

© 2002 by Demétrio Delizoicov
José André Angotti
Marta Maria Pernambuco

© Direitos de publicação
CORTEZ EDITORA
Rua Bartira, 317 – Perdizes
05009-000 – São Paulo – SP
Tel.: (11) 3864-0111 Fax: (11) 3864-4290
cortez@cortezeditora.com.br
www.cortezeditora.com.br

Direção
José Xavier Cortez

Editor
Amir Piedade

Preparação
Alexandre Soares Santana

Revisão
Ana Luiza Couto
Ricardo Kato de Campos Mendes

Edição de Arte
Mauricio Rindeika Seolin

Papéis da capa
Atelier Luiz Fernando Machado

Ilustrações
Roberto Melo

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

Delizoicov, Demétrio

Ensino de Ciências: fundamentos e métodos / Demétrio
Delizoicov, José André Angotti, Marta Maria Pernambuco;
colaboração Antônio Fernando Gouvêa da Silva. — 2. ed. —
São Paulo: Cortez, 2007. — (Coleção Docência em Formação /
coordenação: Antônio Joaquim Severino, Selma Garrido Pimenta)

ISBN 978-85-249-0858-3

Bibliografia

1. Ciências — Estudo e ensino 2. Ciências — Pesquisa 3.
Professores — Formação Profissional — I. Angotti, José
André. II. Pernambuco, Marta Maria. III. Silva, Antônio
Fernando Gouvêa da. IV. Severino, Antônio Joaquim. V.
Pimenta, Selma Garrido. VI. Título.

02-5845

CDD-507

Índices para catálogo sistemático:

1. Ciências: Ensino 507
2. Ensino de Ciências 507

Impresso no Brasil – abril de 2007

DEMÉTRIO DELIZOICOV
JOSÉ ANDRÉ ANGOTTI
MARTA MARIA PERNAMBUCO

Ensino de Ciências: fundamentos e métodos

2ª Edição

Colaboração
Antônio Fernando Gouvêa da Silva

CORTEZ
EDITORA

Conhecimento e sala de aula

A sala de aula é local privilegiado do ponto de vista das relações que se estabelecem entre aluno e aluno, aluno e professor e destes com o conhecimento, uma vez que, cotidianamente, essas relações têm ocorrência sistemática, sendo planejadas com base em alguma perspectiva didático-pedagógica. Nesta parte, será considerado o aspecto cognitivo delas, lembrando, no entanto, que outros aspectos igualmente importantes, tal como o afetivo, estão presentes nas interações entre professor e alunos em sala de aula.

1. Dimensão epistemológica das interações

As teorias do conhecimento atribuem distintos papéis àquele que conhece, ao qual denominam *sujeito do conhecimento*, e àquilo que se quer conhecer, denominado *objeto do conhecimento*. A análise epistemológica realizada por distintos filósofos da ciência, mediante os mais variados enfoques, tem destacado que tanto a concepção empirista como a racionalista/inatista, enquanto bases para uma compreensão do problema do conhecimento, não se sustentam, particularmente quando são consideradas teorias científicas como a mecânica quântica, entre outras. A visão

Epistemologia: área da Filosofia que estuda a questão do conhecimento. Tem como sinônimos: gnoseologia e teoria do conhecimento.
Empirismo: concepção epistemológica que pressupõe que a origem do conhecimento é a experiência sensível.
Racionalismo: concepção epistemológica que pressupõe que o pensamento, a razão, é a fonte principal do conhecimento humano.
Inatismo: concepção epistemológica que pressupõe a existência de algumas idéias inatas, ou seja, independentes de qualquer experiência anterior.
Positivismo: do ponto de vista epistemológico, é a concepção que pressupõe que só é válido o conhecimento proveniente da experiência sensível.
Para uma leitura introdutória sobre epistemologia, ver: SEVERINO, A. J. *Filosofia*. São Paulo: Cortez, 2000. cap. 7-8.

clássica de ciência, de caráter positivista, que tem na neutralidade do sujeito um de seus pressupostos básicos, passa a ser questionada, sobretudo a partir de meados da década de 30 do século XX.

Contribuições como as do filósofo Karl Popper, do cientista e filósofo Gaston Bachelard, do físico e historiador da ciência Thomas Kuhn e de Ludwik Fleck, médico e sociólogo da ciência polonês que foi contemporâneo de Popper e Bachelard e cuja obra tem sido recentemente estudada, acenam para uma compreensão da produção atual da ciência distinta daquela da visão clássica. Esses autores propõem modelos e teorias díspares para compreender os caminhos da ciência; entretanto, ao argumentarem sobre a inconsistência do pressuposto da neutralidade epistemológica do sujeito do conhecimento — como queria a visão do positivismo e do empirismo lógico — para explicar o surgimento de novos conhecimentos, compartilham da ênfase ao pressuposto do papel fundamental que as interações não neutras entre sujeito e objeto exercem na produção de conhecimentos: Admitem, portanto, a participação quer do sujeito quer do objeto na gênese do conhecimento, descartando certa ordem de interpretações — e argumentando contra elas — segundo as quais a origem do conhecimento científico estaria nos objetos, mediante os quais o sujeito contemplativamente neutro, de modo conveniente e usando um método, descobriria as leis que governam o fenômeno a ser conhecido. É enfaticamente empregada e destacada a categoria descontinuidade na análise desses epistemólogos, em oposição à visão cumulativa que o empirismo lógico atribui à produção do conhecimento.

Karl Popper (1902- 1994), filósofo austríaco, criticou a busca de um critério de enunciados empiricamente significativos, conforme defendia o Círculo de Viena. Dentre suas obras, destaca-se o influente livro *Lógica da descoberta científica*, publicado em 1934. O Círculo de Viena, composto de um grupo de filósofos, matemáticos, físicos, entre outros estudiosos, cujas atividades se iniciaram em 1907, na cidade de Viena, defendia uma concepção puramente empirista da ciência, conhecida como positivismo lógico ou empirismo lógico, afirmando que todo conhecimento possível pode ser obtido por intermédio da lógica, da matemática e das ciências empíricas.

