interações frutíferas entre a sala de aula, a escola e o meio exterior (Penick e Yager, 1986), o que permite aproximar-se às complexas relações Ciência/Tecnologia/Sociedade, rompendo com a ideia de que fazer Ciência é pouco menos que trancar-se numa torre de marfim.

Citamos, por último, a necessidade de saber apresentar adequadamente as atividades a serem realizadas, para tornar possível que os alunos adquiram uma concepção global da tarefa e um interesse pela mesma. Não se pode pensar, porém, que os alunos deixam de considerar sua atividade como algo puramente “escolar” (na pior acepção do termo) e se envolvam realmente em um trabalho com as exigências de uma pesquisa, se não chegaram a compreender a importância da tarefa e a interessar-se por ela. Mais ainda: para que possam considerar-se membros efetivos de uma equipe de pesquisa, deverão participar da própria fixação dos objetivos. Isto é, às vezes, contestado por aqueles que temem que o desenvolvimento do curso possa ficar à mercê dos interesses subjetivos de pessoas com escassa formação. No entanto, se os alunos trabalharem de forma que se favoreça a objetivação (trabalho em pequenos grupos e discussão geral posterior), terminam elaborando propostas similares à dos próprios professores. Isso exige do professor, é evidente, um trabalho de generalização e reformulação a partir dos enunciados dos alunos, bem como uma cuidadosa preparação da sessão — incluindo o estudo das propostas previsíveis dos alunos — e uma certa habilidade para transformar propostas pessoais em enunciados mais gerais, uma

atitude aberta a novas contribuições etc. Não se trata, como pudemos ver, de um “deixar fazer”, nem tampouco de uma imposição autoritária, incompatível com um real envolvimento dos alunos.

Por fim, trata-se de que o professor saiba agir como orientador das equipes de “pesquisadores iniciantes”, criando um ambiente de trabalho adequado e transmitindo-lhes seu próprio interesse pela tarefa e pelo progresso de cada aluno.

Deliberadamente deixamos de lado a avaliação, que constitui, sem dúvida, uma atividade essencial na direção do trabalho dos alunos. Preferimos, no entanto, dada sua importância, dedicar-lhe uma atenção especial no próximo capítulo.

8

Saber avaliar

É provável que a avaliação seja um dos aspectos do processo ensino/aprendizagem, em que mais se faça necessária uma mudança didática, isto é, um trabalho de formação dos professores, que questione “o que sempre se fez” e favoreça uma reflexão crítica de ideias e comportamentos docentes de “senso comum” muito persistentes (Gil-Pérez et al., 1991). Trata-se, além disso, de um aspecto particularmente importante pois, como já assinalamos no estudo *Tendencias y experiencias innovadoras en la enseñanza de las Ciencias*, numa citação a Linn (1987): “as inovações no currículo não se podem dar por consolidadas se não se refletem em transformações similares na avaliação”. Não é de se estranhar, assim, que a avaliação surja como uma das linhas prioritárias na Didática das Ciências (Tiberghien, 1985; Satterly e Swann, 1988) e uma das preocupações fundamentais dos professores (Brincones et al., 1986).

Com o objetivo de chamar a atenção sobre o peso do pensamento docente espontâneo no campo da avaliação

decidimos propor, em numerosos cursos e seminários para professores em formação inicial ou permanente, “uma única e simples atividade de avaliação”, que consistia em que cada participante avaliasse uma cópia de um mesmo exercício... mas dando-lhes a entender, de forma subliminar, no meio de cada cópia, que o exercício correspondia a um aluno “brilhante” e, a outra metade, a um aluno “mediocre”. A nota média atribuída ao aluno “brilhante” é sistematicamente superior à do aluno “mediocre” (em cerca de dois pontos!) (Alonso et al., 1992c).

Quando os professores e professoras constatarem essas diferenças, produz-se uma autêntica comoção, que é reforçada com o conhecimento de outros numerosos estudos: as notáveis diferenças, por exemplo, entre as pontuações dadas por diferentes professores a um mesmo exercício de Física ou Matemática, bem como entre as notas que o mesmo professor dá aos mesmos exercícios em momentos diferentes (por exemplo, após um intervalo de três meses). Maior importância tem ainda a enorme influência das expectativas do professor: podemos recordar a pesquisa realizada por Spears (1984), que mostra como um mesmo exercício é valorizado sistematicamente de forma mais baixa quando é atribuído a uma aluna do que quando se supõe que é obra de um aluno; ou o “efeito pigmaleão”, que consiste no especial apoio proporcionado aos alunos e alunas considerados brilhantes e que o acabam sendo graças ao impulso e auxílio recebidos (Rosenthal e Jacobson, 1968).

Todos estes resultados questionam a suposta precisão e objetividade da avaliação em um duplo sentido: de um lado, mostram até que ponto as valorizações estão submetidas a amplíssimas margens de incerteza (Hoyat, 1962) e,

por outro, fazem ver que a avaliação constitui um instrumento que afeta decisivamente aquilo que pretende medir; dito de outra forma, nós, professores, não só nos enganamos ao qualificar (dando, por exemplo, pontuações mais baixas em matérias como Física a exercícios que acreditamos feitos por meninas), mas ainda contribuímos para que nossos preconceitos — preconceitos estes de toda a sociedade — se transformem em realidade: as meninas acabam tendo resultados inferiores e atitudes mais negativas com relação à aprendizagem de Física que os meninos; e os alunos considerados medíocres terminam efetivamente sendo-o. A avaliação termina sendo mais que a medida objetiva e precisa de alguns resultados: a expressão de certas expectativas em grande medida subjetivas mas com uma grande influência sobre os alunos (Gil-Pérez et al., 1991).

A experiência mencionada e o conhecimento dos resultados que acabamos de resumir criam as condições para uma reflexão descondicionada acerca das concepções espontâneas sobre a avaliação, levando ao questionamento de numerosas ideias que estão determinando o comportamento habitual dos professores de Ciências, como, por exemplo:

- Torna-se fácil avaliar as matérias científicas com objetividade e precisão (devido à própria natureza dos conhecimentos avaliados).
- O fracasso de uma percentagem significativa de alunos é inevitável em matérias difíceis como as Ciências, que não estão ao alcance de todos. Por isso, um professor que aprova demais faz da disciplina uma “brincadeira” que os alunos não estudam nem valorizam. Em particular convém ser muito exigen-

te ao princípio do curso para evitar que os alunos fiquem confiantes em demasia.

- Esse fracasso de uma porcentagem elevada de alunos pode ser atribuído a fatores externos à escola: capacidade intelectual, ambiente familiar etc.
- Uma prova bem elaborada deve ser discriminatória e produzir uma distribuição das notas de tipo gaussiano, centrada no cinco.
- A função essencial da avaliação é medir a capacidade e o aproveitamento dos alunos, destinando-lhes uma pontuação que sirva de base objetiva para as promoções e seleções. Frente a esta concepção surge, em um certo setor dos professores, a rejeição da avaliação como expressão de seleção classificatória e de autoritarismo.

A partir desta análise crítica abre-se a possibilidade de um questionamento das funções e formas da avaliação para que seja coerente com o âmbito construtivista que preside hoje a renovação do ensino das Ciências (ver Quadro 8). Deste ponto de vista é difícil encontrar funcionalidade em uma avaliação baseada apenas no julgamento “objetivo” e terminal do trabalho realizado por cada aluno. Pelo contrário, como formador de pesquisadores novatos, o professor deve considerar-se corresponsável pelos resultados que estes obtiverem: não pode situar-se frente a eles, mas com eles; sua pergunta não pode ser “quem merece uma valorização positiva e quem não”, mas “que ajuda precisa cada um para continuar avançando e alcançar os resultados desejados”. O professor deve conseguir transmitir seu

interesse pelo progresso dos alunos e seu convencimento de que um trabalho adequado terminará produzindo os resultados desejados, inclusive se no início surgirem dificuldades.

Quadro 8

Saber avaliar

A. Conceber e utilizar a avaliação como instrumento de aprendizagem que permita fornecer um *feedback* adequado para promover o avanço dos alunos. Como formador de pesquisadores iniciantes, o professor deve considerar-se corresponsável pelos resultados que estes obtiverem; sua pergunta não pode ser "quem merece uma valorização positiva e quem não", mas "que auxílio precisa cada um para continuar avançando e alcançar os resultados desejados".

B. Ampliar o conceito e a prática da avaliação ao conjunto de saberes, destrezas e atitudes que interesse contemplar na aprendizagem das Ciências, superando sua habitual limitação à rememoração repetitiva de conteúdos conceituais.

C. Introduzir formas de avaliação de sua própria tarefa docente (com participação dos alunos e outros professores) como instrumento de melhoria do ensino.

Por outro lado, para que a avaliação possa transformar-se em um instrumento efetivo de aprendizagem, é preciso que nós, professores, a estendamos a todos os aspectos — conceituais, de procedimentos e atitudes da aprendizagem das Ciências —, rompendo com sua habitual redução àquilo que permite uma medida mais fácil e rápida: a rememoração repetitiva dos "conhecimentos teóricos" e sua aplicação igualmente repetitiva a exercícios com lápis e papel (Alonso et al., 1992a; Alonso et al., 1992b). Trata-se de ajustar a avaliação, isto é, o acompanhamento e *feedback*, as finalidades e prioridades estabelecidas para a aprendizagem das Ciências. Lembremos que somente aquilo

que é avaliado é percebido pelos alunos como realmente importante.

É necessário, ainda, ampliar a avaliação para além daquilo que compõe a atividade individual dos alunos: a avaliação de aspectos como o ambiente da aula, o funcionamento dos pequenos grupos, as intervenções do professor etc. contribuem para romper a concepção da avaliação como simples julgamento dos alunos e a fazê-los sentir que realmente se trata do acompanhamento de uma tarefa coletiva para incidir positivamente na mesma. Isso supõe, por último, uma nova extensão das funções de avaliação para que, além de instrumento de aprendizagem, se transforme em um instrumento de melhoria do ensino (Krasilchik, 1987; Calderhead, 1989).

9

Adquirir a formação necessária para associar ensino e pesquisa didática

Parece lógico que os professores deverão ser os primeiros beneficiários das descobertas da pesquisa educativa. Porém, como indica Tyler (1979), existe uma autêntica barreira entre “pensadores” (pesquisadores) e “realizadores” (professores). Surge assim a ideia de que, para que os professores considerem as implicações da pesquisa e examinem criticamente sua atividade docente à luz de tais implicações, deverão inserir-se de alguma forma no processo de pesquisa (Verma e Beard, 1981). Isso não constitui, porém, uma opção recente: já na Conferência Internacional da Instrução Pública de 1958, na Recomendação n. 46, art. 15 (citada por Serramona, 1980), exigia-se um forte impulso da pesquisa realizada pelos professores em seus centros. Não se deve esquecer, no mesmo sentido, que a ideia de uma ação/pesquisa (*action/research*) — centrada diretamente nos problemas da classe e com participação do professor — da qual hoje tanto se fala como uma ideia recente (Gimeno,

1983; Saez, 1987), remonta aos anos 1940 (Lewin, 1946; Corey, 1953).

Esta intervenção dos professores na pesquisa não tem, é claro, como objetivo prioritário o desenvolvimento da própria pesquisa, mas sim apresenta-se como uma exigência da atividade docente: “uma das formas mais efetivas para que um professor tenha a tarefa que lhe é própria, ou seja, ensinar” (Verma e Beard, 1981), contribuindo para elevar sua capacidade de inovação e fundamentar suas decisões (Leboutet, 1973; Stenhouse, 1975; Giordan, 1978; Host, 1983). Mas, embora a associação da atividade docente à pesquisa venha sendo recomendada há décadas, como já vimos, é preciso reconhecer que, como afirma Imbernon (1987), a proposta gerou também polêmicas e rejeições, com o argumento de que a pesquisa não é a função específica do professor, cuja tarefa consiste em educar bem as crianças, em ser um “bom” docente. E, de fato, o ensino continua constituindo-se em simples transmissão de conhecimentos, totalmente distanciada do que supõe uma pesquisa didática e ignorando inclusive os resultados desta.

No entanto, o reconhecimento das limitações de um ensino por transmissão de conhecimentos e o desenvolvimento das orientações construtivistas estão propondo hoje com nova ênfase a necessidade de uma formação do professor voltada também à pesquisa (Furió e Gil-Pérez, 1984; Driver e Oldham, 1986; Porlan, 1987; Moreira, 1991). Recordemos apenas que a elaboração de programas de atividades que possibilitem a construção de conhecimentos pelos alunos exige — como já colocamos no Capítulo 6 — um permanente trabalho de pesquisa aplicada (Gil-Pérez, 1982; Driver e Oldham, 1986; Gil-Pérez et al., 1991). Dificilmente,

um professor ou professora poderá orientar a aprendizagem de seus alunos como uma construção de conhecimentos científicos, isto é, como uma pesquisa, se ele próprio não possui a vivência de uma tarefa investigativa. Mais ainda: a compreensão de que a atividade do professor ou professora de Ciências possui a complexidade e riqueza potencial que tentamos refletir nos capítulos precedentes implica conceber seu trabalho como uma tarefa aberta e criativa, ou seja, como uma pesquisa a ser realizada por equipes docentes.

