



Experimentação em ciências — abordagem crítica e propostas

É provável que os primeiros equipamentos experimentais destinados à demonstração de princípios científicos tenham sido criados por Arquimedes para o museu de Alexandria (Egito), no século III a.C. Desde então, um número incontável de equipamentos, experimentos e brinquedos têm sido criados com as mais variadas finalidades, da pura diversão à pesquisa em ensino de ciências.

A experimentação no ensino tradicional

No Brasil a experimentação nunca chegou a ser uma prática pedagógica rotineira. Até meados do século XX, algumas poucas escolas possuíam aparelhos prontos, específicos para determinados experimentos de demonstração. Comumente os alunos apenas assistiam às demonstrações realizadas pelo professor, em geral em laboratórios didáticos únicos para todas as disciplinas de ciências, com grandes balcões fixos e paredes azulejadas.

Por volta da década de 1950 já existiam, também em algumas poucas escolas, materiais destinados a trabalhos do aluno e salas mais adequadas ao funcionamento de laboratório didático de física, porém ainda se oferecia pouco espaço para a ação independente e criadora dos estudantes. A eles cabia seguir, passo a passo, um roteiro rígido que os conduzia do começo ao fim da atividade proposta.

Embora ainda exista e até predomine em escolas técnicas e cursos superiores de

graduação, esse tipo de atividade tem sido, há pelo menos três décadas, objeto de severas críticas por parte de pesquisadores em ensino de ciências. O argumento é que os alunos apenas seguem mecanicamente os passos do roteiro, sem questionamentos ou reflexão sobre a tarefa. Não há surpresas ou descobertas; provavelmente tudo o que será obtido já é familiar e está previsto no roteiro.

Antes dessas últimas décadas de contestações, tais críticas fariam pouco sentido. Predominava no ensino a pedagogia tradicional, que preconiza as mesmas orientações didáticas para todas as disciplinas. Na pedagogia tradicional não há distinção entre aula teórica e atividade experimental. Aulas teóricas — em sala de aula com giz e lousa — e experimentais — em laboratório com bancadas e equipamentos — são formas alternativas de expor a matéria. O conteúdo programado e a forma de apresentá-lo são prerrogativas do professor; aos alunos cabe apenas obedecer passivamente à orientação que lhes é passada.

Desde o fim do século XIX e início do século XX, um movimento de renovação

Copiadora
PASTA 7
290 FUMAGI

pedagógica conhecido como Escola Nova apresentou propostas inovadoras mas pontuais (algumas até utópicas) e todas de pequena repercussão. Só no fim da década de 1950 surgiram alternativas viáveis, que traziam uma nova visão do processo de ensino e aprendizagem e, como consequência, da atividade experimental.

Essas propostas desaconselhavam a forma como as atividades experimentais eram habitualmente desenvolvidas em nossas escolas, tanto as demonstrações realizadas pelo professor como as atividades feitas pelos alunos a partir de roteiros orientadores. Criticavam-se a passividade e o comportamento robotizado dos alunos.

Para as atividades de demonstração essas críticas foram, ao menos na época em que predominaram, praticamente fatais — raríssimos professores continuaram a utilizá-las. Mas as atividades experimentais orientadas por roteiros ainda hoje são aplicadas, em parte como decorrência da inércia resultante das instalações e dos materiais já existentes, em parte inspiradas nas idéias do movimento da Escola Nova. Alguns educadores ainda acreditam que a atividade *em si* é essencial e suficiente para a aprendizagem.

O método da redescoberta: um equívoco epistemológico

A idéia da atividade pela atividade, sem nenhuma abordagem cognitiva, não agradava à maioria dos educadores. Uma das primeiras propostas alternativas para esse ativismo na prática experimental foram as *atividades de redescoberta*, apresentadas no fim da década de 1950. Com elas a atividade experimental tinha uma meta prioritária: deveria propiciar aos alunos a redescoberta da ciência, de seus princípios e de suas leis.

Propunham-se atividades abertas, ou seja, que não fixam objetivos explícitos e

bem determinados. Esperava-se que bastaria a observação de determinados fenômenos experimentais para que os alunos, quase sempre trabalhando em grupos, fossem levados a redescobrir as leis ou princípios científicos que descreviam ou explicavam esses fenômenos. A idéia era reproduzir, na sala de aula ou no laboratório, o que alguns pedagogos e cientistas entendiam ser o método científico.

Mas esse projeto teve pouco alcance e resultados quase nulos. Raramente algum aluno chegava a redescobrir uma lei ou princípio científico, por mais simples que fosse a relação entre o fenômeno observado e a lei que o enunciava. Quando a redescoberta ocorria, eram eventos isolados, atípicos, que não se reproduziam em outras ocasiões, mesmo quando se refazia a mesma atividade com os mesmos procedimentos.

A principal causa desses fracassos é um equívoco epistemológico, ou seja, a compreensão errônea de como ocorrem as descobertas científicas. Para quem propõe o método da redescoberta, a experimentação é a origem da descoberta. Portanto, faz-se a experiência sem saber o que resultará dela, e a observação atenta do que acontece é a origem da formulação das leis científicas.

Embora muitos educadores ainda defendam esse método como o mais adequado à compreensão da origem das descobertas no campo da ciência, ele não resiste a uma reflexão mais cuidadosa, como a que apresentamos a seguir.

A teoria precede e orienta a experiência

Toda experiência científica tem uma hipótese que a justifica. O material e o procedimento adotados são escolhidos em função dessa hipótese. Por exemplo, ninguém usa um termômetro se não pensa em medir a temperatura, ou um cronômetro se não pensa em medir o tempo.

Às vezes a hipótese não se confirma. Os cientistas, assim, não encontram o que esperavam. Nesse caso, depois de repetir o experimento até se convencerem de que a hipótese investigada está mesmo errada, ou seja, ela não é confirmada pelos fatos observados, os cientistas começam a buscar novas explicações, novas hipóteses que justifiquem esses fatos. Portanto, o objetivo da hipótese é responder às perguntas nascidas do experimento.

A observação de novos fatos resultantes de experimentos pode dar origem a perguntas, não a respostas. É comum a explicação de um resultado experimental ser formulada por um pesquisador teórico que tomou conhecimento do problema geralmente pela leitura de artigos científicos. Se as hipóteses que explicam um fenômeno fossem consequência imediata de sua observação, todo pesquisador que realizasse uma experiência seria capaz de formular a justificativa teórica para os fatos observados.