Gaston Bachelard (1884-1962), cientista e filósofo francês, tem vasta obra publicada, contando com livros de poesia, além dos que versam sobre epistemologia, entre seus escritos. Crítico da concepção empirista, em uma de suas obras mais importantes, *A formação do espírito científico*, publicada em 1936, argumenta que, para haver o desenvolvimento do pensamento científico, é preciso superar o que denominou de obstáculos epistemológicos.

Thomas Kuhn (1922-1996), físico e historiador da ciência americano, publicou em 1962 sua obra de maior impacto, *A estrutura das revoluções científicas*, onde argumenta que a produção do conhecimento científico ocorre segundo paradigmas (padrões) compartilhados por comunidades de pesquisadores, que os empregam na solução de seus problemas de investigação.

Ludwik Fleck (1896-1961), médico e epistemólogo polonês, também tem vasta obra publicada, tanto na área da microbiologia e imunologia como na da epistemologia. Seu livro *La génesis y el desarrollo de un hecho científico*, publicado em alemão em 1935, também como uma crítica às posições epistemológicas do Círculo de Viena, tornou-se conhecido a partir de uma referência passageira de Thomas Kuhn no prefácio de seu livro.

Assim, Kuhn (1975), pela introdução e uso do termo *paradigma*, argumenta que no desenvolvimento da ciência ocorrem rupturas. Trata-se do que ele

Paradigma: Modelo, padrão de conjugação verbal. Kuhn emprega o termo para analisar a produção de conhecimento científico, argumentando que os cientistas, durante o período de sua formação, estão apropriando-se de padrões de resoluções de problemas de investigação, ou seja, de paradigmas científicos aceitos e compartilhados pela comunidade de pesquisadores a que pertencem. Ao realizar uma investigação, afirma Kuhn, o cientista localiza, formula e soluciona problemas de acordo com os paradigmas vigentes, desenvolvendo o que o autor designa de “*ciência normal*”. Em períodos históricos em que os paradigmas vigentes passam a não solucionar problemas localizados e formulados, não obstante o empenho da comunidade de cientistas

em resolvê-los, esta se conscientiza de que tais paradigmas já não dão conta da solução dos problemas. Estabelece-se uma crise, com a conseqüente busca, pela comunidade, de outros paradigmas que possam solucioná-los. Nesse processo, após o surgimento e aceitação das soluções propostas, Kuhn sustenta que a comunidade passa a compartilhar de novo paradigma, ocorrendo o que ele denomina “*revolução científica*”, cuja característica mais marcante é a mudança na visão de mundo do cientista. Essa revolução representa uma descontinuidade, um salto em relação ao que se concebia anteriormente, implicando profundas diferenças entre as compreensões contidas nos paradigmas velho e novo. Como exemplos dessa situação, pode-se mencionar a mudança do modelo geocêntrico para o modelo heliocêntrico, as formulações da mecânica clássica e quântica, o lamarckismo e o (neo)darwinismo. O caráter cumulativo da ciência seria, então, uma característica apenas dos períodos de “ciência normal”, quando a ciência evolui por acréscimo de novos conhecimentos, mediante a solução de problemas. Numa perspectiva cumulativa, é como se o empreendimento científico constituísse uma construção que aumentasse à medida que mais “tijolos” (novos resultados de pesquisa) fossem acrescentados. Essa compreensão, fortemente enraizada na visão positivista da ciência, é contestada pelas teorias epistemológicas contemporâneas, para as quais há períodos em que, em vez de construção, estaria ocorrendo uma desestabilização do empreendimento anterior, com o surgimento de explicações novas. Na interpretação de Kuhn, quando ocorrem as revoluções científicas. Essas situações, conforme essa linha de argumentação, confeririam também um caráter descontínuo à produção do conhecimento científico.

denominou *revoluções científicas*, quando um paradigma é substituído por outro, tendo como uma das conseqüências a mudança na visão de mundo do cientista. O período de produção cumulativa, denominado ciência normal, ocorreria, então, na perspectiva kuhniana, apenas durante a vigência dos paradigmas compartilhados pela comunidade científica, que localiza, formula e soluciona seus problemas de pesquisa com base nesses paradigmas. A título de exemplos, as seguintes referências podem ser citadas, se quisermos destacar as rupturas que alguns paradigmas ocasionaram: os modelos geocêntrico e heliocêntrico para o movimento dos planetas; as mecânicas clássica, relativística e quântica; as teorias da evolução

das espécies de Lamarck e Darwin, entre outras que, em maior ou menor grau, exigem compreensão de que a produção do conhecimento científico não se caracteriza apenas por seu caráter cumulativo.

Numa perspectiva semelhante à de Kuhn, temos a contribuição de Fleck (1986), cujo livro *La génesis y el desarrollo de un hecho científico* foi publicado em alemão em 1935, sendo bastante anterior à proposição kuhniana. Fleck, em vez de paradigma, emprega o termo “estilo de pensamento” para designar conhecimentos e práticas compartilhadas por um “coletivo de pensamento” que realiza pesquisa em determinada área do conhecimento. Pretendendo que sua análise epistemológica se aplique também a coletivos de pensamentos que constituem tanto as várias

Kuhn informa, na introdução de seu livro *A estrutura das revoluções científicas*, embora sem fornecer detalhes, a influência da leitura do livro de Fleck (1986) na elaboração das idéias contidas em seu livro. De fato, o significado do termo paradigma tem semelhança com o que Fleck denomina de estilo de pensamento — ou seja, conhecimentos e práticas, para o enfrentamento de problemas de investigação, compartilhadas por grupos de cientistas, que constituiriam coletivos de pensamento. Fleck, com base na análise histórica, do mesmo modo que Kuhn faria mais tarde, argumenta que os estilos de pensamento teriam fases de instauração, extensão e transformação. As duas primeiras ocorreriam quando alguma novidade científica — que inclui modelo, técnica experimental, teoria — é proposta e ampliadamente compartilhada pelos pares do coletivo de pensamento para a solução de problemas de pesquisa. Essas duas fases constituiriam um período que Fleck denomina de classismo, com papel semelhante ao que Kuhn denominaria posteriormente de ciência normal. Já a fase de transformação seria aquela em que o coletivo de pensamento se conscientiza das complicações (Fleck, 1986) de seu estilo, ou seja, se conscientiza da existência de problemas (tal como as anomalias kuhnianas) para os quais o estilo de pensamento que orienta a pesquisa não apresenta solução consistente. Segundo Fleck, essas complicações seriam uma das causas da mudança de estilo de pensamento, comportando também descontinuidades e rupturas. Muito embora este autor visasse, de início, considerar a produção na área médica, particularmente tendo como referência básica a microbiologia, da qual era pesquisador, ele ampliou sua proposição, generalizando-a de modo que contemplasse as demais áreas do conhecimento, também o daqueles coletivos não pertencentes a comunidades científicas.

especialidades científicas como os que compartilham de conhecimentos não originários das áreas científicas, Fleck argumenta em prol do uso ampliado da categoria estilo de pensamento e da dinâmica de disseminação deste, a qual, segundo sua análise, ocorreria mediante um processo de instauração, extensão e transformação dos estilos. Possibilita, portanto, que se estabeleçam considerações de caráter epistemológico também a respeito do saber prevalente dos alunos, objeto da 3ª Parte.