A iniciação do professor à pesquisa transforma-se assim em uma necessidade formativa de primeira ordem. Não se trata, é claro, de *outro* componente da preparação à docência, a ser adicionado àquelas que vínhamos considerando, mas de orientar a formação do professor como uma (re) construção dos conhecimentos docentes, quer dizer, como uma pesquisa dirigida.

Finalizamos aqui esta tentativa de analisar as necessidades formativas dos professores de Ciências a partir das exigências propostas por uma orientação construtivista da aprendizagem. A atividade do professor e, por extensão, sua preparação, surgem como tarefas de uma extraordinária complexidade e riqueza que exigem associar de forma indissolúvel docência e pesquisa.

Parte II

Análise crítica da formação atual dos professores de Ciências e propostas de reestruturação

1

Análise crítica da formação atual dos professores de ciências

Ao propor este estudo sobre tendências e experiências inovadoras na formação dos professores de Ciências, adotamos um ponto de vista decididamente teórico, rejeitando a simples consideração de algumas contribuições isoladas e tentando fundamentar as necessidades formativas dos professores a partir do corpo de conhecimentos que a pesquisa didática está construindo.

Isto nos levou a conceber a formação do professor como uma profunda *mudança didática* que deve questionar as concepções docentes de senso comum, começando por aquela afirmação de que “ensinar é fácil”. Constatamos assim a necessidade de um profundo conhecimento da matéria — sem comparação com as visões reducionistas habituais (ver Capítulo 2, Parte I) — e da *apropriação* de uma concepção do ensino/aprendizagem das Ciências como construção de conhecimentos, isto é, como uma pesquisa dos alunos e dos professores. Tal apropriação, para que se pos-

sibilite o deslocamento do modelo vigente de transmissão/recepção, deverá estar teoricamente fundamentada e ser fruto de uma vivência reiterada das novas propostas teóricas, além do período necessariamente breve de uma formação inicial. A preparação docente deverá estar associada, dessa maneira, a uma tarefa de pesquisa e inovação permanentes.

Estamos agora em condições de analisar em que medida os sistemas atuais de formação do professor de Ciências podem dar satisfação às necessidades formativas que expusimos com detalhes na Parte I deste trabalho.

A formação dos professores de Ciências — uma das matérias da 5^a a 8^a séries do 1^o grau e do 2^o grau realiza-se hoje de maneiras muito diferentes na área ibero-americana (Carvalho, 1988; Furió et al., 1991). Observamos países como a Argentina, onde tal formação se realiza, majoritariamente, em instituições não universitárias (os chamados “professorados”, espécie de Escolas Normais para professores do Secundário). Em outros países, os professores formam-se em instituições universitárias específicas, como a Universidade Pedagógica Nacional, na Colômbia, ou até muito recentemente, as Escolas Universitárias de Formação do Professorado, na Espanha (dirigidas ao professor de Secundário Elementar, correspondente ao nosso ensino da 5^a a 8^a série). A situação mais comum, contudo, tanto na área ibero-americana como na França, Estados Unidos etc., consiste em uma preparação científica nas faculdades de conteúdos específicos, com alguns complementos de formação profissional docente (Krasilchik, 1987; Carvalho, 1988; Dumas-Carré et al., 1990). A formação permanente, por seu lado, costuma reduzir-se a uma oferta de cursos para a adaptação a mudanças curriculares ou para a reciclagem

em algum aspecto específico. Podemos agora nos perguntar em que medida se pode propiciar assim satisfação às necessidades formativas do professor.

Não acreditamos ser necessário nos determos na crítica a uma formação não universitária dos professores destes níveis, que não podem satisfazer nem sequer o objetivo mais básico da aquisição de um conhecimento profundo da matéria. Na realidade são escassos os países onde se dá tal situação, que está desaparecendo inclusive pelo que se refere ao Ensino Primário (de 1^a a 4^a séries do 1^o grau): em países como Alemanha, Inglaterra ou França, a formação do professor Primário não é apenas universitária, mas possui já o mesmo nível de licenciatura que a dos outros professores. Reconhece-se, dessa forma, que a tarefa do professor geral “não é nem mais simples nem menos importante que a dos especialistas do Secundário” (Furió et al., 1988).

Tampouco parece necessário nos determos na crítica a uma formação centrada exclusivamente nas matérias científicas básicas, embora esta seja uma situação bem mais frequente: a necessidade de uma preparação profissional docente parece abrir caminho sem resistências. Como tentaremos mostrar, o autêntico perigo origina-se na tendência a contemplar a formação do professor como *soma* de uma formação científica básica e uma formação psicossociopedagógica geral (Carvalho e Vianna, 1988; Furió e Gil-Pérez, 1989). Esta é a orientação dominante nos países que, como os Estados Unidos, têm uma certa tradição em planejamentos específicos de formação de professores. Um trabalho recente de McDermott (1990) vem precisamente questionar esta orientação, constatando o fracasso das universidades

norte-americanas em proporcionar uma formação adequada aos professores de Ciências.

McDermott descreve a formação atual dos professores de Física (e de qualquer outra matéria) como soma de cursos sobre conteúdos científicos, ministrados pelos departamentos de Ciências correspondentes, e de cursos sobre Educação, que constituem, nas universidades norte-americanas, a parte fundamental da preparação dos professores.

No que se refere aos cursos sobre conteúdos científicos, trata-se dos mesmos cursos-padrão que a universidade proporciona aos demais estudantes. Os departamentos de Ciências não oferecem nenhum curso especial para futuros professores, considerando que a preparação docente é responsabilidade das escolas ou departamentos de educação e que a formação científica necessária a um futuro professor não difere, por exemplo, da de um futuro profissional de uma indústria. Mas, em que medida estes cursos são realmente úteis para a formação do professor de Ciências? McDermott destaca algumas das características dos mesmos que constituem sérios impedimentos:

- O formato expositivo das aulas estimula uma aprendizagem passiva; os futuros professores tornam-se mais habituados à recepção de conhecimentos que a ajudar a gerá-los.
- Os “problemas-padrão” realizados conduzem a colocações algo rítmicas, repetitivas, sem contribuir para o desenvolvimento das formas de arrazoamento necessárias para abordar as situações novas, como as questões não previstas que os alunos possam perguntar.

- As práticas de laboratório utilizam material sofisticado, não disponível nas escolas de ensino secundário e, sobretudo, limitam-se a um processo de verificação, ao estilo de receitas de cozinha, o que não contribui em absoluto à compreensão da atividade científica.
- A amplitude do currículo abordado e o pouco tempo que se dedica aos diferentes temas impedem uma apropriação em profundidade dos conceitos implicados e, menos ainda, — acrescentamos — o tratamento de aspectos como as interações Ciência/Tecnologia/Sociedade etc., essenciais para dar uma imagem correta da Ciência (ver Capítulo 2, Parte I).

Quanto aos cursos de educação, destacamos os inconvenientes da completa separação entre tais cursos e aqueles centrados nos conteúdos: “O uso efetivo de uma estratégia de ensino” — aponta McDermott acertadamente — “vem, em geral, determinada pelo conteúdo. Se os métodos de ensino não são estudados no contexto em que serão implementados, os professores podem não saber identificar os aspectos essenciais, nem adaptar as estratégias instrucionais — que lhes foram apresentadas em termos abstratos — à sua matéria específica ou a novas situações.” McDermott conclui, assim, com um rechaço desta soma de formação científica e preparação docente independentes entre si. Uma crítica semelhante foi realizada por Carvalho (1988) e por Furió e Gil-Pérez (1989 e 1991).

Poder-se-ia talvez pensar que uma forma de conter estes inconvenientes consistiria em estruturar currículos especificamente dirigidos à formação do professor: é o que

parece sugerir o trabalho de McDermott quando propõe a estruturação de cursos de Física (ou de outras Ciências) destinados aos futuros professores, que não incorram nos defeitos detectados nos cursos usuais. Os cursos deveriam enfatizar os conteúdos que o professor teria que ensinar; proporcionar uma sólida compreensão dos conceitos fundamentais; familiarizar o professor com o processo de raciocínio que subjaz à construção dos conhecimentos; ajudar os futuros professores a expressar seu pensamento com clareza; permitir conhecer as dificuldades previsíveis que os alunos encontrarão ao estudar tais matérias etc.

Poder-se-ia, deste modo, concluir que uma licenciatura específica para docentes permitiria dar aos cursos uma orientação adequada como a que propõe McDermott, que se afasta, é claro, da habitual. Contudo, tal conclusão estaria, a nosso ver, injustificada. Com efeito, em primeiro lugar, as características denunciadas nos cursos científicos ministrados nas faculdades de conteúdo específico *dão-se também* nos cursos científicos ministrados nas instituições exclusivamente orientadas a formar professores, como as Universidades Pedagógicas colombianas ou as Escolas Universitárias de Formação do Professorado espanholas (Aizpun, 1980; Gil-Pérez, 1982). A separação não é, então, nenhuma garantia.

É certo que o pensamento docente espontâneo — fruto da impregnação ambiental que se produz ao longo dos muitos anos em que os alunos veem a atuação de seus professores — perderia seus aspectos negativos se as situações docentes mudassem, isto é, se os cursos recebidos tivessem características como as propostas por McDermott. Mas isso não pode ser entendido como uma necessidade exclusiva

dos futuros docentes: trata-se de condições que afetam a aprendizagem de qualquer tipo de estudante, como demonstraram os mais de 20 anos de pesquisa sobre as “escolas efetivas” (Rivas, 1986). Alguns dos obstáculos que hoje se dão na formação dos professores desaparecerão quando as vivências escolares dos futuros professores forem mais positivas, mas isso, repetimos, não pode ser um argumento para preconizar sua segregação, e sim para generalizar a exigência de transformações a todo o sistema educativo.

Cabe assinalar, por último, que os planejamentos de formação docente totalmente específicos — como os aplicados nas Universidades Pedagógicas — obrigam a uma opção, ao final dos estudos de 2º grau, sem dúvida, prematura, que pode dificultar (junto a outros fatores econômicos e sociais) o acesso à docência de candidatos valiosos e traduzir-se em uma desvalorização dos referidos estudos.

Finalmente, nem uma formação docente concebida como simples soma entre preparação científica e cursos gerais de educação, nem alguns estudos totalmente específicos, constituem soluções corretas para proporcionar aos professores os conhecimentos exigidos para uma atividade docente eficaz. Tentaremos mostrar na sequência que *uma correta orientação na formação do professor de uma determinada área ou disciplina, exige transformar a correspondente didática específica no núcleo articulador da referida formação*. Começaremos apresentando, no Capítulo 2, uma possível estrutura geral desses estudos.

Propostas de reestruturação para os estudos de formação dos professores de ciências

Apresentamos até aqui, na Parte I deste estudo, uma breve visão panorâmica dos conhecimentos necessários para desempenhar a atividade docente, com o objetivo, fundamentalmente, de romper com a ideia errônea, mas bem difundida, de que ensinar uma matéria constitui um trabalho simples, para o qual basta possuir um maior nível de conhecimentos que os alunos. Em segundo lugar (ver o capítulo anterior), analisamos alguns dos sistemas de formação de professores mais difundidos, destacando suas insuficiências. Ambos os estudos permitem agora ressaltar algumas características capazes de reorientar de forma adequada a preparação dos docentes das matérias específicas ministradas da 5ª a 8ª série do 1º grau e do 2º grau. No Quadro 9, apresentaremos uma proposta de estrutura dos estudos correspondentes, a qual comentaremos a seguir.

Consideramos, em primeiro lugar, que o início dos estudos especificamente dirigidos à docência não deve ser realizado antes daqueles para as demais especializações. A tendência geral hoje é dividir os estudos universitários de matérias como Biologia, Física etc. em dois ciclos: um primeiro ciclo de matérias comuns (dois ou três anos) e um segundo ciclo de dois anos, com opções correspondentes a diversas especialidades; tratar-se-ia, dessa forma, de adiar a formação docente para um segundo ciclo ou equivalente. Deste modo, a preparação para o ensino surgiria como uma opção a mais, equivalente em exigências e *status* ao resto das especialidades, sem obrigar a uma opção prematura. É sabido que muitos universitários não se propõem dedicar-se ao ensino até depois de terminados seus estudos. Isso obriga — se não houver intenção de dificultar seu acesso à docência — a deixar aberta a possibilidade de uma preparação docente em forma de estudos de pós-graduação. Contudo, a ideia de deixar esses estudos de pós-graduação como única forma de acesso à docência tem graves inconvenientes sobre os quais é preciso deter-se. Com efeito, a medida poderia ser considerada correta, sem dúvida, se a preparação docente pudesse ser adquirida em pouco tempo, ou, dito de outro modo, se fosse aceita a tese de que o essencial é a formação científica e de que o resto tem pouco peso. Mas, no caso contrário, a duração total dos estudos necessários para atuar na docência transforma-se em uma grave desvantagem. Em resumo: uma coisa é manter aberta, para os alunos que tenham cursado outras especializações, a possibilidade de uma reconversão à docência; outra é penalizar aqueles que desejam ser professores, obrigando-os a cursar antes outra especialização.