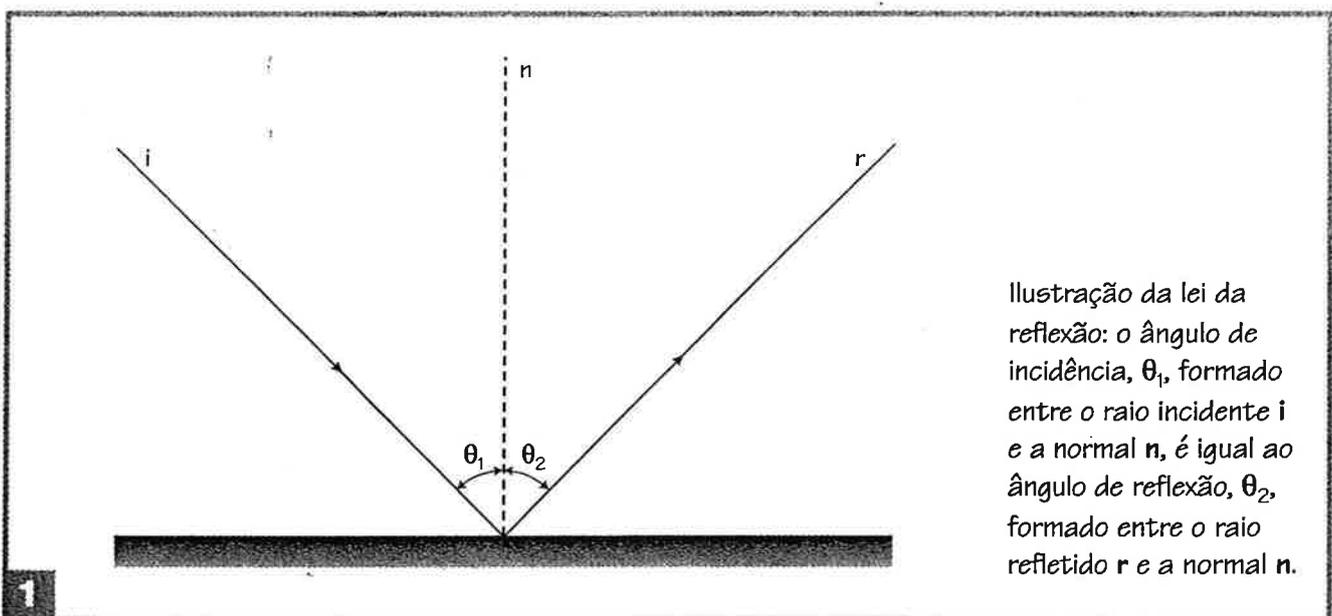
Mesmo quando o objetivo é redescobrir leis empíricas — que apenas descrevem os fenômenos sem a formulação de hipóteses explicativas —, o método da redescoberta é questionável. Isso porque a formulação de uma lei científica se expressa por conceitos científicos criados teoricamente. E esses con-

ceitos contêm implícita a lei que por eles se expressa.

Um exemplo é a lei da reflexão da luz, talvez a mais simples lei experimental que se possa obter em laboratório: *o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão* (figura 1).

Para enunciar essa lei é preciso definir ângulo de incidência e ângulo de reflexão. E para defini-los é preciso definir raio de luz, raio incidente, raio refletido e semi-reta normal à superfície refletora. Se os alunos desconhecem essas definições é impossível que redescubram a lei ou, pelo menos, que expressem sua redescoberta na forma de uma lei física reconhecível. Eles poderiam criar suas próprias definições, mas isso não faria sentido, pois levaria cada aluno a formular sua própria física. Mas se os alunos conhecem essas definições a lei passa a ser consequência quase imediata desse conhecimento, pois as definições foram criadas para possibilitar a expressão da lei. Assim, ou os alunos sabem as definições e estas os induzem a formular a lei, ou eles as desconhecem e não têm como descrevê-la em linguagem científica.

Por essas razões, a redescoberta não foi (nem poderá ser) um procedimento didático experimental viável. Alguns pesqui-



sadores tentaram modificar o método da redescoberta, sugerindo que o professor dirigisse a atividade dos alunos para uma espécie de redescoberta orientada, mas essa idéia teve pouca aceitação. A grande dificuldade está em estabelecer limites para a orientação da redescoberta, já que esse procedimento pode ser caracterizado como um retrocesso às atividades dirigidas, contra as quais a própria idéia da redescoberta foi proposta.

● Idéias piagetianas

Na década de 1970, enquanto o método da redescoberta mostrava suas deficiências e era gradativamente abandonado, as idéias de Piaget tornavam-se cada vez mais conhecidas e aceitas.

O pensamento piagetiano deu novo alento a todos os que preconizavam a importância da atividade experimental no ensino das ciências e não se satisfaziam com as formas tradicionais de realizá-la. Além de rejeitar a idéia da atividade pela atividade, preconizada pelo movimento da Escola Nova, a teoria de Piaget não entendia essa proposta como forma de reproduzir o método científico e de redescobrir a ciência.

De acordo com a teoria de Piaget, a atividade — concebida como uma interação do indivíduo com o meio — faz parte de um processo cognitivo essencial para a construção de nossas estruturas de pensamento. O cérebro humano tem uma história genética predeterminada, ou seja, as estruturas de pensamento que compõem o nosso feramental lógico surgem gradativa e seqüencialmente enquanto crescemos, à semelhança dos nossos dentes. No entanto, ao contrário da dentição, a época em que essas estruturas mentais se formam depende da atividade do indivíduo.

Se a interação for pobre, a formação das estruturas mentais será mais lenta, embora sempre ocorra e se complete. Mas a demora

para que uma estrutura mental se complete pode prejudicar seriamente a aprendizagem do indivíduo, pois só conseguimos aprender alguma coisa quando as estruturas mentais necessárias a essa aprendizagem já estão formadas em nosso cérebro.

Assim, de acordo com Piaget, o aluno só pode aprender um determinado conceito científico se dispuser da estrutura mental lógica que permite a compreensão desse conceito. Se essa estrutura não existir, é inútil ensinar, qualquer que seja o método utilizado.

A conseqüência da teoria piagetiana foi trazer o foco do ensino para o aluno. A ênfase no conteúdo, preconizada tanto pela pedagogia tradicional como pelos adeptos da Escola Nova e do processo da redescoberta, estava equivocada. Mais importante do que ensinar determinado conteúdo seria capacitar a mente para apreender esse conteúdo. E capacitar a mente significa estimular e apressar a formação das estruturas mentais para que elas existam quando necessário.

Na visão de Piaget, a atividade experimental adequadamente desenvolvida é a prática pedagógica mais relevante.

Atividades experimentais de inspiração piagetiana

Uma forma de apressar a construção de estruturas mentais por meio de experimentos é incluir nessas atividades situações desequilibradoras que gerem conflitos cognitivos na mente do aluno.