Com o emprego de outras categorias epistemológicas, tais como *obstáculos epistemológicos* e *rupturas*, mais adiante apresentadas, Bachelard igualmente se ocupa da análise de processos descontínuos que ocorrem tanto na apropriação de conhecimentos pelos estudantes como na produção científica.

Portanto, de acordo com as posições desses epistemólogos, *não* constituem referências adequadas as teorias do conhecimento que pressupõem quer a supremacia do *objeto*, como é o caso das empiristas, quer a supremacia do *sujeito*, como as idealistas, ao se dete-rem na busca de explicações para o surgimento do *conhecimento novo*, isto é, daquele que ainda não foi produzido e não está disponível para ser publicado e socializado, caso típico do processo de produção do conhecimento na área das Ciências, cuja característica mais marcante é o anúncio sistemático de resultados inéditos em publicações, em alguns casos, nada previsíveis. Assim, são essas teorias epistemológicas contemporâneas, cuja premissa básica é a de que o conhecimento tem sua origem na *interação não neutra entre sujeito e objeto*, que podem fundamentar de maneira mais consistente uma análise epistemológica.

Articuladamente, faz-se necessário que a base epistemológica para uma compreensão das relações dos alunos e do professor com o conhecimento tenha também como referência as teorias cuja premissa dispõe que o conhecimento ocorre na *interação não neutra entre sujeito e objeto*. Ainda que o conhecimento a ser trabalhado, por exemplo, no ensino fundamental e médio, esteja relacionado principalmente àquele já produzido, disponível e que constitui patrimônio universal — do qual são selecionados os conteúdos programáticos escolares —, não se justifica, tanto logicamente como considerando dados de pesquisa, que a premissa da interação do sujeito com o objeto possa ser descartada, no processo de apropriação do conhecimento, só pelo fato de ele já estar disponível. Particularmente em relação ao ensino de Ciências da Natureza, o fato de o aluno conviver e interagir com fenômenos que são objetos de estudo dessas Ciências para além dos muros das escolas, quer diretamente quer por relações mediatizadas, desautoriza a suposição de que uma compreensão deles seja obtida apenas por sua abordagem na sala de aula com os modelos e teorias científicas.

Assim, tanto na produção do conhecimento científico como naquela que origina o conhecimento do senso comum, é necessária a explicitação das concepções de sujeito e de objeto norteadoras das análises epistemológicas que supõem a interação como gênese do conhecimento.

O pressuposto assumido aqui é um *sujeito coletivo*, cuja constituição é caracterizada pelas esferas simbólica, social e produtiva, conforme considerações feitas na 3ª Parte. Isso significa que a preocupação é com um sujeito indivíduo (cada um de nossos

Ontologia: faz considerações sobre as condições de existência das coisas e do ser em geral, independentemente de suas particularidades. Ao afirmar que os seres humanos têm uma essência e ao especular sobre suas características comuns, estamos tratando de ontologia. Epistêmico: a consideração segundo a qual se atribui ao sujeito a característica de poder alcançar conhecimento é ontológica. Episteme: palavra de origem grega cujo significado é conhecer, saber, ciência. Assim, considerar o aluno como um sujeito ontológico e epistêmico é ter como pressuposto que qualquer aluno (indistintamente) tem a capacidade de apropriar-se de conhecimentos.

alunos), que se constitui como sujeito coletivo à medida que interage, estabelecendo relações com o meio físico e social pelas quais se apropria de padrões quer de comportamento quer de linguagem, para uma abordagem do objeto do conhecimento. É, portanto, um sujeito *não neutro*, mas, para além da conseqüente diversidade das interações em que está inserido, é concebido como *ontológico*, ou seja, como possuidor de uma natureza que é comum a todos e a cada um dos seres humanos, incluindo nessa universalidade a capacidade de se constituir com um aparato cognitivo que lhe permita conhecer, caracterizando-se também como um *sujeito epistêmico*. Essa suposição de sujeito implica a qualidade das interações que o aluno já está tendo, quer no interior quer no exterior da educação escolar, e aquela que precisa ter na situação de ensino escolar, para apropriar-se dos modelos e teorias científicas. É fundamental, portanto, que a atuação docente dedique-se — e, em muitas situações, seja desafiada — a planejar e organizar a atividade de aprendizagem do aluno mediante *interações adequadas*, de modo que lhe possibilite a apropriação de conhecimentos científicos, considerando tanto seu produto — isto é, conceitos, modelos, teorias — quanto a dimensão processual de sua produção.

Pressupõem-se, também, *objetos não neutros*, isto é, objetos que estão em determinado contexto de relações que lhes confere uma *significação*. Esta, por sua vez, *pode mudar*, à medida que algo do contexto se altera. Algumas situações são bastante emblemáticas para destacar essas características: a estrutura microscópica da matéria, a reprodução biológica, o movimento dos corpos celestes, entre outros objetos

de conhecimento de que a ciência se ocupa, comportaram, cada um deles, distintos significados associados aos modelos e teorias com as quais historicamente se realizam investigações. Igualmente, a significação atribuída em determinado momento histórico *não é, de modo necessário, universalmente compartilhada*, uma vez que os contextos que dão significação aos objetos não são absolutamente idênticos. Assim, por exemplo, o tempo, o espaço e a matéria, tidos como conceitos primitivos: ao ser considerados enquanto objetos de conhecimento, apresentam significados distintos, quando referidos aos vários modelos e teorias que, apesar de datados, ainda hoje convivem e precisam ser usados na solução de problemas de pesquisa. Referimo-nos aqui, especificamente, ao espaço euclidiano e aos curvos, ao tempo clássico newtoniano e relativístico, à massa clássica e à energia relativística. Por sua vez, num contexto em que os valores e as linguagens não são os mesmos daqueles compartilhados pelas comunidades científicas — situação típica do conhecimento do senso comum em que os alunos, sobretudo do ensino fundamental, estão cotidianamente imersos —, os fenômenos estudados pelas Ciências não têm as mesmas significações atribuídas pelo corpo de conhecimento científico, conforme podemos inferir com base na exposição da 3ª Parte.