Se o que se quer é melhorar a imagem do ensino e transformá-lo em uma profissão atraente, como foi proposto na Conferência de Ministros da Educação do Conselho da Europa de 1987 (Imbernon, 1990), é necessário, entre outras coisas, dar a seus estudos um *status* comparável ao das demais especialidades, ao contrário do que ocorre hoje (Nadai, 1988).

Quadro 9

Estrutura geral da formação dos professores de Ciências

| |
|---|
| <p>Primeiro Ciclo Universitário do Curso de Graduação</p> <ul style="list-style-type: none"> • Destinado ao estudo das matérias científicas comuns ministradas antes de uma especialização. • Com uma duração de dois ou três anos, como qualquer 1º ciclo de faculdade. |
| <p>Segundo Ciclo do Curso de Graduação (dirigido à formação docente)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Com a mesma duração de qualquer 2º ciclo. • O currículo deste segundo ciclo incluiria: <ul style="list-style-type: none"> — a didática específica como matéria articuladora, — formação psicossociopedagógica, — complementos de formação científica, — práticas docentes. |
| <p>ou, alternativamente</p> |
| <p>Curso(s) de Especialização Docente — Pós-graduação <i>lato sensu</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Concebido para aqueles que realizaram um 2º ciclo diferente da formação docente. • Com conteúdos similares aos de 2º ciclo, dirigidos à formação docente mas com um menor peso dos complementos científicos. |
| <p>Formação Permanente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Concebida como um trabalho de pesquisa e inovação. • Destinada ao aprofundamento em <i>todos</i> os aspectos (didáticos, científicos e psicossociopedagógicos) em estreita relação com o trabalho da sala de aula e seus problemas. |

Propomos, então, em síntese, manter aberta uma via de duplo acesso: um segundo ciclo no próprio curso de graduação dirigido à docência e os estudos de especialização ou pós-graduação *lato sensu* (para aqueles que decidirem fazê-lo mais tarde). Se, pelo contrário, somente se deixa a alternativa da especialização, a preparação docente transforma-se em algo breve e de pouca exigência (e que muitos universitários cursam porque pensam “nunca se sabe”, contribuindo para a massificação de tais estudos e frustração daqueles que estão verdadeiramente interessados) ou, ainda, a duração total dos estudos se estende desmesuradamente, o que se torna um autêntico obstáculo.

Manter aberta esta via de duplo acesso não supõe, além disso, nenhum custo econômico suplementar para as universidades, visto que os cursos poderiam ser acompanhados ao mesmo tempo por estudantes de segundo ciclo e por aqueles que realizam a especialização. Esta é, em nossa opinião, a melhor solução no que se refere à estrutura geral da formação inicial dos professores de Ciências para a educação secundária. Cabe também mencionar a reforma em curso do sistema francês de formação de professores: de acordo com a referida reforma, a preparação docente — tanto dos professores do nível secundário como do primário — realiza-se nos dois últimos anos de uma licenciatura de quatro anos, do mesmo modo como aqui propusemos.

Trata-se, por outro lado, de uma proposta flexível, cuja concretização é compatível com diversas opções organizativas, conforme mostrará o Quadro 10: desde a integração da formação docente como uma especialização a mais nas faculdades “clássicas” (Matemática, por exemplo) até sua inclusão em faculdades de Formação de Professores ou em

Institutos de Educação. O importante é dar aos licenciados o mesmo *status* dos bacharelados em Ciências. O essencial, no entanto, é que — seja qual for a instituição encarregada de organizar a formação docente — a didática específica se responsabilize pela coordenação geral e pelas práticas docentes. Fundamentaremos este caráter articulador das didáticas específicas no próximo capítulo e para concluir recordaremos que, apesar da indubitável importância desta formação inicial, a preparação à docência é concebida cada vez mais como um trabalho coletivo permanente de professores em atividade.

A necessidade de formação permanente surge associada, em um primeiro momento, às próprias carências da formação inicial, porém, existe uma razão de maior peso pela qual se deve reiterar sua necessidade. De fato, a tendência atual nos países com um sistema educativo mais avançado não consiste em ampliar a formação inicial ou “*pre-service*” — sempre insuficiente —, mas em estabelecer estruturas de formação permanente. E isso porque:

A. Muitos dos problemas que devem ser tratados não adquirem sentido até que o professor se depare com eles em sua própria prática.

B. As exigências de formação são tão grandes que tentar cobri-las no período inicial conduziria ou a uma duração absurda, ou a um tratamento absolutamente superficial (Gomel, 1978).

C. Uma formação docente realmente efetiva supõe a participação continuada em equipes de trabalho e em tarefas de pesquisa/ação (Stenhouse, 1975; Gil-Pérez, 1982) que, é óbvio, não podem ser realizadas, com um mínimo de profundidade, durante a formação inicial.

A preparação dos professores de Ciências tende, assim, a apoiar-se em uma formação inicial relativamente breve (a duração habitual de uma licenciatura) e em uma estrutura de formação permanente dos professores em exercício, entendida como trabalho centrado numa equipe docente e como participação, em um ou outro nível, em tarefas de pesquisa/ação.

Quadro 10

Instituições encarregadas da formação dos professores de Ciências

Primeiro Ciclo Universitário

- Ministrado nas faculdades "clássicas" (Biologia, Física etc.) pelos departamentos científicos correspondentes.
- São cursos comuns para todas as especializações (não específicos para futuros docentes).

Segundo Ciclo Universitário dirigido à Formação Docente e Cursos de Pós-Graduação *lato sensu* ou de Especialização Docente

- Esta especialidade pode continuar sendo ministrada nas faculdades "clássicas" como uma especialização a mais.
- É desejável integrar estes estudos de segundo e terceiro ciclos com uma Faculdade de Educação ou com um Instituto de Educação.
- Em qualquer dos casos, a docência corresponderia:
 - ao departamento da Didática específica, responsável pela coordenação geral e das práticas docentes,
 - departamentos de Psicologia e Ciências da Educação (para as matérias de formação psicossociopedagógica), e
 - departamentos de matérias específicas básicas (para os complementos de formação científica).

Formação Permanente

- Enquanto a formação inicial é exclusivamente universitária, a formação permanente deve estar aberta a *todas* as iniciativas que favoreçam a (*auto*) formação dos professores na ativa (Centros de Professores, Movimentos de Renovação Pedagógica etc.).
- As universidades, através de Institutos de Educação, Departamentos etc., podem e devem participar deste esforço.

A Didática das Ciências como núcleo articulador

Já nos referimos ao fracasso em que resultou a concepção da formação do professor como a simples soma de preparação científica e cursos gerais de Educação. Como afirma McDermott (1990), "a total separação entre a instrução sobre Educação e a instrução em conteúdos, diminui a validade de ambas para os professores". De nossa parte, temos nos pronunciado reiteradamente contra a incorreta orientação dos cursos de formação do professor (Gil-Pérez, 1982b; Carvalho, 1993a) e, em especial, contra "uma mera justaposição do tratamento dos conhecimentos científicos e de uma preparação psicossociopedagógica geral" (Furió e Gil-Pérez, 1989; Carvalho e Vianna, 1988).

Este modelo somatório de saberes acadêmicos como base da formação dos professores de Ciências tem como principal obstáculo a falta de integração dos princípios teóricos estudados nos cursos de Educação com a prática docente, o que é ressaltado sob ângulos tão diversos, como as pesquisas sobre

o pensamento e a tomada de decisões do professor, ou a análise das escolas eficazes. Assim, Calderhead (1986) afirma que “um dos principais problemas da formação de professores não é tanto o desenvolvimento do conhecimento dos alunos, das aulas e da natureza do processo educativo, e sim como facilitar aos professores em formação a integração destes conhecimentos dentro de sua própria prática” (Carvalho, 1993b). No mesmo sentido, Penick e Yager (1988) insistem em que: “um programa eficaz na formação de professores deve integrar os conteúdos da disciplina, organizadores teóricos e os resultados da pesquisa sobre práticas bem-sucedidas e algumas experiências relevantes”. Também Blackburn e Moisan (1986), no estudo apresentado à Comissão de Educação da Comunidade Europeia, estabelecem como indicador da qualidade na formação de professores “o grau de integração existente entre o componente acadêmico daquela formação e a prática docente”.

A Didática das Ciências pode desempenhar, precisamente, este papel integrador (Carvalho, 1988a, 1988b, 1993c; Carvalho e Vianna, 1988; Furió e Gil-Pérez, 1991), desde que reúna uma série de características — destacadas pela pesquisa educativa e aquelas que vimos fazendo referência ao longo deste estudo — que são sintetizadas no Quadro 11 e que comentaremos brevemente a seguir.

A. Em primeiro lugar, reiteramos a necessidade de que a didática específica se configure como corpo teórico, capaz de integrar coerentemente os resultados das pesquisas em torno dos problemas concretos que se apresentam ao ensinar a disciplina, problemas esses aos quais nos referimos na Parte I deste livro e no trabalho *Tendencias y experiencias innovadoras en la enseñanza de las Ciencias* (Gil-Pérez, 1991a).

Quadro 11

Requisitos da Didática das Ciências como eixo articulador da formação de professores

| |
|--|
| A. Estar dirigida à construção de um corpo de conhecimentos específico, capaz de integrar coerentemente os resultados das pesquisas em torno dos problemas propostos pelo ensino/aprendizagem da disciplina. |
| B. Deverá ser proposta como <i>mudança didática</i> do pensamento e comportamento docente “espontâneo”. |
| C. Estar orientada a favorecer a vivência de propostas inovadoras e a reflexão didática explícita. |
| D. Deverá estruturar-se a fim de <i>incorporar o professor na pesquisa e inovação em didática das Ciências</i> . |
| E. Será concebida, numa <i>conexão direta com as práticas docentes</i> , como núcleo integrador dos diferentes aspectos da formação docente. |

A. Devemos insistir nisso porque em nossos países continuam sendo apresentados congressos de Didática das Ciências, cujo desenvolvimento consiste, simplesmente, em tratar um temário “científico” (Biologia, Física etc.) no nível dos alunos que os futuros professores terão. Assim, os conteúdos das disciplinas de Didática vêm coincidir, em grande medida, com os temas que os professores deverão ensinar, acompanhados de algumas considerações sobre os “objetivos” (seguindo taxionomias indutivas já há tempo abandonadas pela comunidade científica), descrições dos laboratórios escolares e outros “recursos” etc. Tais conteúdos não justificam, é claro, a existência de disciplinas de Didática das Ciências, e muito menos permitem o desempenho do papel de núcleo articulador na formação do professor. Trata-se, ao contrário, de elaborar um programa de Didática que responda às necessidades formativas dos professores de Ciências e que proporcione uma concepção teorica-

te fundamentada do processo ensino/aprendizagem das Ciências. No Anexo B, apresentamos um programa de Didática das Ciências que tenta aproximar-se das características almejadas.

Por outro lado, isso não significa que estejamos preconizando a construção da Didática das Ciências como corpo de conhecimentos isolados das contribuições de outros campos como a Psicologia ou Pedagogia (Mauri, Gómez e del Carmen, 1991). Muito pelo contrário, é a existência de uma problemática e de um corpo de conhecimentos específico o que torna possível a integração de contribuições provenientes de outros campos; tais contribuições adquirem sentido na medida em que podem responder a problemas surgidos no próprio domínio. A título de exemplo, entre os muitos possíveis, faremos referência à noção de “obstáculo epistemológico”, introduzida por Bachelard no contexto de Filosofia da Ciência e que passou despercebida para os estudiosos da Aprendizagem, até que as pesquisas em Didática das Ciências sobre os erros conceituais mostraram a importância dos conhecimentos prévios dos estudantes e conduziram à concepção da aprendizagem como mudança conceitual e metodológica que exige a superação dos obstáculos epistemológicos que, na forma de “evidências do senso comum”, gera o pensamento espontâneo (Bachelard, 1938).

B. A primeira contribuição à preparação dos futuros professores e professoras seja, talvez, torná-los conscientes de que possuem uma formação docente anterior, adquirida “ambientalmente” ao longo dos muitos anos em que, como alunos, estiveram em contato com seus professores. Já nos referimos detidamente ao peso desse “pensamento e com-

portamento docente espontâneo” e à necessidade de propor a preparação docente como *mudança didática* a partir do chamado pensamento espontâneo. Essa mudança didática não pode conceber-se como uma questão de tomada de consciência específica, pois exige uma atenção reiterada, até transformar-se em algo natural o fato de colocar em questionamento sistemático o que na atividade docente surge como óbvio, sua revisão crítica à luz dos resultados da pesquisa educativa etc.