Um exemplo: crianças pequenas, de 3 ou 4 anos, costumam em geral associar a quantidade de líquido em um recipiente apenas com o nível alcançado por esse líquido nesse recipiente. Quanto mais alto o nível, maior a quantidade de líquido. Se propusermos a crianças dessa faixa etária que ponham a mesma quantidade de líquido em recipientes de larguras variadas, fazendo essa mesma quantidade atingir

Jean Piaget

Farrel Grehan/Corbis



Jean Piaget (1896-1980)

Jean Piaget nasceu em Neuchâtel, Suíça, no dia 9 de agosto de 1896. Era o filho mais velho de Arthur Piaget, professor de literatura medieval, e de Rebecca Jackson. Sua carreira científica começou muito cedo — ainda na adolescência já integrava a equipe de pesquisadores do Museu de História Natural de Neuchâtel, onde apresentou um artigo com estudos sobre o pardal branco, sua primeira publicação de uma vasta obra composta de centenas de trabalhos e mais de sessenta livros.

Em 1915 formou-se em biologia pela Universidade de Neuchâtel. Trabalhou então durante um ano em laboratórios de psicologia de Zurique e numa consagrada clínica psiquiátrica suíça. Em 1918 tornou-se doutor em biologia, com uma tese sobre moluscos. Mudou-se depois para Zurique, onde estudou psicologia e psicanálise. Lecionou psicologia e filosofia na Universidade de Sorbonne (Paris), onde trabalhou com pesquisas relacionadas a testes de inteligência. Por não se satisfazer com as limitações dos testes, Piaget começou a entrevistar as pessoas que eram submetidas a eles, utilizando técnicas aprendidas em seus estudos de psicanálise. Esse foi o início de suas pesquisas sobre a gênese do raciocínio das crianças.

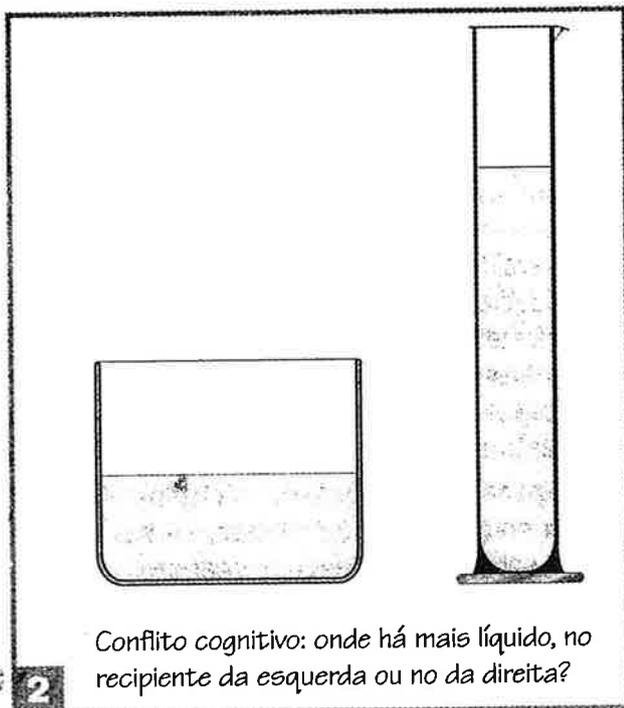
Em 1921 publicou seu primeiro artigo sobre psicologia da inteligência. No mesmo ano, começou a trabalhar no Instituto J. J. Rousseau, em Genebra, onde intensificou sua pesquisa sobre o raciocínio das crianças no ensino pré-escolar e fundamental. Essa pesquisa tornou-se o primeiro dos seus cinco livros sobre psicologia da criança, todos de extraordinária repercussão entre os psicólogos da época.

Em 1923 Piaget casou-se com Valentine Châtenay, uma de suas alunas e colaboradoras. Seus três filhos, duas meninas e um menino, tornaram-se objeto de uma cuidadosa e detalhada observação psicológica por parte do pai, fato que deu origem a três outros livros desse grande cientista. Na década de 1930 suas pesquisas tomaram grande impulso com o apoio das pesquisadoras A. Szeminska, E. Meyer e, mais destacadamente, Bärbel Inhelder. Aliás, Piaget merece uma menção especial pelo estímulo ao trabalho de mulheres na psicologia experimental.

Em 1942 Piaget publicou o livro *A psicologia da inteligência*, resultado de uma série de palestras no Collège de France. Devido à ocupação nazista na França, a maior parte do seu trabalho, nessa época, só se tornou conhecida fora da Suíça e da França depois da Segunda Guerra Mundial. Desde então, seu reconhecimento como um dos maiores psicólogos do século XX foi se consolidando por meio de títulos honorários conferidos pelas mais importantes universidades do mundo, inclusive pela antiga Universidade do Brasil, em 1949.

Em 1950 Piaget publicou uma síntese do seu trabalho, intitulada *Introdução à epistemologia genética*. Em 1952 voltou a ser professor da Universidade de Sorbonne e, em 1955, criou o Centro Internacional de Epistemologia Genética de Genebra, que dirigiu até sua morte, em 16 de setembro de 1980.

níveis diferentes, podemos colocar essas crianças diante de um conflito cognitivo: o que elas vêem não corresponde ao que esperavam ver (figura 2).



Se a estrutura cognitiva da criança não estiver adequadamente desenvolvida, é possível que essa contradição não seja percebida. Sendo percebida, a criança tende a reformular sua concepção e avançar para um estágio cognitivo mais evoluído.

Segundo Piaget, no momento da reformulação cognitiva a criança constrói uma nova estrutura mental, que vai lhe permitir compreender novos conceitos e adquirir estruturas mentais mais complexas. Essas novas estruturas mentais, por sua vez, podem dar origem a outros conflitos cognitivos que a criança passará a perceber e a ser capaz de reformular. E assim sucessivamente.

Dificuldades da teoria dos estágios cognitivos

A importância de conhecer o estágio de desenvolvimento cognitivo do aluno para orientar a prática pedagógica piagetiana deu origem a diversas pesquisas. Seus resultados foram surpreendentes. A maioria dos estudantes revelava não dispor das estruturas lógicas de pensamento necessárias à compreensão de conhecimentos científicos na época em que estes lhes eram ensinados. Seria essa, então, a origem da dificuldade apresentada pelos estudantes.

Os resultados dessas pesquisas tiveram como consequência o surgimento de propostas para a reformulação dos currículos das disciplinas científicas, adequando-as aos estágios de desenvolvimento cognitivo dos alunos. E conduziram à busca de atividades experimentais capazes de acelerar a construção da estrutura mental necessária à compreensão dos conceitos científicos.

Mas nem a reformulação curricular nem as atividades aceleradoras da formação de novas estruturas cognitivas tiveram resultados animadores. No primeiro caso, a razão principal foi a dificuldade em promover um ensino sem conteúdos fixos e bem delimitados, que constituem uma tradição extremamente arraigada entre os professores. Quanto às atividades aceleradoras, o obstáculo foi encontrar, em relação à maior parte dos conceitos científicos, situações desequilibradoras, responsáveis por estimular a formação das estruturas cognitivas.