Esses pressupostos têm implicações diretas na conformação da atuação docente, duas das quais merecem ser destacadas.

Primeiro, que o aluno, como sujeito cognoscitivo, estabelece relações com seu meio físico e social. O ambiente escolar, a sala de aula, seus colegas e professores, mesmo sendo apenas parte do meio em que o aluno está inserido, devem contribuir para

sua formação enquanto sujeito ontológico e epistêmico. No entanto, a localização do aluno, relativamente aos domínios espacial, temporal e cultural, implica o fato de ele estar interagindo com um meio mais amplo do que o escolar e exige que não o consideremos, do ponto de vista da cognição, como uma “tabula rasa” que vai interagir com objetos do conhecimento somente na perspectiva da educação escolar. Em outros termos: por não ser um sujeito neutro, os alunos trazem para a escola e a sala de aula seus conhecimentos prévios ou sua cultura prevalente — conforme foi caracterizada na 3ª Parte —, anterior à aprendizagem escolar, como conseqüência de estar atuando fora dela também. Tais conhecimentos constituem um dos elementos do contexto de relações que dará significado aos objetos de conhecimento e de estudo que a escola tem como meta promover.

Segundo, que o processo de produção do conhecimento, de acordo com essas premissas epistemológicas, impede que se considerem os conhecimentos — incluindo os universalmente compartilhados, tais como as teorias científicas — como prontos, acabados e, sobretudo, absolutamente verdadeiros. É preciso, então, que as teorias, modelos, conceitos e definições com base nas quais se elaboram os conteúdos programáticos escolares reflitam, também, seu processo de produção, de modo que se explore a historicidade do conhecimento veiculado e se explicita seu caráter simultaneamente verdadeiro e provisório — o qual, sendo elucidativo e interpretativo para uma compreensão do real, constitui, portanto, uma verdade temporal. Em outros termos, os conhecimentos trabalhados na educação escolar são historicamente contextualizados e permitem interpretar o

mundo físico e social e atuar sobre ele, que tem uma dinâmica de transformação realimentadora do processo de produção de conhecimento, de modo que também o transforme, sobretudo quando *novidades* (*novos conhecimentos*) são produzidas e apresentadas em *teorias e modelos* que alteram profundamente as interpretações já efetuadas do mundo físico e social.

É precisamente por constituírem *conhecimentos publicados e disseminados* que foram/são passíveis de ser *aceitos, rejeitados, reformulados, refutados, abandonados, algumas vezes até execrados*, quando considerados para uma compreensão do mundo físico e social e a atuação sobre ele. São conhecimentos assim caracterizados, mas nem sempre assim compreendidos ou abordados no processo educativo, que balizam os *conteúdos programáticos escolares*. Seleccionados também por critérios *não neutros*, constituem referência para a elaboração dos programas das disciplinas das grades curriculares dos vários níveis de ensino. Presentes na educação escolar e contemplando as mais variadas finalidades, são trabalhados de distintas formas relativamente à abordagem, profundidade e frequência curricular. São referências, também, para a produção de conhecimentos inéditos, quando fundamentam pesquisas.

O complexo caminho percorrido entre o contexto de produção das teorias e modelos até sua inclusão no currículo escolar constitui um processo — algumas vezes denominado de *transposição didática* — influenciado por múltiplos fatores de distintas ordens. Os reflexos desse processo têm seu ponto culminante no planejamento das aulas e em sua execução, em que não é nada desprezível o papel desempenhado pelos livros didáticos e pelo professor. Entre outras conseqüências

Transposição didática: conceito criado pelo sociólogo Michel Verret em 1975. A partir de sua introdução na área da educação matemática, em 1985, por Yves Chevallard (1991), teve repercussão na área da Didática e de outras áreas de ensino. Uma análise sobre a transposição didática do conhecimento realizada desde o contexto de sua produção até o de sua disseminação — caso típico da educação escolar — confirma que, com frequência, a natureza do conhecimento é alterada.

dessa transposição didática mais relacionada à atuação docente, está o possível não-discernimento, pelo professor, da diferenciação fundamental entre *objetos do conhecimento* — nos quais são transformados os fenômenos que a ciência estuda para melhor compreendê-los — e *conhecimentos produzidos sobre esses objetos* — ou seja, as definições, conceitos, modelos e teorias, meios que a ciência, em sua trajetória investigativa, criou para uma compreensão da natureza. Ao se pretender veiculá-los na educação escolar, não se pode identificar um com o outro por simples justaposição; não podem, implícita ou explicitamente, ser considerados a mesma categoria. Há fenômenos a ser entendidos e há explicações, científicas ou não, para esses fenômenos.

Deverá haver critérios para que se estabeleçam os objetos e para que se selecionem os conseqüentes *conhecimentos* sobre eles produzidos, de tal modo que se tornem *conteúdos escolares*, conforme se argumentará e exemplificará adiante.

A polissemia do termo conteúdo e seu emprego no cotidiano escolar pode levar à interpretação dicotômica de que o conteúdo do conhecimento universal sistematizado constitui apenas produto dado, sem gênese processual, e que, além do mais, se reduz ao conteúdo veiculado por livros didáticos, pelos programas escolares já estabelecidos e pela prática docente, incluindo a que forma professores.

É essencial, portanto, que reflexões e discussões de cunho epistemológico estejam cada vez mais presentes nos cursos de formação de professores.

Conforme se pode depreender, as premissas epistemológicas aqui adotadas condicionam as práticas de ensino a ser usadas no âmbito da educação escolar.