No Anexo A incluímos, como já observamos (ver Capítulo 5, Parte I), um exemplo desenvolvido de como questionar o pensamento docente espontâneo em um domínio concreto (o domínio da resolução de problemas) e de como favorecer sua transformação seguindo uma orientação construtivista. Questionamentos semelhantes são necessários para o tratamento dos diferentes aspectos do processo de ensino/aprendizagem das Ciências.

Uma atividade que se mostra muito eficaz para que o próprio professor tome consciência de seu comportamento docente espontâneo é a gravação de suas aulas em vídeo e a posterior análise e discussão das mesmas (Carvalho, 1989b). Durante essa discussão, o professor expõe e utiliza suas concepções espontâneas *de uma maneira funcional*, ligada ao tratamento dos problemas que o vídeo permitiu evidenciar. E ainda, também de uma maneira funcional, essas concepções podem ser questionadas, como resultado do *trabalho de aprofundamento* que a discussão gera.

C. A importância da formação docente ambiental (à qual acabamos de fazer referência), reside, por um lado, em seu caráter reiterado e, por outro, em sua natureza de exemplo vivo, real, muito mais eficaz que qualquer explicação.

Compreende-se assim que, na ausência de alternativas claras, os professores façam uso do que adquiriram vivencialmente, inclusive se quando alunos rejeitassem esse tipo de docência. Isso obriga a que as propostas de renovação sejam também vividas, vistas em ação. Somente assim é possível que essas propostas tenham efetividade e que os futuros professores possam romper com a visão unilateral da docência recebida até o momento. É preciso ressaltar, porém, que o objetivo perseguido não é a simples substituição de uma prática docente determinada — por mais “tradicional” e ineficaz que ela seja — por outra, embora se trate de uma orientação docente repleta de virtualidades. Isso daria à formação do professor o caráter de um mero doutrinamento. Trata-se, pelo contrário, de tornar habitual o questionamento daquilo que parece natural, fazendo ver que existem outras possibilidades, introduzindo, em suma, questionamentos críticos, “não fixistas”, que nos levem a perceber a necessidade de uma continuidade tanto da pesquisa quanto da inovação didáticas (Santos, 1993).

Uma forma ágil e efetiva de proporcionar aos professores a vivência de propostas inovadoras consiste na preparação, implementação e discussão posterior do que Carvalho (1985) denomina “minicursos”, isto é, de pequenos tópicos do programa que possam mostrar a coerência e efetividade das propostas elaboradas (em particular das orientações construtivistas). São, em última instância, atividades de microensino, de comprovada eficácia na formação dos professores (Seagoe, 1961), sobretudo quando se associam com a observação (se possível mediante gravação em vídeo) e a discussão entre pares, tal como descrevemos no item B desta seção.

D. Pareceria lógico que — como já expusemos no Capítulo 9, Parte I — os professores fossem os primeiros beneficiários das descobertas da pesquisa educativa, mas, como afirma Tyler (1979), existe uma autêntica barreira entre “pensadores” (pesquisadores) e “realizadores” (professores). Uma das razões desta situação é a ausência bastante prática da metodologia da pesquisa nos currículos de formação de professores (Serramona, 1980), em coerência com uma concepção do ensino como simples transmissão de conhecimentos já elaborados. Contudo, na medida em que os questionamentos atuais da aprendizagem das Ciências dão ênfase à construção de conhecimentos pelos próprios alunos (ver, por exemplo, Driver, 1988), o papel do professor como orientador desse processo aproxima-se ao de um “pesquisador especialista” que dirige o trabalho de “pesquisadores principiantes” (Gil-Pérez e Martínez-Torregrosa, 1987). Por outro lado, alguns dos problemas detectados pelos pesquisadores são considerados como irrelevantes por muitos professores, até que sua própria implicação na pesquisa termine abrindo-lhes os olhos. É o que ocorre, por exemplo, com a questão dos erros conceituais: muitos professores acreditam e afirmam que “isso não ocorre em minhas aulas”; mas basta que se reproduza alguma das pesquisas conhecidas para que adquiram consciência da gravidade do problema.

A preparação para a pesquisa deve constituir, então, um dos objetivos básicos da formação docente e, em especial, das didáticas específicas, como “uma das formas mais eficazes para que um professor faça a tarefa que lhe é própria, isto é, ensinar” (Verma e Beard, 1981; Porlán, 1987; Canal e Porlán, 1988).

E. Todas as facetas que foram indicadas até aqui como características de um curso de didática específica estão associadas à imersão do futuro professor nas práticas docentes, coordenada por esta disciplina. Deste modo, a disciplina de didática específica poderá facilitar não só a articulação dos conhecimentos (didáticos, psicossociopedagógicos e científicos), mas também sua integração com a prática docente, favorecendo sua orientação teórica, orientando a ação educativa e promovendo a reflexão crítica depois da interação. Isso obriga a nos determos, embora minimamente, na reconceitualização da ideia de “práticas de ensino”. Com efeito, de acordo com uma visão reducionista da atividade docente, em geral considera-se como prática de ensino unicamente a permanência do futuro professor em uma escola da comunidade. É necessário, porém, não limitar a noção de prática docente à interação com os alunos, mas estendê-la a todas as atividades que contenham implícito o trabalho profissional de um professor. Neste sentido, serão também objetivos importantes da didática específica a preparação do futuro professor para atividades como a elaboração de materiais educativos ou a análise dos processos ocorridos em sala de aula (incluindo observações mútuas de ministrar aulas etc.), tudo isso dirigido à familiarização com a docência como tarefa coletiva (Krasilchik, 1988). A concepção de ensino como uma atividade com aspiração científica requer um trabalho docente em equipe de preparação de materiais didáticos, de intercâmbio de experiências e, por último, de propor a docência como uma tarefa de pesquisa coletiva, de produção de conhecimentos sobre o ensino e a aprendizagem (Valle, 1988).

Esta ampliação do conceito de prática docente não supõe, contudo, reduzir a importância dos períodos de imersão na aula, que são valorizados pelos futuros professores como, talvez, a atividade mais formativa, porque supõe um contato real com a docência. É necessário, assim, proceder a um cuidadoso planejamento e continuidade destas práticas nas escolas, envolvendo esses professores na tarefa formativa (Carvalho, 1985). Deste modo, as práticas podem transformar-se em uma via privilegiada de conexão entre a pesquisa didática universitária e a problemática da sala de aula de Ciências (Carvalho, 1988a e 1988b).

Não podemos estender-nos mais nesta caracterização da didática específica como articuladora da formação docente. Recordaremos, apenas para concluir, que o desenvolvimento da Didática das Ciências como autêntico corpo de conhecimentos (Tiberghien, 1985; Furió e Gil-Pérez, 1989; Viennot, 1989) está ajudando a romper com a ideia de que ensinar é uma tarefa simples, bem como introduzindo novas exigências para a formação inicial e permanente do professor. Isto supõe, sem dúvida, modificar de forma substancial a consideração do trabalho docente (que hoje se reduz praticamente a ministrar aulas) e reconhecer a importância decisiva que possui uma séria preparação das aulas dadas, associada a tarefas de inovação e pesquisa. Somente assim o ensino pode chegar a ser efetivo, ao mesmo tempo em que adquire todo o interesse de uma tarefa criativa.

ANEXOS

Anexo A

Um exemplo de crítica fundamentada do ensino habitual e do pensamento docente espontâneo, e de como conseguir a participação dos professores na construção de propostas alternativas

A didática da resolução de problemas em questão

Descrevemos, a seguir, o processo seguido em um seminário sobre resolução de problemas, apresentado como sessões de trabalho para um número de professores similar ao de alunos em uma sala de aula de ensino médio. Tentaremos mostrar assim que esse trabalho torna possível o questionamento da didática habitual de resolução de problemas e a elaboração fundamentada de propostas mais efetivas.

Como poderemos constatar, a estratégia seguida nestas atividades de formação de professores possui a mesma orientação construtivista que se recomenda para a aprendizagem dos alunos. E isso tanto por razões de coerência como de eficácia. De fato, para produzir uma efetiva *mudança didática*, cada aspecto fundamental do processo ensino/aprendizagem deve ser abordado em profundidade, seguindo orientações construtivistas como as que aqui exporemos, a título de exemplo.

1. Provocando um questionamento

Quando se pergunta ao professor em exercício quais podem ser as causas do fracasso generalizado na resolução

de problemas de Física, raramente se apontam razões que acusem a própria didática empregada. Convém, dessa maneira, que uma das primeiras atividades a ser realizada conduza, precisamente, a questionar essa Didática, a fazer sentir “na própria carne” as deficiências do ensino habitual da resolução de problemas. Propomos para tanto o seguinte exercício, cuja realização favorece uma fecunda discussão posterior:

Um objeto move-se ao longo de sua trajetória conforme a equação:
 $e = 25 + 40t - 5t^2$ (e em metros, se t em segundos)
 Que distância terá percorrido após 5 segundos?

Quando se propõe esta questão em um curso para professores de Física e Química em exercício, a quase totalidade dos participantes “resolve” rapidamente a questão, dando como resposta, em geral, 100 m ou 75 m. Sem entrar na discussão desta discrepância, propomos que calculem a distância percorrida pelo mesmo objeto em 6 segundos. Os resultados obtidos então (85 m quem antes obteve o resultado de 100 m e 60 m para os que obtiveram 75 m) mostram claramente que “algo vai mal” (o objeto não pode ter percorrido em mais tempo menos distância!). Estes são os resultados obtidos habitualmente pelos alunos e também, repetimos, por muitos professores. A resolução deste aparente enigma é, claramente, simples: após uma pequena reflexão, os professores (e também os alunos em suas aulas) compreendem que a equação $e = 25 + 40t - 5t^2$, corresponde ao movimento de um objeto que avança com velocidade decrescente até parar e começar a retroceder. Obtêm assim os resultados corretos, que são 85 m após 5 segundos

(80 m para frente e 5 m para trás) e 100 m após 6 segundos (80 m para frente e 20 m para trás).

A que cabe atribuir certos resultados errôneos tão generalizados em um problema como o anterior? De que podem ser indícios? O que sugerem?

Os resultados da questão que acabamos de comentar desencadeiam uma “tomada de consciência” e conduzem a um longo debate, que questiona a atividade dos próprios professores. Faz-se referência assim, entre outras, às seguintes características da orientação dada habitualmente à resolução de problemas:

- A falta de reflexão qualitativa prévia ou, dito de outro modo, o operativismo mecânico com que, em geral, se abordam os problemas, inclusive pelos próprios professores. Convém recordar a este respeito as palavras de Einstein: “Nenhum cientista pensa com fórmulas. Antes que o cientista comece a calcular, deve ter em seu cérebro o desenvolvimento de seus raciocínios. Estes últimos, na maioria dos casos, podem ser expostos com palavras simples. Os cálculos e as fórmulas constituem o passo seguinte”. Entretanto, insistimos, a Didática habitual de resolução de problemas costuma impulsionar a um operativismo abstrato, carente de significado, que pouco pode contribuir a uma aprendizagem significativa.
- Um tratamento superficial que não se detém no esclarecimento dos conceitos. Assim, no problema considerado, produzem-se evidentes confusões en-

tre distância da origem, deslocamento e distância percorrida. E não se trata de uma questão puramente terminológica de pouca importância, mas índice, repetimos, de um tratamento superficial que em pouco pode favorecer uma autêntica compreensão dos conceitos. Mais ainda: manipulam-se quase exclusivamente situações que favorecem as confusões. No caso escolhido, por exemplo, a maior parte dos problemas sobre objetos móveis, tomam como sistema de referência (explícita ou, em geral, implicitamente) o ponto e instante em que o movimento se inicia em sentido positivo ao do movimento, com o qual o espaço “e” (distância da origem) coincide com o deslocamento; se além disso não há retrocesso, este valor coincide também com a distância percorrida. A repetição de exemplos em que isto ocorre leva não só a confundir os conceitos, mas inclusive a tornar “desnecessária” a atenção ao sistema de referência. O caráter relativo de todo movimento é assim escamoteado, negado na prática, por muito que se tenha insistido nele teoricamente. É necessário ter presente que este costume de absolutizar o movimento, tomando sempre como referência implícita o ponto e instante de onde parte o móvel, corresponde a tendências profundamente arraigadas na criança de centrar todo estudo em si mesma, em sua própria experiência, generalizando-a acriticamente (Piaget, 1970).

Deste modo, os problemas, em vez de contribuir para uma aprendizagem significativa, ajudando a romper com visões confusas, favorecem sua manutenção. E isso ocorre

inclusive, ou melhor, sobretudo, quando se chega a resultados corretos. Pensemos nos numerosos exercícios sobre queda de corpos pesados que se realizam e que os alunos chegam a fazer quase que de olhos fechados: isso, contudo, não impede que eles continuem pensando sempre que “um corpo com o dobro da massa cairá na metade de tempo”. Isto é, os problemas “corretamente” resolvidos não permitem colocar em questão a ideia ingênua da influência da massa.