A busca de situações desequilibradoras acabou por levar os pesquisadores em ensino de ciências a um novo caminho, ainda

na década de 1970, que logo se tornou predominante na fundamentação das atividades experimentais em ciências.

Conceitos prévios

Muitos pesquisadores perceberam que, ao menos em relação aos conceitos científicos, o obstáculo à aprendizagem não reside apenas na falta de estruturas lógicas. Em geral essas estruturas existem, mas os novos conteúdos não são aprendidos porque o aluno já possui conceitos prévios, funcionalmente equivalentes, que criam resistências cognitivas para a aquisição de determinados conceitos científicos.

Em outras palavras, para a compreensão de determinado conceito científico não basta o aluno possuir a estrutura lógica mental necessária. Frequentemente ele vai recorrer a concepções alternativas, a idéias prévias ou preconcepções para resolver o conflito cognitivo, mas de forma contextualmente incorreta. A figura 3 ilustra uma dessas preconcepções.

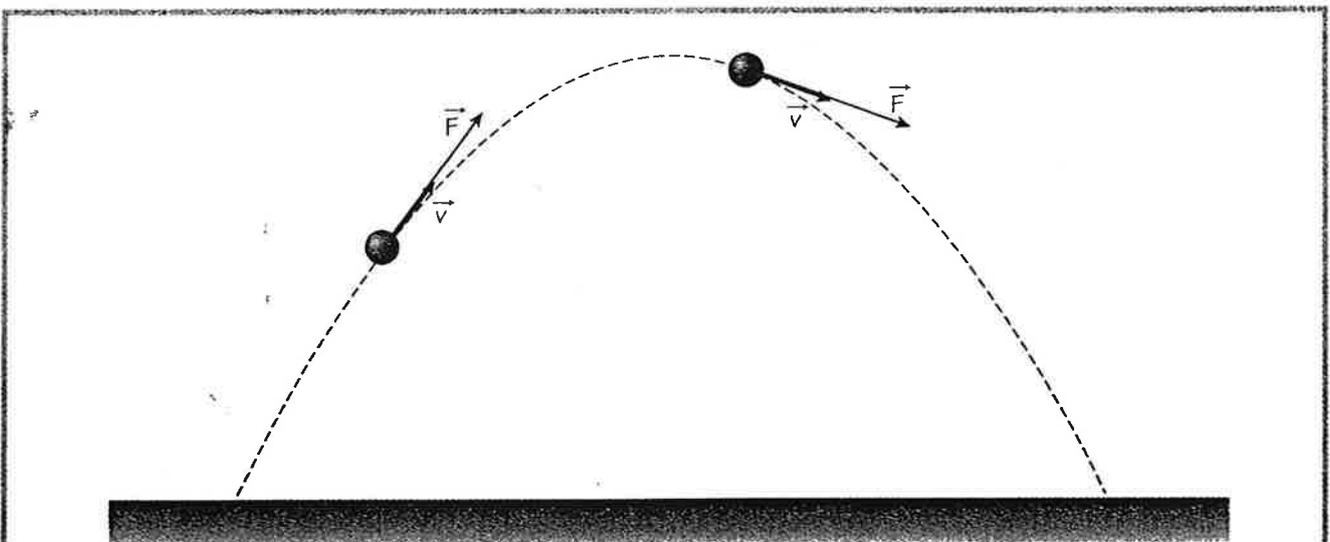
Segundo Piaget, essas preconcepções se apóiam numa espécie de repertório ina-

to de estruturas mentais que todos nós possuímos e que nos conduz à formulação de determinadas *concepções causais*, assim chamadas porque permitem explicar a *causa* dos fenômenos que observamos. Esse conjunto de concepções compõe um corpo de conhecimentos informais ou espontâneos que se costuma denominar de *ciência do senso comum*.

Para entender a ciência contextualmente correta, ou seja, a ciência dos cientistas, o aluno deve libertar-se da ciência do senso comum, que lhe fornece as estruturas mentais alternativas. Para isso é necessário, numa primeira etapa, que o professor conheça as preconcepções dos alunos e, em seguida, planeje atividades experimentais que as removam e as substituam pelas concepções cientificamente corretas.

Assim, o objetivo da atividade experimental deve ser eliminar o bloqueio das preconcepções alternativas para possibilitar a aquisição das concepções cientificamente corretas, pedagogia esta voltada para a evolução ou mudança conceitual.

Pode-se dizer que, ao menos em relação ao ensino de física, a primeira etapa



Para descrever a trajetória parabólica de uma bola jogada para o alto os alunos criam uma força \vec{F} inexistente, que atua na mesma direção e no mesmo sentido da velocidade \vec{v} : a relação direta entre força e velocidade é uma concepção prévia errônea que prejudica a compreensão das leis do movimento formuladas por Newton.

dessa estratégia foi cumprida com êxito. Conhecemos hoje talvez a maior parte das concepções dos alunos em relação à maioria dos conceitos físicos. Quanto à segunda etapa, os resultados foram desanimadores.

As inúmeras pesquisas realizadas para avaliar o resultado de atividades experimentais destinadas à mudança conceitual não apresentaram nenhum resultado convincente. Mesmo quando se observava nos alunos alguma reformulação de certas concepções, isso se restringia ao contexto da atividade realizada. Quando o contexto mudava, os alunos voltavam a utilizar suas concepções alternativas.

Panorama atual

Embora as atividades experimentais sejam uma necessidade incontestável para todo professor de disciplina da área de ciências, sua utilização em sala de aula é ainda inexpressiva no ensino fundamental e raríssima no ensino médio; quando aplicadas, os procedimentos quase sempre são tradicionais.

Pode-se supor que a causa dessa inconsistência entre a convicção do professor e sua prática pedagógica em relação à atividade experimental sejam os incipientes resultados das propostas inovadoras surgidas nas últimas décadas do século XX. Estariam os professores hesitantes em aplicá-las pela incerteza em relação aos objetivos e procedimentos pedagogicamente adequados? Essa hipótese não parece verdadeira, ou, pelo menos, relevante. A prática dos professores das disciplinas científicas sempre padeceu dessa inconsistência — crer em algo que não pratica — mesmo antes do movimento renovador.

Também não é correto julgar fracassadas as tentativas de renovação das atividades experimentais, já que a própria mobilização da comunidade acadêmica nesse sentido tem levado a uma intensa busca por novos referenciais teóricos, entre eles a

pedagogia sociocultural que fundamenta a proposta deste livro.

Além disso, do ponto de vista instrumental, houve um enorme progresso na produção de equipamentos — em geral mais simples, acessíveis e eficientes que os tradicionais —, na obtenção e utilização de novos materiais e na criação de dezenas de novos experimentos.