É necessário, portanto, que as concepções de *ensino/aprendizagem* e de *educação* estejam em sintonia com essa compreensão gnoseológica.

2. Dimensão educativa das interações

As análises dos educadores Paulo Freire (1921-1997) e George Snyders, além de contemplarem a concepção epistemológica em questão, constituem fundamentos que permitem estruturar práticas educativas relativas aos aspectos da *veiculação do conhecimento na educação escolar*, quando se levam em conta, explicitamente, na programação e no planejamento didático-pedagógico, duas categorias de conhecimento: o científico e o do senso comum, esta última fortemente presente no conhecimento prévio do aluno. Ambos os educadores, relativamente a seus referenciais analíticos, propõem um ensino baseado em temas, ou seja, uma *abordagem temática* que possibilite a ocorrência de rupturas durante a formação dos alunos.

Os temas a que se referem (Freire, 1975; Snyders, 1988) são objetos de estudo a ser compreendidos no processo educativo e, na perspectiva epistemológica aqui adotada, constituem *objetos de conhecimento*. O aspecto mais significativo da proposta desses educadores a ser destacada no momento é a proposição que fazem quanto ao currículo escolar: a estruturação das atividades educativas, incluindo a seleção de conteúdos que devem constar na programação das disciplinas, bem como sua abordagem sistematizada nas salas de aula, rompe com o tradicional paradigma curricular cujo princípio estruturante é a *conceituação científica*, ou seja, um currículo concebido com base

Abordagem temática: perspectiva curricular cuja lógica de organização é estruturada com base em temas, com os quais são selecionados os conteúdos de ensino das disciplinas. Nessa abordagem, a conceituação científica da programação é subordinada ao tema.

Abordagem conceitual: perspectiva curricular cuja lógica de organização é estruturada pelos conceitos científicos, com base nos quais se selecionam os conteúdos de ensino.

numa *abordagem conceitual*. Nas considerações que fazem esses educadores, a conceituação científica que deve ser abordada no processo educativo é subordinada tanto às temáticas significativas como à *estrutura do conhecimento científico*, das quais se selecionam os conceitos científicos que comporão os conteúdos programáticos escolares, conforme será aprofundado na 5ª Parte.

Na proposição snydersiana, tais temas articulam-se a uma análise sobre as contradições sociais e, por sua importância, emergência e universalidade, balizam, durante a elaboração do conteúdo programático escolar, a inserção de conhecimentos universais sistematizados — ou da cultura elaborada, na denominação do educador —, da qual fazem parte os conceitos, modelos e teorias produzidos pelas ciências. Segundo as considerações que faz, é mediante a cultura elaborada que se tornaria possível uma melhor compreensão dos temas e uma atuação na perspectiva das transformações.

Essas transformações envolvem, segundo a argumentação de Snyders, processos de continuidade—ruptura. A transformação que envolve ruptura, a qual interessa mais imediatamente aqui explicitar, diz respeito à que ocorre entre a cultura primeira do aluno e a cultura elaborada. Para Snyders, essa cultura primeira, que o aluno já traz para a escola, está relacionada ao conhecimento do senso comum e o direciona em sua interpretação dos temas. É essa interpretação que precisa ser transformada, para que uma atuação no sentido de transformar as situações envolvidas nos temas possa ocorrer. Para tanto, de acordo com o educador, é necessário que a cultura elaborada, ou seja, as teorias científicas, em processo de ruptura com a cultura primeira, seja apropriada pelo aluno.

Cultura primeira: ver, na 3ª Parte, considerações sobre os alunos e seus conhecimentos.

Com essa perspectiva, uma das tarefas da educação escolar aqui assumida é a de um trabalho didático-pedagógico que considere explicitamente as rupturas que os alunos precisam realizar, durante o processo educativo, na abordagem dos conhecimentos que, organizados com base em temas, se tornam conteúdos programáticos escolares. Faz-se necessário, portanto, como critério para a seleção dos conhecimentos universais que constituirão o rol dos conteúdos escolares, escolher aqueles que permitam uma interpretação, com base na cultura elaborada, dos temas eleitos para estudo. Na 5ª Parte, será apresentada uma opção para elaboração de programas que articulam temas e conceituação científica.

Dentre outras conseqüências da adoção dessas premissas epistemológicas e educacionais, destaca-se a seguinte, num alerta de Snyders:

Naturalmente, o conteúdo não será caricaturado sob a forma de alguns enunciados, alguns resultados, por muito exatos que sejam, que terão que ser engolidos como pastilhas... É ambição de nossa pedagogia que os alunos tenham acesso a conteúdos verdadeiros e que, ao mesmo tempo, os interessem e sejam sentidos como um auxílio no seu esforço para viverem e para conhecerem. E, então, o professor há de parecer-lhes também uma instância auxiliadora e não uma potência hostil... (Snyders, apud Libâneo, 1987, p.13-14).

Essa interpretação de que os conhecimentos, tornados conteúdos escolares, não podem ser tratados como pastilhas a ser engolidas também é enfatizada por Freire, quando afirma que não devem ser depositados na cabeça dos alunos, como se esta supostamente estivesse vazia, como se fosse vasilhame vazio a ser preenchido.

Em vez disso, Snyders argumenta:

não nos ateremos a uma simples transformação do conhecimento, é "uma reforma do ser conhecedor que está em jogo", uma "catharsis" que será simultaneamente intelectual e afetiva... O simples bom senso, a observação comum constituem "obstáculos" ao conhecimento e isso porque o erro é "primário, normal, comum", responde a uma estrutura, possui consistência; essas ilusões correspondem a uma lógica, são "solidárias" umas com as outras e portanto tenazes. Daí a necessidade de uma espécie de "psicanálise" dos erros iniciais (Snyders, 1988, p.104).

Depreende-se, pois, a necessidade de um trabalho didático-pedagógico que, relacionando a cultura elaborada à interpretação dos temas, também articule explicitamente a cultura primeira que o aluno traz à escola, de modo que possa ser "psicanalisada", no dizer de Snyders.

3. Dimensão didático-pedagógica das interações

Aqui, cabe explicitar alguns aspectos da contribuição que Freire e seguidores têm dado para uma compreensão da atuação pedagógica com essa cultura que o aluno já detém.