Em resumo: os problemas, em vez de ser uma oportunidade privilegiada para construir e aprofundar os conhecimentos, transformam-se em reforço de erros conceituais e metodológicos. (Voltaremos a estas questões no capítulo seguinte dedicado à aprendizagem de conceitos.) Poder-se-ia pensar que há um grande exagero nestas conclusões, mas basta referir-se às abundantes análises realizadas sobre os problemas resolvidos nos textos ou pelos professores, para constatar que o operativismo, o tratamento superficial — sem sequer análise de resultados — é realmente generalizado entre os professores (Bullejos, 1983; Gil-Pérez e Martínez-Torregrosa, 1984). A discussão anterior motiva, assim, os professores “a tomarem consciência” das deficiências da Didática habitual da resolução de problemas e compreenderem a necessidade de um questionamento em profundidade da mesma.

2. A necessidade de um questionamento profundo

As maiores dificuldades que em geral encontra o desenvolvimento de uma ciência derivaram de suposições

implícitas, aceitas sem questionamento algum, escapando assim à crítica. Em tais casos impõe-se — como a história das Ciências tem mostrado reiteradamente — um questionamento em profundidade que analise criticamente até o mais óbvio. No que se refere à didática da resolução de problemas, isso supõe descer até o próprio esclarecimento da noção de “problema”. Esta é, assim, a atividade que propomos agora aos grupos de trabalho:

O que devemos entender por problema?

Fala-se com frequência (Krulik e Rudnik, 1980; Prendergast, 1986) que os pesquisadores, na resolução de problemas com o uso de lápis e papel, não costumam perguntar-se o que é um problema; o que, a nosso ver, constitui uma das limitações de suas pesquisas. Existe, porém, um acordo geral, entre aqueles que de fato abordaram a questão, em caracterizar como problemas aquelas situações que apresentam dificuldades para as quais não há soluções prontas. A definição de Krulik e Rudnik (1980) resume bem este consenso: “Um problema é uma situação, quantitativa ou não, que pede uma solução para a qual os indivíduos implicados não conhecem meios ou caminhos evidentes para obtê-la”. Esta mesma ideia aparece indiretamente quando se fala de resolução de problemas. Assim, Polya (1980) assinala que “resolver um problema consiste em encontrar um caminho ali, onde previamente não se conhecia tal, encontrar uma saída para uma situação difícil, para vencer um obstáculo, para alcançar um objetivo desejado que não pode ser imediatamente alcançado por meios adequados”. Alguns autores insistem justamente no

fato de que a existência de dificuldades não é uma característica intrínseca de uma situação e que depende também dos conhecimentos, experiência etc. do resolvente (Garrett, 1987). Neste sentido, Elshout (1985) desenvolve a ideia de “umbral de problematicidade” diferente para cada pessoa e por sobre o qual pode-se considerar que uma situação constitui um verdadeiro problema para as pessoas implicadas.

Há nestas ideias de “problema” e “umbral de problematicidade” uma primeira fonte para a compreensão dos resultados tão negativos alcançados no ensino habitual. Questionemos, para isso, a relação entre as referidas ideias sobre o que são os problemas e o que se faz em sala de aula:

Em que medida os enunciados dos problemas, feitos pelos professores ou expostos nos livros de texto, estão de acordo com sua natureza de tarefa desconhecida, para a qual de início não se possui solução?

A discussão propiciada por esta atividade coloca em questão a prática docente habitual; verifica-se, com efeito, que os “problemas” são explicados como algo que se sabe fazer, como algo cuja solução se conhece e que não gera dúvidas, nem exige tentativas: o professor conhece a situação — para ele não é um problema — e a explica linearmente, “com toda clareza”. Em consequência, os alunos podem aprender essa solução e repeti-la ante situações idênticas, sem contudo aprender a abordar um verdadeiro problema e qualquer pequena mudança já lhes gera dificuldades insuperáveis, provocando o abandono do exercício. Por último, esta discussão sobre o que entender por “problema”, permite realizar uma crítica mais profunda da didática habitual. Pode-se agora dar um passo a mais e questionar:

Se um problema é uma situação para a qual não se tem resposta elaborada, como deverá ser enfocada sua resolução?

Se for aceita a ideia de que todo problema é uma situação diante da qual se está no início perdido, uma possível orientação consistiria em se perguntar o que fariam os cientistas neste caso. Com isso, nos perguntamos concretamente o que fariam os cientistas diante do que, para eles, constitui um verdadeiro problema e não diante de um enunciado a ser resolvido com lápis e papel, como os propostos nos livros de texto. Pode-se esperar, de fato, que mediante problemas desse tipo os cientistas — que são em geral professores — adotem atitudes características do ensino habitual e considerem os problemas como situações que se deve saber resolver e não como verdadeiros problemas. Neste sentido, os estudos feitos sobre a maneira como os “especialistas” abordam os problemas resolvidos com lápis e papel estariam ainda muito longe do que se supõe ser a maneira deles agirem frente a um “verdadeiro” problema. Dessa forma, é mais útil perguntar-se o que os cientistas fazem quando têm que enfrentar autênticos problemas. A resposta, neste caso, é “simplesmente” que... se comportam como pesquisadores. E se é bem verdade que expressões como pesquisa, metodologia científica ou método científico (com ou sem maiúsculas) não têm uma clara significação unívoca, traduzível em etapas precisas, é indubitável que o tratamento científico de um problema possui certas características gerais que devem ser consideradas também nos problemas com lápis e papel; cabe assim perguntar-se qual é a razão por que isso não ocorre:

O que é o que nos enunciados habituais dificulta um tratamento científico dos problemas e deixa, em especial, sem sentido a tarefa fundamental de emissão de hipóteses?

O passo a dar agora não é, com certeza, fácil, mas o fio condutor seguido até aqui permite conceber que a inclusão dos dados no enunciado como ponto de partida, respondendo a concepções indutivistas, orienta a resolução para a manipulação de certas magnitudes sem que isso responda a uma reflexão qualitativa nem às subseqüentes hipóteses. Deste modo, ao resolver um problema, o aluno vê-se disposto a buscar aquelas equações que relacionem dados e incógnitas proporcionados no enunciado, caindo assim em um puro operativismo. Não basta, portanto, denunciar tal operativismo: trata-se de torná-lo impossível atacando suas causas. A compreensão de que a presença dos dados no enunciado e a indicação de todas as condições existentes — tudo isso como ponto de partida — responde a concepções indutivistas e orienta incorretamente a resolução, constitui um passo essencial no desbloqueio do ensino habitual de problemas e suas limitações. Ao mesmo tempo, porém, gera desconcerto, porque se choca com a prática reiterada, ou seja, com o que “sempre” se tem feito. Um enunciado sem dados, teme-se, não será algo excessivamente ambíguo frente ao qual os alunos acabem se perdendo? Agora, a ambigüidade ou, dito em outras palavras, as situações abertas, não são por acaso uma característica essencial das situações genuinamente problemáticas? E não é também uma das tarefas fundamentais do trabalho científico limitar os problemas abertos, impor condições simplificadoras?

Duas dificuldades costumam ser apontadas durante esta discussão: a primeira se refere à possibilidade de eliminar os dados e precisões dos enunciados habituais e construir enunciados mais abertos, capazes de gerar uma resolução de acordo com as características do trabalho científico. A este respeito, o trabalho realizado em numerosas oficinas e cursos de aperfeiçoamento de professores, permitiu constatar que os enunciados habituais são “traduzíveis” sem dificuldade. Assim, por exemplo, o enunciado

Sobre um móvel de 5.000 kg, que se desloca com uma velocidade de 20 m/s, age uma força de freio de 10.000 N. Que velocidade atingirá o móvel após 75 m do ponto onde começou a frear?

pode ser traduzido a uma situação mais aberta, sem que sejam definidas as magnitudes relevantes, como a seguinte:

Um carro começa a frear ao ver o sinal amarelo. Que velocidade terá ao chegar até o semáforo?

É claro que são possíveis diversos enunciados, diferentes situações problemáticas, mais ou menos abertas, assim, o problema anterior pode dar lugar, entre outros muitos, a este enunciado que, embora aparentemente diferente, propõe uma situação muito similar:

Será que o trem vai bater na pedra que caiu sobre os trilhos da ferrovia?

De fato, quando se propõe a vários grupos a tradução de um mesmo enunciado tradicional, obtêm-se diversas

propostas de situações problemáticas, em geral, igualmente válidas. Em qualquer caso, interessa destacar que estas traduções não impõem dificuldades maiores e que qualquer enunciado habitual é transformável em situação problemática (Gil-Pérez e Martínez-Torregrosa, 1987b). Por outro lado, subsiste a questão de como orientar os alunos para abordar tais situações, visto que não basta, obviamente, fazê-los trabalhar com enunciados sem dados para conseguir uma atividade de êxito:

Que orientações convém proporcionar aos alunos para facilitar a abordagem de situações problemáticas abertas?

3. A resolução de problemas como uma pesquisa

A questão sobre quais orientações proporcionar aos alunos para a resolução de problemas sem dados (nos quais já não é possível o simples jogo de dados, fórmulas e incógnitas) conduz os grupos de professores participantes, em um seminário similar ao que estamos abordando, a elaborar propostas basicamente coincidentes com as que se enunciam a seguir e que, em conjunto, supõem um modelo de resolução de problemas como pesquisa (Gil-Pérez e Martínez-Torregrosa, 1983):

a. *Considerar qual pode ser o interesse da situação problemática abordada.*

Se se deseja romper com exposições demasiadamente escolares, distanciadas da orientação investigativa que aqui se propõe, é absolutamente necessário evitar que os alunos

se vejam submersos no tratamento de uma situação sem ter podido sequer formar uma primeira ideia motivadora.

Esta discussão prévia do interesse da situação problemática, além de proporcionar uma concepção preliminar e de favorecer uma atitude mais positiva para a tarefa, permite uma aproximação funcional às relações Ciência/Tecnologia/Sociedade, que continua sendo, apesar de ter sua importância reconhecida, um dos aspectos mais geralmente esquecidos.

b. *Começar por um estudo qualitativo da situação, tentando limitar e definir de maneira precisa o problema, explicitando as condições que se consideraram reinantes etc.*

Cabe assinalar que isto é o que realizam habitualmente os especialistas ante um verdadeiro problema e o que em geral se recomenda, embora sem muito êxito. Mas os alunos, agora, veem-se obrigados a realizar essa análise qualitativa: não podem evitá-la lançando-se a operar dados e incógnitas, porque não dispõem deles. Deverão imaginar necessariamente a situação física, tomar decisões para delimitar tal situação, explicitar o que se pretende determinar etc.

c. *Emitir hipóteses fundadas sobre os fatores dos quais pode depender a magnitude buscada e sobre a forma desta dependência, imaginando, em particular, casos limite de fácil interpretação física.*

Já nos referimos, no capítulo anterior, ao consenso geral dos epistemólogos acerca do papel central da hipótese no tratamento de verdadeiros problemas. Em certa medida, pode-se dizer que o sentido da orientação científica — deixando de lado toda ideia de “método” — encontra-se

na mudança de um arrazoamento baseado em “evidências”, em certezas, a um arrazoamento em termos de hipóteses, ao mesmo tempo mais criativo (é necessário ir além do que parece evidente e imaginar novas possibilidades) e mais rigoroso (é necessário fundamentar e depois submeter à prova cuidadosamente as hipóteses, duvidar do resultado, buscar a coerência global). Assim, são as hipóteses que focalizam e orientam a resolução, que indicam os parâmetros a serem considerados (os dados a buscar). E as hipóteses — e a totalidade do corpo de conhecimentos em que se baseiam — permitirão analisar os resultados e todo o processo. Por último, sem hipótese, uma pesquisa não pode ser senão tentativa e erro, deixa de ser uma pesquisa científica.

Poderia pensar-se que é inútil insistir aqui nestas ideias tão conhecidas e que já foram apresentadas no capítulo anterior. Infelizmente é preciso reconhecer que se o papel das hipóteses apenas é considerado nas práticas de laboratório, no que se refere aos problemas com lápis e papel, a questão nem sequer é proposta. No entanto, os problemas sem dados no enunciado, como os que propusemos, obrigam os alunos a elaborar hipóteses, a imaginar quais devam ser os parâmetros pertinentes e a forma em que intervêm. Assim, por exemplo, em um problema como “*um carro começa a frear ao ver o sinal amarelo; com que velocidade chegará até a faixa de segurança?*”, não se trata somente de assinalar a influência da força de frenagem, massa do carro, distância a que se encontrava inicialmente da faixa de segurança e a velocidade que mantinha, mas de determinar a forma destas relações e, repetimos, considerar possíveis casos limites. Os alunos continuarão, assim, se aprofundan-

do na situação física, perguntando-se por exemplo “se a força da frenagem fosse nula, a velocidade com que atingiria a faixa seria ainda a inicial” etc.