Resumindo, estamos em meio a um processo de compreensão do verdadeiro papel da atividade experimental em sala de aula, do qual resultou a proposta que apresentamos neste livro.

Pedagogia sociocultural de Vigotski — fundamentação teórica de nossa proposta

Assim como as atividades experimentais voltadas ao redescobrimiento fracassaram por causa de uma errônea compreensão da forma como se processam as descobertas científicas, as propostas de atividades para a mudança ou evolução conceitual fracassaram, a nosso ver, por uma errônea compreensão da forma como é construída a estrutura cognitiva do nosso cérebro.

Uma síntese das idéias vigotskianas

De acordo com a teoria sociocultural de Vigotski, o cérebro tem uma história genética predeterminada, como propõe Piaget, mas essa predeterminação se limita a uma estrutura básica sobre a qual se constroem as demais estruturas mentais, de origem sociocultural.

Retomemos nossa analogia entre estrutura do cérebro e denteição. Enquanto Piaget propõe que toda a estrutura do cérebro é

Lev Semyonovich Vigotski



Lev
Semyonovich
Vigotski
(1896-
1934)

Vigotski nasceu em 5 de novembro de 1896, em Orsha, então capital da Bielo-Rússia. Quando tinha pouco mais de um ano, sua família mudou-se para Gomel, uma pequena cidade bielo-russa, onde viveu sua infância e juventude. Essa era, até 1917, uma das regiões em que os judeus podiam viver na Rússia czarista. Restavam poucas alternativas para os judeus dessa região e o curso de medicina era uma delas. Daí a opção de Vigotski por ingressar na Universidade de Moscou, o que conseguiu em 1913, transferindo-se, logo no início, para o curso de Direito.

Paralelamente, Vigotski frequentou também a Universidade Popular de Shanavsky, em Moscou, uma universidade livre, progressista, de alto nível e que não fazia restrições de natureza política, racial ou religiosa aos que nela ingressavam, normalmente rejeitados na universidade estatal. Vigotski pôde então estudar aquilo que de fato lhe interessava: literatura, arte, filosofia, crítica de arte e principalmente psicologia.

Em 1917 concluiu sua formação em ambas as universidades e voltou à sua terra natal, na época ocupada por tropas alemãs. No início de 1919, quando os russos retomaram Gomel, Vigotski, que até então só tivera tempo para cuidar de sua família, começou a lecionar literatura, estética, filosofia e língua russa numa nova escola vocacional criada pela Revolução Russa, além de psicologia e lógica no curso de magistério local.

Em janeiro de 1924 Vigotski apresentou um trabalho num congresso de psiconeurologia realizado em São Petersburgo. Como resultado de sua apresentação foi convidado a integrar o corpo de pesquisadores do Instituto de Psicologia Experimental de Moscou. No verão de 1924 começou a trabalhar com crianças portadoras de necessidades especiais (físicas e mentais), no Departamento de Educação Popular desse instituto. Em 1925, numa viagem a Londres para participar de uma conferência internacional de educação para deficientes auditivos, pôde atualizar-se e conhecer o que se fazia na Europa em psicologia e educação especial. Ao retornar foi acometido seriamente de tuberculose, ficando entre a vida e a morte por alguns meses. Recuperou-se e passou a trabalhar intensamente em pesquisa e como professor de psicologia em instituições médicas e pedagógicas. Em 1926 publicou seu primeiro livro, *Psicologia pedagógica*, e começou a trabalhar em outros dois livros, *Pensamento e linguagem* e *História do desenvolvimento das funções psicológicas superiores*.

Durante todo esse tempo Vigotski nunca abandonou suas pesquisas psicológicas, especialmente no campo da psicologia infantil. Para melhor fundamentar suas pesquisas, ele ingressou numa escola de me-

dicina, onde fez três anos de residência médica. Em 1926 criou um laboratório para estudar psicologia de crianças portadoras de necessidades especiais, que em 1929 se tornou Instituto Experimental de Educação Especial.

Vigotski trabalhou febrilmente durante seus últimos anos de vida. Ao final de seus 37 anos publicou cerca de 270 trabalhos científicos. Descuidando de sua saúde precária, faleceu de tuberculose no dia 10 de junho de 1934.

predeterminada geneticamente, como o é nossa estrutura dentária, na teoria de Vigotski essa predeterminação se limita à construção de algo equivalente à gengiva — estrutura de apoio onde se encaixam os dentes, mas sem restrições de tamanho nem espaços definidos para um número predeterminado de dentes. Seria, então, uma gengiva de forma e tamanho maleáveis, capaz de acomodar quantos dentes fossem surgindo.

Isso equivale a dizer, no pensamento vigotskiano, que não é preciso esperar determinadas estruturas mentais se formarem para que a aprendizagem de um conceito seja possível. Ao contrário, é o ensino desse conceito que desencadeia a formação das estruturas mentais necessárias à sua aprendizagem. É preciso apenas não transpor a capacidade cerebral do aluno quando se busca criar novas estruturas mentais. Esse limite está contido numa *zona de desenvolvimento imediato ou proximal*, denominação dada por Vigotski a uma espécie de desnível cognitivo que cada pessoa tem para adquirir algo novo com a colaboração de um parceiro mais capaz, como é o caso do professor.

É pouco provável, por exemplo, que alguém consiga ensinar equação do segundo grau a um aluno que ainda não sabe equação do primeiro grau, pois a distância cognitiva entre o que o seu cérebro já construiu e o que precisa construir pode inviabilizar esse ensino. A expressão “pouco provável” é necessária nessa colocação, pois a distância

cognitiva depende do indivíduo e do novo conhecimento a ser adquirido. Algumas pessoas têm uma zona de desenvolvimento imediato mais ampla, outras, mais estreita, porém geralmente há um limite em relação à estrutura mental do aluno para uma nova aprendizagem.

Mesmo que o novo conteúdo esteja dentro dos limites da zona de desenvolvimento imediato do indivíduo, a aprendizagem desse conteúdo não ocorre no momento em que ele é ensinado. É preciso tempo para que o cérebro construa as estruturas mentais capazes de processar o novo conceito.

O termo *processar* remete a uma analogia com o computador. Assim como um computador só executa uma nova operação se for instalado o programa correspondente, nosso cérebro também precisa “instalar” um novo programa para cada conceito a ser aprendido. E essa “instalação” é um processo fisiológico de construção cognitiva que demanda tempo. Todos sabemos, por experiência própria, que a compreensão de novas idéias ocorre de maneira mais lenta que a simples tomada de conhecimento delas.