Antes de tudo, é preciso conhecê-la! Todavia, não somente enquanto categoria de análise, uma vez que é com base no que seja explicitado pela "fala" do aluno que uma "psicanálise" de seu conhecimento poderá ser realizada. Daí a necessidade da apreensão, pelo professor, do conhecimento de que o aluno é portador.

É a apreensão do *significado e interpretação* dos temas por parte dos alunos que precisa estar garantida no processo didático-pedagógico, para que os significados e interpretações dados possam ser *problematizados*. Porém, na perspectiva de uma educação *dialógica*, como a proposta por Freire, os significados e interpretações dos temas pelos alunos não serão os únicos que terão de ser apreendidos e problematizados; aqueles de que o professor é portador também precisam estar presentes no processo educativo. O diálogo a ser realizado refere-se aos conhecimentos que ambos os sujeitos da educação, aluno e professor, detêm a respeito do tema, objeto de estudo e compreensão. E aqui se pode compreender melhor o porquê da necessidade da estruturação curricular mediante a abordagem temática, que inclua situações *significativas* para os alunos, em vez de uma estrutura curricular que se organize apenas na perspectiva da abordagem conceitual.

Assim, por exemplo, se os alunos têm algo para dizer sobre racionamento de energia elétrica, poluição do ar e aids, é pouco provável que possam se pronunciar com igual desempenho, respectivamente, sobre: radiação solar, mudanças de estado da matéria, indução eletromagnética; mistura de substâncias, reações químicas; célula e processos imunológicos — que constituem, por pressuposto, conhecimentos do domínio dos professores de Ciências. Se os temas propostos como exemplos permitem algum nível de interação dialógica entre aluno e aluno e entre professor e aluno, aquela conceituação pertencente ao domínio da ciência é relativamente mais restritiva, à medida que constitui um conhecimento cujo portador é apenas o professor, quando ela ainda não foi

Dialógica: no diálogo implicado na educação dialógica, certamente ocorrem interações verbais e orais; no entanto, ele não se confunde com o simples conversar ou dialogar entre professores e alunos. A dialogicidade do processo diz respeito à apreensão mútua dos distintos conhecimentos e práticas que os sujeitos do ato educativo — alunos e professores — têm sobre situações significativas (cf. boxe) envolvidas nos temas geradores, com base nos quais se efetiva a educação dialógica. Cf. também o boxe dialogicidade tradutora, nesta parte, e redução temática, na 5ª Parte.

Situações significativas: situações-problema que surgem como manifestações das contradições envolvidas nos temas. Diversamente das que se relacionam com os centros de interesse dos alunos, as situações significativas apresentam-se como desafios para uma compreensão dos problemas envolvidos nos temas distinta daquela oriunda da cultura primeira. Elas não encontram sua significação meramente na curiosidade dos alunos ou em sua vontade de conhecer; contudo, ao englobar essas características, delas se diferenciam à medida que, além disso, desafiam os alunos a não só melhor compreender, mas também atuar para transformar as situações problematizadas durante o desenvolvimento do programa de ensino.

apropriada pelo aluno. No entanto, na perspectiva da abordagem temática, os conceitos, modelos e teorias citadas precisam ser desenvolvidos no processo de ensino, uma vez que contribuem para melhor compreensão dos temas.

Em síntese: a abordagem dos conceitos científicos é ponto de chegada, quer da estruturação do conteúdo programático quer da aprendizagem dos alunos, ficando o ponto de partida com os temas e as situações significativas que originam, de um lado, a seleção e organização do rol de conteúdos, ao serem articulados com a estrutura do conhecimento científico, e, de outro, o início do processo dialógico e problematizador.

Pretende-se uma superação pedagógica dos obstáculos considerados por Snyders. O conteúdo empírico do conhecimento do educando, oriundo de sua vivência, de sua experiência constituída nas relações com a natureza e com os semelhantes — ou seja, sua apreensão das situações de vida coletivamente acumulada — é valorizado por Freire, uma vez que, de acordo com sua argumentação, é com base nesse conhecimento empírico do aluno que se deve iniciar o processo educativo, embora esse conhecimento seja também analisado como uma “limitação na possibilidade de perceber mais além” (Freire, 1975, p.126). Por isso a ênfase desse educador na problematização da compreensão dos alunos sobre os temas, ou seja, na problematização do que se denominou de cultura primeira ou prevalente do aluno, ao ser acessada pelo professor.

O processo de *codificação—problematização—descodificação*, proposto por Paulo Freire, estrutura a dinâmica da interação em sala de aula. Com base em um *código* que representa, mediante qualquer um dos

múltiplos canais de comunicação, as situações envolvidas nos temas, esse processo deve ser planejado de modo que sejam exploradas tanto a *dimensão dialógica do ato educativo* como a *dimensão problematizadora do ato gnoseológico*. O que se pretende com esse processo é:

1) a apreensão pelo educador do significado que o sujeito-aluno atribui às situações — enquanto uma interpretação oriunda da imersão do educando em suas relações cotidianas —, de modo que possa ser problematizado sistematicamente;

2) a apreensão pelo aluno, via problematização — que explicitamente envolve a formulação de problemas a ser enfrentados —, de uma interpretação oriunda de conhecimentos científicos, a qual será introduzida pelo professor no processo de problematização e já foi previamente planejada e estruturada em unidades de ensino;

3) de acordo com a interpretação de Freire (1975), os pronunciamentos do educando relativos ao que seria sua cultura primeira refletiriam o nível de consciência dele sobre a situação representada. Supõe-se que sejam representativos do meio sociocultural com o qual os alunos mais freqüente e predominantemente mantêm relações, conforme abordado na 3ª Parte. Seria, portanto, uma situação significativa vivida e apreendida segundo seus padrões de interação, para além das interpretações meramente individuais relativas apenas às idiossincrasias de algum aluno. O processo de *codificação—problematização—descodificação* tem como meta proporcionar subsídios para o enfrentamento e superação desse nível de consciência, que envolve rupturas. É precisamente nesse aspecto que a cultura elaborada, associada a

Freire defende o diálogo entre o conhecimento dos educandos e o dos educadores como uma das características fundamentais do ato educativo que visa a transformações. Associada a esse caráter dialógico, a problematização também desempenha papel fundamental, uma vez que Freire afirma que são os problemas e seus enfrentamentos a origem dos conhecimentos. O processo de *codificação—problematização—descodificação* constitui uma síntese das dimensões dialógica e problematizadora, que estruturam o ato educativo.