É certo também que, com frequência, os alunos introduzem ideias “errôneas” quando formulam hipóteses. Por exemplo, quando se pede qual será a altura máxima que atingirá uma pedra lançada para cima, muitos alunos pensam na massa do objeto como uma variável pertinente. Mas isto, longe de ser negativo, constitui talvez a melhor maneira de trazer à luz e tratar tais ideias (que serão desmentidas pelos resultados obtidos): cada vez que os alunos abordam uma situação problemática na qual intervêm a queda de corpos pesados, suas ideias acerca da influência da massa podem reaparecer como hipóteses e assim serem tratadas; pelo contrário, a resolução de dezenas de exercícios habituais sobre este mesmo tema não impede que uma importante porcentagem de alunos de 2º grau e, mesmo, de estudantes universitários continue considerando como “evidente” que um corpo com o dobro de massa que outro cairá na metade do tempo gasto pelo primeiro.

d. Elaborar e explicitar possíveis estratégias de resolução antes de proceder a esta, evitando a simples tentativa e erro. Buscar diferentes caminhos de resolução para possibilitar o contraste de resultados obtidos e mostrar a coerência do corpo de conhecimentos de que se dispõe.

Se o corpo de conhecimentos de que dispõe o aluno desempenha, como vimos, um papel essencial nos processos de resolução, desde a representação inicial do problema e a maneira de modelar a situação, até a elaboração de hipóteses, é sem dúvida na busca de caminhos de resolução

que seu papel resulta mais evidente. Com efeito, os problemas com lápis e papel são situações que se abordam dispondo já de um corpo de conhecimentos suficientemente elaborado para permitir a resolução: seu *status* nos livros de texto é o de problemas “de aplicação”. São, entretanto, situações que podem ser resolvidas com os conhecimentos já elaborados, sem que haja necessidade de novas verificações experimentais. É, portanto, lógico e correto que na literatura sobre resolução de problemas com lápis e papel, se dê muita importância a um bom conhecimento teórico. Porém, não é tão correto que se interprete o fracasso na resolução como evidência da falta desses conhecimentos teóricos: esquece-se que as estratégias de resolução não derivam automaticamente dos princípios teóricos, mas que são também construções tentativas, que partem do questionamento qualitativo realizado, das hipóteses formuladas e dos conhecimentos que possuem naquele domínio particular, e que exigem imaginação e experimentação. As estratégias de resolução equivalem, de certa forma, aos desenhos experimentais nas pesquisas que incluem um confronto experimental e que devem ser encaradas como uma tarefa aberta, uma tentativa. Por isso é que convém buscar vários caminhos de resolução, o que além de facilitar o confronto dos resultados, pode contribuir para mostrar a coerência do corpo de conhecimentos.

e. Elaborar a resolução verbalizando ao máximo, fundamentando o que se faz e evitando, uma vez mais, operativismos carentes de significação física.

A exigência de um planejamento prévio das estratégias de resolução destina-se a evitar uma atividade próxima à

simples “tentativa e erro”, mas não pretende impor um processo rígido: os alunos (e os cientistas) concebem, às vezes, as estratégias de resolução na medida em que avançam, não estando isentos de ter que voltar atrás e buscar outro caminho. Em todo caso, é necessário que a resolução esteja fundamentada e explicada de forma clara — previamente ou na medida em que se avança — o que exige verbalização e se distancia dos tratamentos puramente operativos sem nenhuma explicação, tão comuns nos livros de texto. Isso exige também uma resolução literal até o final, o que permite que o tratamento se mantenha próximo aos princípios manipulados e facilita, além disso, a análise dos resultados. Como indicam W. Jansweijer et al. (1987), “Quando a tarefa é um verdadeiro problema, as dificuldades e as revisões são inevitáveis” e isso se vê facilitado, sem dúvida, por uma resolução literal na qual os fatores considerados pertinentes surgem explicitamente e os princípios aplicados podem ser reconhecidos, o que não ocorre, obviamente, no caso de uma resolução numérica.

f. Analisar cuidadosamente os resultados à luz das hipóteses elaboradas e, em especial, dos casos limite considerados.

A análise dos resultados constitui um aspecto essencial na abordagem de um verdadeiro problema e supõe, sobretudo, seu confronto com relação às hipóteses emitidas e ao corpo de conhecimentos. Deste ponto de vista, adquirem pleno sentido propostas como a que Reif (1983) denomina “verificação da consistência interna”:

— “O valor da resposta é razoável?”

— “A resposta depende, de uma forma qualitativa, dos parâmetros do problema no sentido que caberia esperar?”

— “A resposta ajusta-se ao que se poderia esperar em situações simples e especiais (por exemplo, as correspondentes a valores extremos das variáveis)?”

— “A mesma resposta é obtida por outro meio diferente de resolução?”

É importante constatar até que ponto o processo de análise dos resultados, preconizado por Reif no texto precedente, ajusta-se a uma verificação de hipóteses propiciadas no início da resolução para orientar e dirigir a busca dos dados necessários — as variáveis pertinentes — em vez de solicitar que “sejam reconhecidas” no enunciado como ponto de partida. Cabe perguntar-se, uma vez mais, por que esse passo lógico e aparentemente tão simples não foi dado nem por Reif nem por outros autores. Em nossa opinião, a razão disso reside no fato de se aceitar, sem questionar, o tipo habitual de enunciado e a orientação didática associada ao mesmo, e que consiste em “desproblematizar” os problemas.

Acrescentemos que, como ocorre em uma verdadeira pesquisa, *os resultados podem ser origem de novos problemas*. Seria conveniente que os alunos (e professores) chegassem a considerar este aspecto como uma das derivações mais interessantes da resolução de problemas, colocando em jogo, outra vez, sua criatividade. Tratar-se-ia, assim, de incluir uma sétima atividade no tratamento dos problemas.

g. *Considerar as perspectivas abertas pela pesquisa realizada, contemplando, por exemplo, o interesse de abordar a situação num nível de maior complexidade ou considerando suas implicações teóricas (aprofundamento na compreensão de algum conceito) ou práticas (possibilidades de aplicações técnicas). Conceber, em especial, novas situações a serem pesquisadas, sugeridas pelo estudo realizado.*

É conveniente solicitar, por último, a *elaboração de um relatório do tratamento do problema*, isto é, da pesquisa realizada, que contribua para dar à comunicação e ao aspecto acumulativo toda a importância que possuem no processo de construção de conhecimentos. Esse relatório transforma-se assim em um *produto* de interesse para a comunidade, superando a ideia de exercício escolar (destinado exclusivamente ao professor), o que costuma desempenhar um duvidoso papel motivador.

É necessário remarcar que as orientações precedentes *não* constituem um algoritmo que pretenda guiar passo a passo a atividade dos alunos. Muito pelo contrário, trata-se de indicações genéricas destinadas a chamar a atenção contra certos “vícios metodológicos” naturais: a tendência a cair em operativismos cegos ou a pensar em termos de certeza, o que se traduz em não pensar em possíveis caminhos alternativos de resolução ou em não colocar em dúvida e analisar os resultados etc. Remetemo-nos, para maior informação, a outros trabalhos que incluem a “tradução” e resolução de numerosos problemas de Física e Química, bem como os resultados obtidos com alunos do nível secundário (Martínez-Torregrosa, 1987; Gil-Pérez e Martínez-Torregrosa, 1987b; Ramírez, 1990; Reyes e Furió, 1990).

Digamos, para terminar, que temos testado reiteradamente este esquema de questionamento das concepções espontâneas dos docentes e do ensino habitual, neste e em outros domínios, como o das práticas de laboratório etc., com bons resultados. Obtém-se assim — *através de um processo de pesquisa dirigida* como o que acabamos de descrever — a (re)construção pelos professores de propostas mais de acordo com o corpo de conhecimentos hoje disponível em Didática das Ciências.

Anexo B

Um programa de didática das ciências para a formação dos professores

Como estamos tentando demonstrar ao longo deste estudo, a formação dos professores deve colocar-se em relação direta com os avanços da pesquisa didática e com uma aspiração teórica, isto é, com o objetivo explícito de mostrar o caráter de corpo coerente de conhecimentos alcançado pela Didática das Ciências. Desse ponto de vista, não faz sentido pensar em um programa “universal”, e muito menos, fixo.

Pode ser interessante, porém, mostrar um exemplo de programa que tenta aproximar-se das características indicadas anteriormente, com o objetivo de favorecer os necessários intercâmbios e debates acerca da idoneidade dos programas elaborados. Com esse objetivo, reproduzimos a seguir um programa de Didática das Ciências que vimos desenvolvendo — é claro, com contínuas revisões — em cursos de formação inicial e permanente de professores de Ciências (Furió e Gil-Pérez, 1989; Gil-Pérez, 1990). Limitar-nos-emos a apresentar sucintamente o conjunto de aspectos a serem tratados e nos remeteremos à Parte I deste

estudo e ao documento “Tendencias y experiencias innovadoras en la enseñanza de las Ciencias” (Gil-Pérez, 1991) para uma exposição mais detalhada e sua correspondente fundamentação.

1. Definição de um *fio condutor* para o desenvolvimento da disciplina, que favoreça a participação dos alunos no estabelecimento dos objetivos gerais do curso, bem como a aquisição de uma *concepção preliminar* da tarefa a realizar. (Na Parte I, Capítulo 2, vimos a forma de proporcionar essa concepção preliminar em um curso de formação de professores. Esta vivência permite questionar o interesse de uma atividade similar nos cursos de Ciências que os professores deverão ministrar.)

2. Estudo da *construção e aprendizagem de conhecimentos*: papel das concepções alternativas dos alunos na aprendizagem das Ciências, gênese histórica e individual dos conhecimentos etc.

3. Esclarecimento das *características do trabalho científico*: consideração a este respeito das práticas de laboratório (evitando, contudo, a associação reducionista do trabalho científico à atividade experimental).

4. Revisão da *didática da resolução de problemas*: dos simples exercícios de aplicação às ideias de tratamento de situações problemáticas como pesquisa, isto é, como ponto de partida para a construção de conhecimentos.

5. Consideração das *atitudes com relação à Ciência e sua aprendizagem* — provavelmente um dos problemas que mais tem colocado em xeque hoje o ensino das Ciências — com uma atenção especial às diferenças de atitude entre alunos e alunas e suas causas.

6. Atenção ao *ambiente da sala de aula e das escolas* que, embora não constitua uma questão exclusiva do ensino das Ciências, está sendo abordada hoje do ponto de vista da especificidade da Didática das Ciências como um fator essencial no processo de ensino/aprendizagem.

7. Incorporação ao currículo das *relações ensino das Ciências/meio* — incluindo as interações Ciência/Tecnologia/Sociedade, o treinamento para tomada de decisões etc. — e uma reflexão sobre as razões para a introdução das Ciências em uma formação geral dos cidadãos e cidadãs.

8. Requestionamento da *avaliação* como instrumento essencial no acompanhamento da aprendizagem e na melhoria do ensino das Ciências.

9. Análise dos *papéis do professor em sala de aula*: de “capataz” de trabalhadores braçais a orientador de pesquisas amadoras. Estudo da incidência de suas expectativas, atitudes etc., com uma atenção especial às concepções e comportamentos docentes de “senso comum”, assumidos acriticamente.

10. Estabelecimento de *critérios para a estruturação de um currículo* adequado para um determinado grupo de alunos (à luz do estudo realizado sobre a natureza do conhecimento científico e dos fatores que incidem em sua aprendizagem).

11. Estudo, a título de recapitulação dos *diferentes paradigmas de ensino/aprendizagem das Ciências* e sua fundamentação. Trata-se de mostrar que o conjunto de aspectos estudados (aos quais nos referimos nos pontos anteriores) não constituem temas desconexos, mas se integram em visões coerentes, em autênticos corpos de conhecimentos.

Além desses pontos anteriores, que podem ser abordados como “temas” do curso, é preciso contemplar outros aspectos que possam surgir mais “vivencialmente” e ser questionados explicitamente em momentos propícios. Podemos assim nos referir, entre outros, a:

12. Treinamento para a *reflexão didática explícita*, dirigida a questionar práticas docentes contempladas habitualmente como “naturais” (como resultado de uma formação docente ambiental).

13. Treinamento para o *trabalho docente em equipe* (da análise e elaboração de materiais ao *team teaching*, passando pelas práticas de “microensino”), associando o desenvolvimento da disciplina à preparação e acompanhamento das práticas docentes nas escolas.

14. *Vivência de propostas inovadoras* (novos materiais curriculares, diferentes recursos etc.) e análise crítica das mesmas.

15. Aproximação — a partir da literatura adequada — às *linhas prioritárias de pesquisa didática e suas perspectivas*. Convém questionar uma iniciação à pesquisa educativa como requisito para o aproveitamento eficaz de seus resultados e como favorecedora de uma atividade criativa dos professores.

16. *Contato com as estruturas de formação permanente*, e isso não só devido às carências mais que evidentes da formação inicial, mas porque muitos dos problemas a serem abordados não adquirem sentido até que o professor não os tenha enfrentado em sua prática pessoal e também porque uma formação docente realmente efetiva supõe a participação continuada em equipes docentes e em tarefas de pesquisa/ação.