Os conflitos cognitivos descritos por Piaget são úteis mas insuficientes para explicar como ocorre o aprendizado de novas idéias. Apresentar uma atividade experimental que evidencie ao aluno tanto a fragilidade de suas concepções espontâneas como a impossibilidade que essas concepções têm de explicar um determinado fenômeno

não basta para que ele, de imediato, adote a nova concepção proposta pelo professor.

Certamente essa atividade experimental é útil para dar início, na mente do aluno, à formação de uma nova estrutura cognitiva, mas essa formação só vai se completar com o tempo. Para isso é preciso que os novos conceitos sejam apresentados, discutidos e trabalhados de forma reiterada e numa *interação social* em que o professor é o parceiro mais capaz.

A interação social, no sentido vigotskiano do termo, não se dá por meio de qualquer discussão, qualquer conversa entre alunos no pátio da escola. Em primeiro lugar ela deve ser assimétrica, isto é, dela deve participar pelo menos um parceiro mais capaz, em relação ao conteúdo da interação, que possa orientá-la.

Em segundo lugar, a questão que desencadeia a interação deve estar bem definida e ser conhecida por todos os participantes, assim como a abordagem que será adotada para responder a essa questão. Permeando o processo, a linguagem utilizada na interação deve estar ao alcance de todos.

Uma interação social com esses requisitos tende a levar todos os participantes à mesma compreensão que o parceiro mais capaz tem do conteúdo. Em síntese, pode-se afirmar que toda aprendizagem, escolar ou não, origina-se de interações sociais com essas características.

Diferenças entre Piaget e Vigotski

Como Piaget, Vigotski também condiciona a aprendizagem de um novo conceito à existência de uma estrutura cognitiva contida na zona de desenvolvimento imediato da pessoa. A diferença está em como ambos pensam essa estrutura.

Para Piaget, se a estrutura cognitiva para o aprendizado de um novo conceito não existe, a melhor estratégia pedagógica é

apressar a formação dessa estrutura *antes* de ensinar o conceito. Caso ela já exista, é importante detectar e eliminar possíveis concepções prévias que possam se tornar obstáculos cognitivos à aquisição do novo conceito. Em ambos os casos, as atividades experimentais são recursos pedagógicos essenciais.

Para Vigotski, respeitados os limites da zona de desenvolvimento imediato, a melhor estratégia pedagógica é persistir no processo de ensino do novo conceito, pois essa é a forma de construir a estrutura mental que possibilita sua aprendizagem. Portanto, não é o desenvolvimento cognitivo que viabiliza a aprendizagem, mas a aprendizagem que torna possível ou provoca o desenvolvimento cognitivo. As estruturas mentais para a aquisição de um novo conceito só começam a se formar na mente da pessoa quando esse conceito é ensinado.

Segundo Vigotski, a construção de uma nova estrutura mental se inicia quando ela é exigida. E o ensino formal é uma dessas ocasiões, certamente a mais relevante em relação aos conceitos científicos. A gênese dessa construção se inicia pela imitação — o aluno imita seu parceiro mais capacitado, quase sempre o professor, e procura fazer como ele faz, até apropriar-se da estrutura cognitiva do professor. No ser humano a imitação é um processo cognitivo, não uma simples repetição mecânica como a fala de um papagaio ou a mímica de um macaco. É a forma pela qual uma pessoa se apodera do saber de outra. A aprendizagem é essencialmente um processo de imitação, pois, como afirma Vigotski, o ser humano só imita o que pode compreender.

Então, se o procedimento exigido por uma atividade experimental e o conhecimento objetivado por ela estiverem ao alcance do aluno, a imitação, entendida como um refazer consciente dessa atividade, pode levá-lo a compreender o experimento e as idéias a ele relacionados. Mas o professor precisa conscientizar-se de que o re-

sultado de qualquer aprendizagem dificilmente é imediato. Como já dissemos, o desenvolvimento cognitivo é, em última análise, um processo fisiológico de construção de novas estruturas mentais que sempre demanda algum tempo para se completar.

Ao contrário de Piaget, Vigotski não acredita que uma concepção possa impedir a aquisição de outra, mesmo que sejam contraditórias. Para ele, a formação de conceitos científicos sempre se beneficia da existência de concepções prévias, mesmo conflitantes. Em outras palavras, do ponto de vista vigotskiano a reformulação de uma concepção incorreta é mais fácil e viável do que a criação de uma estrutura mental inteiramente nova.

O que não ocorre é a substituição imediata, a troca de uma concepção por outra como se troca um objeto por outro num armário. O cérebro humano não tem espaços reservados e excludentes onde só cabe um conceito ou outro. Concepções opostas podem conviver harmoniosamente na mente do aluno, constatação muito freqüente nas pesquisas de mudança conceitual. Nossos alunos, em suas explicações, ora utilizam uma concepção, ora outra, dependendo do contexto ao qual essas explicações estão vinculadas.

No pensamento vigotskiano, a ambivalência revela não uma resistência à mudança conceitual mas a existência de um processo de mudança cognitiva. Trata-se apenas de uma etapa inevitável na constru-

ção de uma nova estrutura mental, que, sendo incompleta, ainda não pode prescindir da antiga. É como uma família que, por estar com a casa em reforma, já pode jantar na sala nova mas precisou almoçar na velha cozinha.



A teoria de Vigotski e a atividade experimental

Geralmente, ao vincular uma prática pedagógica a uma determinada teoria, corre-se o risco de fazer extrapolações errôneas ou omitir aspectos essenciais. Além disso, uma mesma prática pode ter fundamentações teóricas diferentes. É o caso do construtivismo, que, mais do que uma prática pedagógica, talvez seja uma filosofia da educação (leia o texto *Construtivismo*).

Uma forma de evitar possíveis equívocos ou incoerências é buscar uma teoria que fundamente nossa prática e dê respostas ou indicações a nossas questões específicas.

Se o nosso interesse são as atividades experimentais em ciências e pretendemos adotar a teoria sociocultural de Vigotski como fundamentação teórica, é nessa teoria que devemos buscar respostas ou indicações a questões ligadas a essa prática pedagógica. A primeira questão a ser colocada, talvez a fundamental, é sobre os objetivos da atividade experimental.

Construtivismo

Embora seja uma das orientações pedagógicas mais influentes no ensino de ciências desde as últimas três décadas do século XX, o construtivismo ainda não tem uma definição única. Isso nos impede de saber que práticas educativas são ou não construtivistas, o que não ocorre, por exemplo, quando se trata da arte construtivista.

É bem provável que a utilização do termo construtivismo, em pedagogia, tenha origem numa analogia entre o desenvolvimento cognitivo e a construção de um edifício, utilizada repetidas vezes por Piaget: “O desenvolvimento mental é uma construção contínua comparável à edificação de um grande prédio, o qual, à medida que se lhe acrescenta algo, fica mais sólido”¹. Assim, não é sem razão que a maioria dos trabalhos construtivistas se fundamenta nas idéias de Piaget e de seus seguidores.