Na 5ª Parte, são apresentados procedimentos com os quais é possível elaborar uma programação de conteúdos articulando temas, conceituação científica e sua abordagem em sala de aula.

essa dinâmica didático-pedagógica, tem seu papel a desempenhar.

Parece claro que, se as rupturas de que falamos anteriormente são as relativas à consciência dos alunos, elas também apontam para as que precisam ocorrer no sistema educacional, nos mais diversificados níveis de atuação. Em outros termos, a ação educativa, na perspectiva que aqui está sendo adotada, revela-se como um processo que, rompendo com práticas educativas já estabelecidas historicamente, vai promovendo as transformações necessárias.

Significa uma ruptura no “método-conteúdo” — indissociáveis — construído pelos alunos, a qual deverá ocorrer com sua apreensão do conhecimento científico, visto que este possui uma estrutura que implica também “método-conteúdo” — indissociáveis — construído durante a produção desse conhecimento. O caráter processual da produção dos distintos conhecimentos, portanto, não pode ser desconsiderado na atuação docente, durante o planejamento, a organização e a execução da atividade de apropriação do produto do conhecimento científico pelo aluno.

A prática educativa necessita ser desenvolvida segundo um modelo didático-pedagógico que estabeleça a seguinte articulação:



Numa interação que propicie a ruptura para a apreensão do conhecimento científico.

O caráter dialógico, com a qualidade de *tradutor*, deve ser uma das características fundamentais do modelo didático-pedagógico, cujo eixo estruturante é a *problematização dos conhecimentos*. Problematiza-se, de um lado, o conhecimento sobre as situações significativas que vai sendo explicitado pelos alunos. De outro, identificam-se e formulam-se adequadamente os problemas que levam à consciência e necessidade de introduzir, abordar e apropriar conhecimentos científicos. Daí decorre o diálogo entre conhecimentos, com conseqüente possibilidade de estabelecer uma dialogicidade tradutora no processo de ensino/aprendizagem das Ciências.

A problematização, como característica fundamental para a produção e apropriação de conhecimento, é assim enfatizada por Bachelard, cuja análise epistemológica fundamenta a proposta de Snyders:

Antes de tudo o mais, é preciso saber formular problemas. E seja o que for que digam, na vida científica, os problemas não se apresentam por si mesmos. É precisamente esse sentido do problema que dá a característica do genuíno espírito científico. Para um espírito científico, todo conhecimento é resposta a uma questão. Se não houve questão, não pode haver conhecimento científico. Nada ocorre por si mesmo. Nada é dado. Tudo é construído (Bachelard, 1977, p. 148).

Bachelard, um cientista-educador, além de filósofo da ciência e poeta, tem vasta obra publicada, em que se nota claramente sua preocupação pedagógica, fruto de uma reflexão da prática do educador-cientista, interessado essencialmente na formação do pensamento científico, também entre alunos do curso

Dialogicidade tradutora: a perspectiva dialógica envolvida no processo de codificação—problematização—descodificação articula-se a uma dimensão que precisa ser sistematicamente trabalhada: o esforço do professor de estar sempre procurando compreender a fala do aluno e o contexto em que ela se situa, se no de sua cultura primeira ou no do conhecimento científico que está sendo introduzido. De modo semelhante, o professor precisa ir conscientizando os alunos de que o conhecimento científico que está veiculando em suas aulas e do qual é portador também tem um contexto de produção distinto daquele da cultura prevalente ou primeira. Essa prática docente constitui, de fato, um desafio ao professor, uma vez que não se trata apenas de informar a existência de diferenças, mas também de ir fornecendo elementos contextuais que tornem possível ao aluno apropriar-se da visão de mundo em que a produção científica está inserida. O papel a ser desempenhado pelo professor, semelhante ao de um “tradutor”, foi adaptado de uma proposição de Kuhn (1975), quando este argumenta que pesquisadores usuários de paradigmas distintos e incompatíveis precisam fazer uma tradução mútua para seus respectivos paradigmas, a fim de haver algum nível de comunicação. Cf. em Delizoicov (1991) maior detalhamento sobre o termo dialogicidade tradutora.

pré-universitário. Para ele, a apropriação do conhecimento científico pelo aluno implica a superação do que denomina “obstáculos epistemológicos” para a formação do pensamento científico, os quais seriam “*os retardos e perturbações que se incrustam no próprio ato de conhecer, uma resistência do pensamento ao pensamento*” (Japiassu, 1976, p. 171).

O conceito de obstáculo epistemológico é, por isso mesmo, por ele empregado para uma interpretação tanto do desenvolvimento científico como da prática educacional (Bachelard, 1983). É também pelas rupturas que o conhecimento científico se constrói; de forma semelhante, é pelas rupturas que se passará do “conhecimento vulgar” para o conhecimento científico (Bachelard, 1977).

O não-reconhecimento dos professores de que há também “obstáculos pedagógicos” para a formação do pensamento científico do estudante é criticado por Bachelard. Sua prática de educador parece tê-lo convencido, mais do que a outros, de que os “obstáculos” não podem ser negados, negligenciados, escamoteados, na tarefa educacional: “*Sempre me surpreendeu o fato de que os professores de Ciências, mais que os outros, não compreendam que não se possa compreender. Poucos são aqueles que aprofundam a psicologia do erro*” (Bachelard, 1977, p. 150).

Ao considerar que o estudante chega à aula de Ciências com conhecimentos empíricos já construídos, fruto de sua interação com a vida cotidiana, ele argumenta que, durante a educação escolar, não se trata de “*adquirir uma cultura experimental, mas de mudar de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já amontoados pela vida cotidiana*” (Bachelard, 1977, p. 150).

É uma “psicanálise” dos “erros” iniciais — “erros epistemológicos” — cometidos pelos alunos na interpretação do objeto de estudo que Bachelard propõe como alternativa para a superação dos obstáculos, conforme o que também destacou Snyders:

Desse modo, toda cultura científica deve começar, como o explicamos extensamente, por uma catarse intelectual e afetiva. Resta depois a tarefa mais difícil: pôr a cultura científica em estado de mobilização permanente, substituir o saber firmado e estático por um conhecimento aberto e dinâmico e dialetizar todas as variáveis experimentais; dar, enfim, à razão razões de evoluir (Bachelard, 1977, p. 151).