Referências bibliográficas

AIKENHEAD, G. S. Collective decision making in the social context of science. *Science Education*, v. 69, n. 4, p. 453-75, 1985.

AIZPUN, A. La identidad de las Escuelas de Magisterio. Comunicação apresentada no Seminário de Segóvia, Espanha, organizado pela Direção Geral da Ordenação Educativa e do Professorado do MEC, 1980.

ALIBERAS, J.; GUTIÉRREZ, R.; IZQUIERDO, M. La didáctica de las ciencias: una empresa racional. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 7, n. 3, p. 277-84, 1989.

ALONSO, M.; GIL, D.; MARTINEZ-TORREGROSA, J. Propuesta de evaluación en física y análisis de la evaluación habitual. Madrid: MEC, 1992a.

_____. Los Exámenes de Física en la enseñanza por transmisión y en la enseñanza por investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 10, n. 2, p. 127-38, 1992b.

_____. Concepciones espontaneas de los profesores de Ciencias en la evaluación: obstaculos a superar y propuestas de replanteamiento. *Revista de Enseñanza de la Física*, Asociación de Profesores de Física de la Argentina, v. 5, n. 2, p. 18-38, 1992c.

ÁLVAREZ, M.; JIMÉNEZ, M. P. et al. Científicas en la sombra: propuestas de trabajo para una educación no sexista. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, t. II, p. 8-10, 1989.

- ASTOLFI, J. P.; DEVELAY, M. *Las didactiques des sciences*. Paris: PUF, 1989.
- AUSUBEL, D. P. *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas, 1978. cap. 14.
- BACHELARD, G. *La formation de l'esprit scientifique*. Paris: Vrin, 1938.
- BARANDIARÁN, J. El modelo de enseñanza/aprendizaje de las ciencias en la reforma de las enseñanzas medias. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 6, n. 2, p. 167-78, 1988.
- BARBERÁ, O.; SANJOSE, V. Juegos de simulación por ordenador: un útil para la enseñanza a todos los niveles. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 8, n. 1, p. 46-51, 1990.
- BEVILACQUA, F.; KENNEDY, P. J. *Proceedings of the International Conference on Using History of Physics in Innovatory Physics Education*. Pavia: University of Pavia, 1983.
- BLACKBURN, P.; MOISAN, C. *The in-service training of teachers*. Maastricht: Presses Interuniversitaires Européennes, 1986.
- BRINCONES, I.; FUENTES, A.; NIEDA, J.; PALACIOS, M.; OTERO, J. Identificación de comportamientos y características deseables del profesorado de ciencias experimentales del bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 4, n. 3, p. 209-22, 1986.
- BRISCOE, C. The dynamic interactions among beliefs, role metaphores and teaching practices: a case study of teacher change. *Science Education*, v. 75, n. 2, p. 185-99, 1991.
- BROMME, R. Conocimientos profesionales de los profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 6, n. 1, p. 19-29, 1988.
- BULLEJOS, J. Análisis de actividades en textos de Física y Química de 2. de BUF. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 1, n. 3, p. 147-57, 1983.
- BURBULES, N.; LINN, M. Science education and philosophy of science: congruence or contradiction?. *International Journal of Science Education*, v. 13, n. 3, p. 227-41, 1991.

- CALDERHEAD, J. La mejora de la práctica de la clase: aplicaciones de la investigación sobre la toma de decisiones en la formación del profesorado. *Actas del I Congreso Internacional sobre Pensamiento de los Profesores y Toma de Decisiones*. Sevilla: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Sevilla, 1986.
- CAÑAL, P.; PORLÁN, R. Bases para un programa de investigación en torno a un modelo didáctico de tipo sistémico e investigativo. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 6, n. 1, p. 54-60, 1988.
- CARRASCOSA, J.; FERNÁNDEZ, I.; GIL, D.; OROZCO, A. La visión de los alumnos sobre lo que el profesorado de ciencias ha de saber y saber hacer. *Investigación en la Escuela*, 1990. [No prelo.]
- _____. Criterios básicos para la elaboración de un curriculum de Física y Química. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 2, n. 2, p. 103-10, 1984.
- _____. Formation du professorat des Sciences et changement methodologique. *VII^{émes} Journées Internationales sur l'enseignement Scientifique*, p. 301-8, 1985.
- CARVALHO, A. M. P. de. Os estágios de prática de ensino de Física: ação participativa nas escolas estaduais de 2º grau. *Cadernos de Pesquisa*, n. 53, p. 61-67, 1985.
- _____. Prática de ensino: três diretrizes norteadoras de seu conteúdo específico. In: CARVALHO, A. P. (org.). *A formação do professor e a prática de ensino*. São Paulo: Pioneira, 1988a.
- _____. O currículo do curso de Licenciatura: realidade, diretrizes e problemas. In: CARVALHO, A. P. (org.). *A formação do professor e a prática de ensino*. São Paulo: Pioneira, 1988b.
- _____. A pesquisa na prática de ensino. In: CARVALHO, A. P. (org.). *A formação do professor e a prática de ensino*. São Paulo: Pioneira, 1988c.

CARVALHO, A. M. P. de. O curso de licenciatura e a realidade profissional nas escolas de 2º grau. In: CARVALHO, A. P. (org.). *A formação do professor e a prática de ensino*. São Paulo: Pioneira, 1988d.

_____. A prática de ensino e o estágio supervisionado: conceitualização. In: CARVALHO, A. P. (org.). *A formação do professor e a prática de ensino*. São Paulo: Pioneira, 1988e.

_____. *Física*: proposta para um ensino construtivista. São Paulo: EPU, 1989a.

_____. A formação de professores: o discurso crítico liberal em oposição ao agir dogmático repressivo. *Ciência e Cultura*, v. 41, n. 5, p. 432-434, 1989b.

_____. Classroom research: important factor in teacher education. *Journal of Education for Teaching*, aceito para publicação, 1993a.

_____. Reformas nas licenciaturas: a necessidade de uma mudança curricular. *Em Aberto*, Instituto Nacional de Estudos Pedagógicos, n. 54, p. 51-64, 1993b.

CARVALHO, A. M. P. de; VIANNA, D. M. A licenciatura em questão. *Ciência e Cultura*, v. 40, n. 2, p. 143-147, 1988.

CLOUGH, E. E.; DRIVER, R. A study of consistency in the use of students' conceptual frameworks across different task contexts. *Science Education*, v. 70, n. 4, p. 473-496, 1986.

COBB, P.; WOOD, T.; YACKEL, E. Analogies from the philosophy and sociology of science for understanding classroom life. *Science Education*, v. 75, n. 1, p. 23-44, 1991.

COLL, C. *Psicología y curriculum*. Barcelona: Laia, 1987.

COREY, S. M. *Action research to improve school practice*. Nova York: Bureau of Publication Teachers/Columbia University, 1953.

CRONIN-JONES, L. L. Science teaching beliefs and their influence on curriculum implementation: two case studies. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 38, n. 3, p. 235-50, 1991.

DRIVER, R. Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 4, n. 1, p. 3-15, 1986.

DRIVER, R.; OLDHAM, V. A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, n. 13, p. 105-122, 1986.

DUMAS-CARRÉ, A.; FURIÓ, C.; GARRET, R. Formación inicial del profesorado de ciencias en Francia, Inglaterra y Gales y España. Análisis de la organización de los estudios y nuevas tendencias. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 8, n. 3, 1990.

DUSCHL, R.; GITOMER, D. Epistemological perspectives on conceptual change: implications for educational practice. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 28, n. 9, p. 839-58, 1991.

ELSHOUT, J. J. Problem solving and education, state of the art paper. Early Conference, Lewen, jun. 1985.

FERNÁNDEZ URÍA, E. *Estructura y didáctica de las Ciencias*. Madrid: MEC, 1979.

FURIÓ, C.; GIL-PÉREZ, D. *El programa-guía*: una propuesta para la renovación de la didáctica de la Física y Química. Valência: ICE da Universidade de Valência, 1978.

_____. Els cursos d'aptitud pedagògica en qüestió. *Estudi*, p. 12-13, out. 1984.

_____. La didáctica de las ciencias en la formación inicial del profesorado: una orientación y un programa teóricamente fundamentados. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 7, n. 3, p. 257-65, 1989.

_____. Teacher training in Spain: current situation and proposed reforms. In: LIPPKE, W. (org.). *Euroteacher*. Siegen: Universitat G-H, 1991.

FURIÓ, C.; GIL-PÉREZ, D.; CARVALHO, A. P.; SALCEDO, L. E. La formación inicial del profesorado de Educación Secundaria: papel de las didácticas especiales. *Investigación en la Escuela*, 1991. [No prelo.]

FURIÓ, C.; GIL-PÉREZ, D.; SENENT, F. La formación inicial del profesorado de EE. MM.: introducción de estudios universitarios de didáctica de las disciplinas. Comunicação apresentada no Congresso "Experiencias y propuestas sobre Formación Inicial del profesorado de Enseñanza Media", organizado pelo ICE, Universidade de Alicante, Espanha, jun. 1988.

GABEL et al. Science Education research interest of elementary teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 24, n. 7, p. 659-77, 1987.

GAGLIARDI, R.; GIORDAN, A. La historia de las ciencias: una herramienta para la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 4, n. 3, p. 253-259, 1986.

GARRETT, R. M. Issues in science education: problem-solving, creativity and originality. *International Journal of Science Education*, v. 9, n. 2, p. 125-37, 1987.

GENÉ, A.; GIL, D. Tres principios básicos en la formación del profesorado. *Endecha Pedagógica*, n. 18, p. 28-30, 1987.

_____. La formación del profesorado como cambio didáctico. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, n. 2, p. 155-59, 1988.

GIL-PÉREZ, D. *La investigación en el aula de Física y Química*. Madrid: Anaya, 1982a.

_____. El profesorado y la investigación educativa. In: _____. *Primeras jornadas de investigación didáctica en física y química*. València: ICE, 1982b. p. 537-40.

_____. Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 1, n. 1, p. 26-33, 1983.

_____. El futuro de la enseñanza de las ciencias. *Revista de Educación*, n. 278, p. 27-38, 1985.

_____. La metodología científica y la enseñanza de las ciencias: unas relaciones controvertidas. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 4, n. 2, p. 111-121, 1986.

GIL-PÉREZ, D. Por una formación permanente efectiva. In: _____. (org.). *La formación de formadores en didáctica de las ciencias*. València: Nau Llibres, 1990.

_____. ¿Qué han de saber y saber hacer los profesores de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, v. 9, n. 1, p. 69-77, 1991b.

_____; BELÉNDEZ, A.; MARTÍN, A.; MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. La formación del profesorado universitario de materias científicas: contra algunas ideas y comportamientos "de sentido común". *Revista Interuniversitaria de Formación del profesorado*, 1992. [No prelo.]

_____; CARRASCOSA, J. Science learning as a conceptual and methodological change. *European Journal of Science Education*, v. 7, n. 3, p. 231-236, 1985.

_____. What to do about science misconceptions? *Science Education*, v. 74, n. 4, 1990.

_____; FURIÓ, C. MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori, 1991c.

_____; DE GUZMÁN, M. *Enseñanza de las ciencias de las matemáticas: tendencias e innovaciones*. Madrid: Editorial Popular, 1993.

_____; DUMAS-CARRÉ, A.; CAILLOT, M.; MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. Paper and pencil problem solving in the physical sciences as an activity of research. *Studies in Science Education*, n. 18, p. 137-151, 1990.

_____. La resolución de problemas de lápiz y papel como actividad de investigación. *Investigación en la Escuela*, n. 6, p. 3-20, 1989.

_____; MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. A model for problem-solving in accordance with scientific methodology. *European Journal of Science Education*, v. 5, n. 4, p. 447-55, 1983.

_____. Problem-solving in physics: a critical analysis. *Research on Physics Education*. Paris: Editions du CNRS, 1984.

GIL-PÉREZ, D.; MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. Los programas-guía de actividades: una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, n. 3, p. 3-12, 1987a.

_____. *La resolución de problemas de Física*. Madrid: MEC, 1987b.

_____; SENENT, F. El fracaso en la resolución de problemas: una investigación orientada por nuevos supuestos. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 6, n. 2, p. 131-146, 1988.

_____; PAYÁ, J. Los trabajos prácticos de física y química y la metodología científica. *Revista Enseñanza de la Física*, v. 2, n. 2, p. 73-79, 1988.

GIMENO, J. El profesor como investigador en el aula: un paradigma de formación de profesores. *Educación y Sociedad*, n. 2, 1983.

_____. El perfeccionamiento como desarrollo de la profesionalidad docente. In: GIL, D. (org.). *La formación de formadores en didáctica de las ciencias*. València: Nau Llibres, 1990.

_____; PÉREZ, A. *La enseñanza: su teoría y su práctica*. Madrid: Akal, 1983.

GIORDAN, A. Observation — Experimentation: mais comment les élèves apprennent-ils? *Revue Française de Pédagogie*, n. 44, p. 66-73, 1978.