Pode-se afirmar que o construtivismo piagetiano tem como princípio básico a construção do conhecimento a partir da ação do sujeito sobre o objeto desse conhecimento. A interação social é necessária mas não suficiente. Conhecer é modificar o objeto, transformá-lo, compreender o processo dessa transformação e, por consequência, compreender o modo como ele é construído. Para Piaget, o conhecimento não é uma cópia da realidade; conhecer é sobretudo reconstruir. Construímos ativamente nossos conhecimentos em nossas interações com pessoas e objetos, de acordo com nossas possibilidades e interesses.

No entanto, não há vinculação exclusiva entre as idéias construtivistas e a teoria de Piaget. Em princípio, qualquer proposta pedagógica em que o aluno constrói o conhecimento pode ser ou é chamada de construtivista. Tanto que há muitas propostas pedagógicas que sugerem um construtivismo vigotskiano, pois Vigotski, como Piaget, também entendia o conhecimento como uma aquisição construtiva que depende do indivíduo.

Mas, quando o construtivismo se baseia na teoria de Vigotski, a grande diferença é, ou deveria ser, a existência de um parceiro mais capaz para orientar a aquisição do conhecimento. O aluno não redescobre, e sim se apropria do conhecimento do parceiro mais capaz. Nesse sentido, a analogia da construção do conhecimento com a construção de um edifício é até mais fidedigna em Vigotski do que em Piaget, pois não há construção sem um projeto que a oriente. Um edifício só pode ser efetivamente construído depois de ter sido projetado pelo arquiteto responsável. Da mesma forma, ninguém pode adquirir um conhecimento que não tenha sido previamente construído e seja de domínio de um parceiro mais capaz.

Seja fundamentada em Piaget, Vigotski, seja em outro pedagogo, toda proposta construtivista deve levar em conta que o conhecimento é uma construção humana preexistente a qualquer processo de ensino e aprendizagem. Não há método pedagógico que permita ao aluno construir uma lei da física, porque as leis da física não se originam diretamente da natureza, são leituras da natureza realizadas pelos físicos que nos antecederam.

Em outras palavras, a idéia de construir implica a existência de algo previamente conhecido. O construtivismo, como qualquer proposta pedagógica que visa aprimorar o processo de ensino e aprendizagem, tem como objetivo básico a transmissão do conhecimento produzido pelas gerações anteriores. Esse conhecimento não é passível de redescobertas espontâneas, ele precisa ser dirigido por um parceiro mais capaz ou por alguma outra forma de orientação implícita na própria concepção da atividade.

1. PIAGET, J. *Seis estudos de psicologia*. 6. ed. Forense Universitária, 1973. p. 12.



Objetivos da atividade experimental

No ensino tradicional dispensa-se a formulação de objetivos específicos para a atividade experimental, pois esta é entendida como prática integrante do conhecimento científico e tem o mesmo objetivo de qualquer atividade teórica. É apenas mais um item no repertório de recursos instrucionais de que o professor dispõe para ensinar determinado conteúdo.

Essa concepção conteudística, como vimos, foi rejeitada pelas linhas pedagógicas que pretendem dar às atividades experimentais objetivos mais ambiciosos, como a redescoberta da ciência, o apressamento da construção das estruturas cognitivas e a mudança conceitual.

Embora tenham sido raras as atividades experimentais que alcançaram alguns desses objetivos, ficou claro que a experimentação didática merece uma reflexão cuidadosa que não a considere como um acessório à apresentação de componentes curriculares ou apenas um complemento ou apêndice do ensino teórico.

Numa pedagogia de inspiração vigotskiana, sociocultural, não há, a rigor, diferença cognitiva entre uma atividade teórica, como um problema a ser resolvido por escrito, e uma atividade experimental. A menos que o objetivo específico do ensino seja exclusivamente aprender a resolver problemas ou realizar experiências, ambas as atividades podem contribuir para a construção das estruturas de pensamento que o conteúdo tratado exige.

Nesse sentido a pedagogia vigotskiana está mais próxima da tradicional do que das pedagogias recentes, cujo objetivo é a redescoberta ou mudança conceitual. Contudo ela apresenta um novo enfoque, não levado em consideração por nenhuma linha pedagógica até então.

Como a aprendizagem não resulta da atividade em si, mas das interações sociais

que é capaz de desencadear, o objetivo fundamental da atividade teórica ou experimental é promover interações sociais que permitam o ensino de determinado conteúdo. Portanto, a opção pela atividade experimental deve ter como objetivo as interações sociais que ela pode promover em relação ao conteúdo apresentado.

Essa vinculação entre experimento e interação social pelo conteúdo é importante, pois nem todos os conteúdos de ciências permitem uma abordagem experimental, que, de qualquer forma, é sempre parcial. Não é possível, com atividades experimentais didáticas, verificar ou redescobrir princípios físicos, como a conservação da energia e da quantidade de movimento, ou redescobrir modelos científicos, como o modelo atômico. Mas é possível usar essas atividades para explicar ou ilustrar esses princípios ou modelos científicos. Então, este deve ser o objetivo fundamental das atividades experimentais: promover interações sociais que tornem as explicações mais acessíveis e eficientes.

Atividade experimental X atividade teórica

Do ponto de vista vigotskiano, comparar uma atividade experimental com uma atividade teórica, quando o conteúdo permite, implica comparar a qualidade das interações sociais desencadeadas por ambas.

Nesse caso, podemos afirmar que a atividade experimental tem, pelo menos, três vantagens em relação à teórica.

A primeira está na quase certeza de que, durante a atividade experimental, todos os parceiros vão discutir as mesmas idéias e tentar responder às mesmas perguntas, uma das condições essenciais para que a interação social se desenvolva adequadamente. Para isso basta que todos os participantes entendam com clareza as questões propostas e suas soluções, o que, em atividades experimentais bem plane-

jadas e executadas, é mais facilmente conseguido graças ao próprio experimento que concretiza essas questões e soluções.

A atividade teórica, ao contrário, deve recorrer a enunciados verbais cuja compreensão nunca é simples ou óbvia, mesmo para os professores. Isso fica evidente por ocasião de concursos e exames vestibulares em que predominam os enunciados: são raros aqueles que não geram dúvida ou contestação. Além disso, todo professor atento sabe que em atividades teóricas, como a resolução de problemas, grande parte das dificuldades dos alunos aparece porque eles não interpretam satisfatoriamente o enunciado, dificuldade que se estende à própria resolução do problema mesmo quando apresentada pelo professor.