Um diálogo tradutor implica, então, um processo para obter o conhecimento vulgar do educando, e não apenas para saber que ele existe; é necessário trabalhá-lo ao longo do processo educativo, para fazer, como prescreve Bachelard, sua “psicanálise”.

Em outros termos: é para problematizá-lo que o professor deve apreender o conhecimento já construído pelo aluno; para aguçar as contradições e localizar as limitações desse conhecimento, quando cotejado com o conhecimento científico, com a finalidade de propiciar um distanciamento crítico do educando, ao se defrontar com o conhecimento que ele já possui, e, ao mesmo tempo, propiciar a alternativa de apreensão do conhecimento científico. Busca-se a desestabilização das afirmações dos alunos. É a desestruturação das explicações contidas no conhecimento de senso comum dos alunos que se pretende inicialmente, para logo após formular problemas que possam levá-los à compreensão de outro conhecimento, distintamente estruturado.

Momentos pedagógicos: sua proposição encontra-se também no livro *Metodologia do ensino de Ciências*, de Demétrio Delizoicov e José André P. Angotti, Editora Cortez, 1994. Exemplos de seu uso podem ser encontrados em: a) *Física*, de Demétrio Delizoicov e José André P. Angotti, Editora Cortez, 1991; b) *Ousadia no diálogo: interdisciplinaridade na escola pública*, organizado por Nidia Pontuschka, Edições Loyola, 1993. Veja, entre outros, o texto de autoria de Marta Maria C. A. Pernambuco: "Quando a troca se estabelece"; c) *Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integrada*, organizado por Maurício Pietrocola de Oliveira, Editora da UFSC, 2001. Veja o capítulo "Problemas e problematizações", de Demétrio Delizoicov.

Entre outras possibilidades de estabelecer uma dinâmica de atuação docente em sala de aula que contemple os aspectos aqui apresentados, a seguinte, que tem feito parte de algumas iniciativas educacionais, é fornecida como opção. Ela é caracterizada pelo que tem sido denominado de *momentos pedagógicos*, distinguindo três deles com funções específicas e diferenciadas entre si, a saber: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento.

Problematização inicial

Apresentam-se situações reais que os alunos conhecem e presenciam e que estão envolvidas nos temas, embora também exijam, para interpretá-las, a introdução dos conhecimentos contidos nas teorias científicas. Organiza-se esse momento de tal modo que os alunos sejam desafiados a expor o que estão pensando sobre as situações. Inicialmente, a descrição feita por eles prevalece, para o professor poder ir conhecendo o que pensam. A meta é problematizar o conhecimento que os alunos vão expondo, de modo geral, com base em poucas questões propostas relativas ao tema e às situações significativas, questões inicialmente discutidas num *pequeno grupo*, para, em seguida, serem exploradas as posições dos vários grupos com toda a classe, no *grande grupo*.

Neste primeiro momento, caracterizado pela apreensão e compreensão da posição dos alunos ante as questões em pauta, a função coordenadora do professor concentra-se mais em questionar posicionamentos — até mesmo fomentando a discussão das distintas respostas dos alunos — e lançar dúvidas sobre o assunto do que em responder ou fornecer

explicações. Deseja-se aguçar explicações contraditórias e localizar as possíveis limitações e lacunas do conhecimento que vem sendo expresso, quando este é cotejado implicitamente pelo professor com o *conhecimento científico que já foi selecionado para ser abordado*, conforme procedimento a ser apresentado na 5ª Parte. Em síntese, a finalidade deste momento é propiciar um distanciamento crítico do aluno, ao se defrontar com as interpretações das situações propostas para discussão.

O ponto culminante dessa problematização é fazer que o aluno sinta a necessidade da aquisição de outros conhecimentos que ainda não detém, ou seja, procura-se configurar a situação em discussão como um *problema* que precisa ser enfrentado.

Organização do conhecimento

Os conhecimentos selecionados como necessários para a compreensão dos temas e da problematização inicial são sistematicamente estudados neste momento, sob a orientação do professor. As mais variadas atividades são então empregadas, de modo que o professor possa desenvolver a conceituação identificada como fundamental para uma compreensão científica das situações problematizadas. É neste momento que a resolução de problemas e exercícios, tais como os propostos em livros didáticos, pode desempenhar sua função formativa na apropriação de conhecimentos específicos. No entanto, conforme se tem destacado, esse é apenas um dos aspectos da problematização necessária para a formação do aluno. Não raramente, há uma supervalorização da abordagem de problemas e exercícios desse tipo pela prática docente, em detrimento da localização e formulação de problemas de

outra espécie, tais como os caracterizados no momento anterior e aqueles cuja abordagem é sugerida no momento seguinte.

Aplicação do conhecimento

Destina-se, sobretudo, a abordar sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno, para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram seu estudo como outras situações que, embora não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, podem ser compreendidas pelo mesmo conhecimento. Do mesmo modo que no momento anterior, as mais diversas atividades devem ser desenvolvidas, buscando a generalização da conceituação que já foi abordada e até mesmo formulando os chamados problemas abertos. A meta pretendida com este momento é muito mais a de capacitar os alunos ao emprego dos conhecimentos, no intuito de formá-los para que articulem, constante e rotineiramente, a conceituação científica com situações reais, do que simplesmente encontrar uma solução, ao empregar algoritmos matemáticos que relacionam grandezas ou resolver qualquer outro problema típico dos livros-textos. Independentemente do emprego do aparato matemático disponível para enfrentar essa classe de problemas, a identificação e emprego da conceituação envolvida — ou seja, o suporte teórico fornecido pela ciência — é que estão em pauta neste momento. É um uso articulado da estrutura do conhecimento científico com as situações significativas, envolvidas nos temas, para melhor entendê-las, uma vez que essa é uma das metas a ser atingidas com o processo de ensino/aprendizagem das Ciências. É o potencial explicativo e conscientizador das teorias científicas que precisa ser explorado.

Capítulo II

Abordagem de temas
em sala de aula

INSTRUMENTAÇÃO PARA O ENSINO