_____. Interés didáctico de los errores de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 3, n. 91, p. 11-17, 1985.

GOBLE, N. M. PORTER, J. F. *L'Evolution du rôle du maître*. Paris: Unesco, 1977.

GOMEL, M. Essai d'analyse très qualitative, et peu quantitative, des problèmes de formation des maîtres (sciences physiques). *L'Actualité Chimique*, p. 42-46, mars 1978.

GONZÁLEZ, E. *Las prácticas de laboratorio en la formación del profesorado*. Dissertação (Mestrado) — Universidade de València, València, 1991.

GRUENDER, C. D.; TOBIN, K. Promise and prospect. *Science Education*, v. 75, n. 1, p. 1-8, 1991.

GUTIÉRREZ, R. La investigación en didáctica de las ciencias. Elementos para su comprensión. *Bordón*, n. 268, p. 339-362, 1987.

HASHWEH, M. Z. Towards an explanation of conceptual change. *European Journal of Science Education*, v. 8, n. 3, p. 229-249, 1986.

HEWSON P. W.; HEWSON, M. G. Science teachers conceptions of teaching: implications for teachers education. *International Journal of Science Education*, n. 9, n. 4, p. 425-440, 1987.

_____. On appropriate conception of teaching science: a view from studies of science learning. *Science Education*, v. 72, n. 5, p. 597-614, 1988.

HODSON, D. Philosophy of science, science and science education. *Studies in Science Education*, n. 12, p. 25-57, 1985.

_____. Social control as a factor in science curriculum change. *International Journal of Science Education*, v. 9, n. 5, p. 529-540, 1987.

HOST, V. Procédures d'apprentissage spontanées dans la formation du scientifique. *Revue Française de Pédagogie*, n. 45, p. 103-110, 1978.

HOYAT, F. *Les examens*. Paris: Institut de l'Unesco pour l'Education, 1962.

IMBERNON, F. A formação do professorado. *Cuadernos de Pedagogía*, n. 178, p. 88-97.

JANWEIJER, W.; ELSHOUT, J.; WEILINGER, B. Modeling the genuine beginner: on the multiplicity of learning to solve problems. Early Conference, Tubigen, 1987.

JIMÉNEZ, M. P.; ALVAREZ, M. Género, ciencia y tecnología. In: MORENO, M. (org.). *Coeducación*. Barcelona: Paidós, 1991.

JIMÉNEZ, M.; OTERO, L. La ciencia como construcción social. *Cuadernos de Pedagogía*, n. 180, p. 20-22, 1990.

KRASILCHIK, M. Biology teaching in Brazil: a case of curricular transformation. *Journal of Biological Education*, v. 13, n. 4, p. 311-314, 1979.

_____. *O professor e o currículo das ciências*. São Paulo: Edusp, 1987.

_____. O papel da prática de ensino nos cursos de licenciatura. In: CARVALHO, A. P. (org.). *A formação do professor e a prática de ensino*. São Paulo: Pioneira, 1988.

KRULIK, D.; RUDNICK, K. Problem solving in school mathematics. National Council of Teachers of Mathematics. *Year Book*. Virgínia: Reston, 1980.

KUHN, T. S. *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económico, 1971.

LEBOUTET, L. *L'Enseignement de la Physique*. Paris: PUF, 1973.

LEWIN, K. Action research and minority problems. *Journal of Social Issues*, n. 2, p. 34-46, 1946.

LINN, M. C. Establishing a research base for science education: challenges, trends and recommendations. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 24, n. 3, p. 191-216, 1987.

LUCAS, A. M. Tendencias en la investigación sobre la enseñanza-aprendizaje de la biología. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 4, n. 3, p. 189-198, 1986.

MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. *La resolución de problemas de Física como investigación: un instrumento de cambio metodológico*. Tese (Doutorado) — Faculdade de Física da Universidade de Valência, Valência, 1987.

MATTHEWS, M. R. History, Philosophy and Science teaching: a reapprochement. *Studies in Science Education*, n. 18, p. 25-51, 1990.

MAURI, T.; GÓMEZ L.; DEL CARMEN, L. La formación psicopedagógica del profesorado de educación secundaria y su relación

con la práctica. Atas do I Congresso Nacional sobre Formação do Professorado — Escola Universitária de Formação do Professorado da EGB. Espanha: Burgos, 1991. [No prelo.]

McDERMOTT, L. C. A perspective on teacher preparation in physics and other sciences: the need for special science courses for teachers. *American Journal of Physics*, v. 58, n. 8, p. 734-742, 1990.

McINTOSH, J. W.; ZEIDLER, D. I. Teachers conceptions of the contemporary goals of science education. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 25, n. 2, p. 93-102, 1988.

MILLAR, R.; DRIVER, R. Beyond process. *Studies in Science Education*, n. 14, p. 33-62, 1987.

MOREIRA, M. A. O professor/pesquisador como instrumento e melhoria do ensino de Ciências. In: _____; AXT, R. (orgs.). *Tópicos em ensino de ciências*. Porto Alegre: Sagra, 1991.

_____; NOVAK, D. P. Investigación en la enseñanza de las ciencias en la Universidad de Cornell: esquemas teóricos, cuestiones centrales y abordos metodológicos. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 6, n. 1, p. 3-18, 1988.

MORENO, A. La formación de los profesores en España: historia de una frustración. *Revista Española de Física*, v. 4, n. 1, p. 77-84, 1990.

NADAI, E. A prática de ensino e a democratização da escola. In: CARVALHO, A. P. (org.). *A formação do professor e a prática de ensino*. São Paulo: Pioneira, 1988.

NOVAK, J. D. Constructivismo humano: un consenso emergente. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 6, n. 3, p. 213-223, 1988.

_____; GOWIN, B. *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: M. Roca, 1988.

NUSBAUM, J.; NOVIK, S. Alternative frameworks, conceptual conflict and accommodation: towards a principled teaching strategy. *Instructional Science*, n. 11, p. 183-200, 1982.

- OSBORNE, R.; WITTROCK, W. Learning science: a generative process. *Science Education*, n. 67, p. 490-508, 1983.
- OTERO, J. Assimilation problems in traditional representation of scientific knowledge. *European Journal of Science Education*, v. 7, n. 4, p. 361-369, 1985.
- _____. La producción y la comprensión de la ciencia: la elaboración en el aprendizaje de la ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 7, n. 3, p. 223-228, 1989.
- PENICK, J. E.; YAGER, R. E. Trends in science education: some observations of exemplary programs in the United States. *European Journal of Science Education*, v. 8, n. 1, p. 1-9, 1986.
- _____. Science teacher education: a program with a theoretical and pragmatic rationale. *Journal of Teacher Education*, p. 59-64, nov./dez. 1988.
- PIAGET, J. *Psicología y pedagogía*. Barcelona: Ariel, 1969.
- _____. *La epistemología genética*. Barcelona: Redondo, 1970.
- POLYA, G. On solving mathematical problems in high school. In: KRULIK, S.; REYES, R. E. (orgs.). *Problem solving in school mathematics*. Virgínia: Reston, 1980.
- PORLÁN, R. El maestro como investigador en el aula. Investigar para conocer, conocer para enseñar. *Investigación en la Escuela*, n. 1, p. 63-70, 1987.
- _____. *Teoría del conocimiento, teoría de la enseñanza y desarrollo profesional: las concepciones epistemológicas de los profesores*. Tese (Doutorado) — Universidade de Sevilha, Sevilha, 1990.
- PRENDERGAST, W. F. Terminology of problem solving. *Problem Solving New Letter*, v. 8, n. 2, p. 1-7, 1986.
- RAMÍREZ, L. La resolución de problemas de Física y Química como investigación en la enseñanza media, un instrumento de cambio metodológico. Universidade Autônoma de Barcelona, Faculdade de Ciências Químicas, 1990.

- REIF, F. Teaching problem solving. A scientific approach. *The Physics Teacher*, p. 477 e s., maio 1983.
- RESNICK, L. B. Mathematics and science learning: a new conception. *Science*, n. 220, p. 477 e s., 1983.
- REYES, V.; FURIÓ, C. Opinión de los profesores sobre las causas del fracaso escolar en la resolución de problemas de Química. III Jornadas para la Renovación Metodológica de los EE. MM. y C. S. Bilbao: Universidade do País Vasco/ICE, 1988.
- RIBEIRO, M. O professor como produtor de conhecimento sobre o ensino. In: CARVALHO, A. P. (org.). *A formação do professor e a prática de ensino*. São Paulo: Pioneira, 1988.
- RISLEY, J.; REDISH, E. *Proceedings of the conference on computers in physics instruction*. Nova York: Addison/Wesley, 1989.
- RIVAS, M. Factores de eficacia escolar: una línea de investigación didáctica. *Bordón*, n. 264, p. 693-708, 1986.
- ROSENTHAL, R.; JACOBSON, L. *Pigmalion in the classroom*. Nova Jersey: Rineheart and Winston, 1968.
- SÁENZ, M. J. La investigación-acción y la formación del profesorado. *Investigación en la Escuela*, n. 2, p. 15-20, 1987.
- SALTIEL, E.; VIENNOT, L. ¿Qué aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontáneo de los estudiantes? *Enseñanza de las Ciencias*, v. 3, n. 2, p. 137-144, 1985.
- SANTOS, M. S. *A metodologia de resolução de problemas como atividade de investigação: um instrumento de mudança didática*. Tese (Doutorado) — Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.
- SATTERLY, D.; SWANN, N. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 6, n. 3, p. 278-284, 1988.
- SCHIBECCHI, R. A. Images of science and scientists and science education. *Science Education*, v. 70, n. 2, p. 139-149, 1986.

- SEAGOE, M. V. *A teacher's guide to the learning process*. Dubuque, Iowa: WM. C. Brown Co. Publishers, 1961.
- SERRAMONA, J. *Investigación y estadística aplicadas a la educación*. Barcelona: CEAC, 1980.
- SERRANO, T. Representaciones de los alumnos en biología: estado de la cuestión y problemas para su investigación en el aula. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 5, n. 3, p. 181-183, 1987.
- SHAYER, M.; ADEY, P. *La ciencia de enseñar ciencia*. Madrid: Narcea, 1984.
- SHUELL, T. J. Cognitive psychology and conceptual change: implications for teaching science. *Science Education*, v. 71, n. 2, p. 239-250, 1987.
- SIMPSON; OLIVER. A summary of major influences on attitude toward and achievement in science among adolescent students. *Science Education*, v. 74, n. 1, p. 1-18, 1990.
- SOLBES, J.; VILCHES, A. Interacciones C/T/S: un instrumento de cambio actitudinal. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 7, n. 1, p. 14-20, 1989.
- SPEARS, M. G. Sex bias in science teachers' ratings of work and pupils characteristics. *European Journal of Science Education*, v. 6, p. 369-377, 1984.
- STENHOUSE, L. *An introduction to curriculum research and development*. Londres: Heineman, 1975.
- TIBERGHIE, A. Quelques éléments sur l'évolution de la recherche en didactique de la physique. *Revue Française de Pédagogie*, n. 72, p. 71-86, 1985.
- TOBIN, K. Secondary science laboratory activities. *European Journal of Science Education*, v. 8, n. 2, p. 199-211, 1986.
- _____. ESPINET, M. Impediments to change: application of coaching in high school science teaching. *European Journal of Science Education*, v. 26, n. 2, p. 105-120, 1989.

- TONUCCI, F. et al. Gli atteggiamenti degli insegnanti di scuola elementare nelle scienze biologico-naturalistiche. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 9, n. 1, p. 28-42, 1991.
- TOULMIN, S. *La comprensión humana. I: el uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Madrid: Alianza, 1977.
- TYLER. How schools utilize educational research and development. In: GLASER, R. (org.). *Research and development and school science*. Nova Jersey: Lawrence, Erlbaum Associates, 1978.
- VERMA, G. K.; BEARD, R. M. *What is educational research?* Londres: Gower, 1981.
- VIENNOT, L. *Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire*. Tese (Doutorado). Paris: Herman, 1979.
- _____. L'enseignement des sciences physiques objet de recherche. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, n. 716, p. 899-910, 1989a.
- _____. La didáctica en la enseñanza superior ¿para qué? *Enseñanza de las Ciencias*, v. 7, n. 1, p. 3-13, 1989b.
- WHEATLEY, G. H. Constructivist perspectives on science and mathematics learning. *Science Education*, v. 75, n. 1, p. 9-21, 1991.
- YAGER, R. E.; PENICK, J. E. Analysis of the current problems with school science in the USA. *European Journal of Science Education*, v. 5, p. 463-59, 1983.
- ZALAMEA GODOY, E.; PARÍS ESPINOSA; R. ¿Sabían los maestros la Física que enseñan? *Enseñanza de las Ciencias*, v. 7, n. 3, p. 251-256, 1989.
- ZYLBERSZTAJN, A. Concepções espontâneas em física: exemplos em dinâmica e implicações para o ensino. *Revista de Ensino de Física*, v. 5, n. 2, p. 3-16, 1988.