A segunda vantagem da atividade experimental sobre a teórica está na riqueza da interação social que ela desencadeia. A atividade teórica é sempre limitada pelo enunciado, o qual obrigatoriamente restringe as condições iniciais para que haja procedimentos e respostas convergentes. Na experimental isso não é possível, mesmo quando se utilizam *kits* com roteiros tradicionais. Num experimento não é possível desprezar fatores ambientais, como temperatura, umidade, pressão atmosférica, vento, claridade e atrito, além das intercorrências da própria montagem — ajustes, adaptações e imprevistos. Todos esses fatores podem ser objeto de questionamentos que enriquecem a interação social.

Por serem verbais e restritivos, os enunciados teóricos tendem à idealização e ao artificialismo, mesmo em questões abertas. As condições ambientais inexistem, os materiais e equipamentos são sempre ideais. Nunca há resistência do ar, as polias não têm massa e giram sem atrito, os instrumentos de medição são perfeitos e não influem nas medidas e estas são sempre absolutamente precisas, não havendo incertezas.

As respostas, nas atividades teóricas, são previamente conhecidas — o aluno sabe

quando acertou ou qual será o valor ou a expressão que deve obter, pois estes são fornecidos pelo professor ou estão no livro. Tudo isso impede ou pelo menos desestimula questionamentos importantes, tanto em relação ao idealismo das condições dadas como dos resultados obtidos. Dificilmente se discute o que aconteceria se levássemos em consideração a massa de uma polia ou o atrito em seu eixo. A própria validade da resposta, muitas vezes irreal mesmo quando considerada certa, permanece sem discussão.

Nada disso é possível numa atividade experimental, pois nela não se pode idealizar as condições iniciais ou ignorar as condições reais. Também não há respostas prévias rigorosamente corretas, e as incertezas são inevitáveis. Portanto, há muito mais a ser discutido, o que geralmente leva a interações sociais mais ricas.

A terceira vantagem da atividade experimental se refere ao maior envolvimento do aluno, pois ele dificilmente arrisca previsões quanto ao resultado de atividades teóricas. Além de exigirem maior capacidade de abstração, as respostas — raramente observáveis — são dadas pelo livro ou pelo professor. Dúvidas ou contestações correm o risco de serem refutadas por argumentos de autoridade. Sabendo disso, o aluno se abstém de participar, fragilizando-se a interação social.

Em atividades experimentais isso não ocorre. Se um professor levar para a sala de aula uma caixa de fósforos cheia e outra vazia e perguntar aos alunos qual delas cai primeiro quando soltas ao mesmo tempo da mesma altura, dificilmente deixará de obter respostas. É quase certo que todos participem, optando por uma ou outra possibilidade.

Independentemente das razões que levam a uma determinada resposta, a quase unânime participação dos alunos nas atividades experimentais pode ser explicada principalmente por dois motivos: a possibilidade da observação direta e imediata da resposta, que

envolve afetivamente o aluno com a atividade; o aluno, livre de argumentos de autoridade, obtém uma resposta isenta, diretamente da natureza. Ambos os motivos garantem o desencadeamento de uma interação social mais rica, motivadora e, conseqüentemente, mais eficaz.

A pedagogia da atividade experimental

Com base no que foi discutido até aqui, podemos estabelecer quatro critérios orientadores de uma pedagogia para atividades experimentais inspirada na teoria de Vigotski.

1º Estar ao alcance da zona de desenvolvimento imediato do aluno.

O professor não deve restringir esse critério apenas ao tema ou ao objetivo da atividade — esses são os aspectos menos relevantes. O importante é que a explicação seja adequada. Assim, uma experiência sobre pressão atmosférica pode ou não estar na zona de desenvolvimento imediato da maioria dos alunos da 5ª série do ensino fundamental. Não é a complexidade do conceito que determina essa adequação, mas o modelo físico utilizado pelo professor e a possibilidade de compreensão desse modelo.

2º Garantir que um parceiro mais capaz participe da atividade.

Esse critério é essencial, pois ao parceiro mais capacitado cabe orientar a atividade, saber o que se espera dela e conhecer a explicação contextualmente correta do que será observado. Em geral o professor é esse parceiro, mas ele pode ser substituído por um ou mais alunos preparados previamente para exercer o mesmo papel.

Esse critério se opõe à pedagogia da redescoberta e a algumas propostas construtivistas cuja preocupação é não dar respostas para que os alunos as redescubram ou re-

construam. Aqui, ao contrário, não há segredos; as respostas são conhecidas pelo parceiro mais capaz e partilhadas com todos na interação. Também não há a necessidade de interação direta do aluno com o material para que a aprendizagem ocorra. De acordo com as idéias de Vigotski, não são as ações materiais diretas e individuais que possibilitam a aprendizagem, mas a conversa, a discussão verbal e simbólica com quem sabe, pois a interiorização da linguagem cria as estruturas de pensamento que possibilitam a compreensão. Daí a necessidade da presença e, principalmente, do preparo do parceiro mais capaz.

3º Garantir o compartilhamento das perguntas propostas e das respostas pretendidas.

É preciso que a própria atividade, ou se necessário o parceiro mais capaz, indique claramente quais são as perguntas e as respostas pretendidas. Todos os participantes da interação devem ver o que deve ser visto e saber quais questões se pretende responder. Nem sempre isso é óbvio, apesar de essencial para a compreensão de experimentos.

Uma montagem experimental costuma ter ou não elementos acessórios diretamente relacionados ao fenômeno a ser observado — tomadas, fios, interruptores, fontes de calor e de luz, entre outros —, que podem dispersar a atenção e desviar o foco da atividade. Deve-se evitar que o parceiro mais capaz discuta ou explique uma coisa enquanto o aluno observa outra.

4º Garantir o compartilhamento da linguagem utilizada.

Todos os participantes da interação devem ser capazes de compreender a linguagem utilizada, no mais amplo sentido do termo. Não basta que todos compreendam as palavras, mas também os desenhos, gráficos, esquemas e símbolos utilizados. Não falamos de símbolos vinculados especificamente ao objeto da atividade, mas daqueles necessários à mediação dessa atividade. Exem-

plificando: se uma atividade tem por objetivo introduzir o conceito de pressão, é presumível que esse conceito e alguns elementos simbólicos que o definem ainda não façam parte do repertório da maioria dos participantes da interação. Mas o objetivo da atividade torna inevitável e necessário o uso desse conceito e, se for o caso, de sua expressão matemática. Portanto, o que deve ser de domínio comum é a linguagem utilizada para a explicação da atividade, de seus objetivos e dos fenômenos observados.

Em síntese, do ponto de vista vigotskiano, toda atividade experimental que proporcione as condições descritas acima é eficiente, seja ela uma atividade de demonstração realizada pelo professor, por um aluno ou grupo de alunos para o restante da classe, seja uma atividade realizada em pequenos grupos e simultaneamente por todos.

Os PCNs e as atividades experimentais

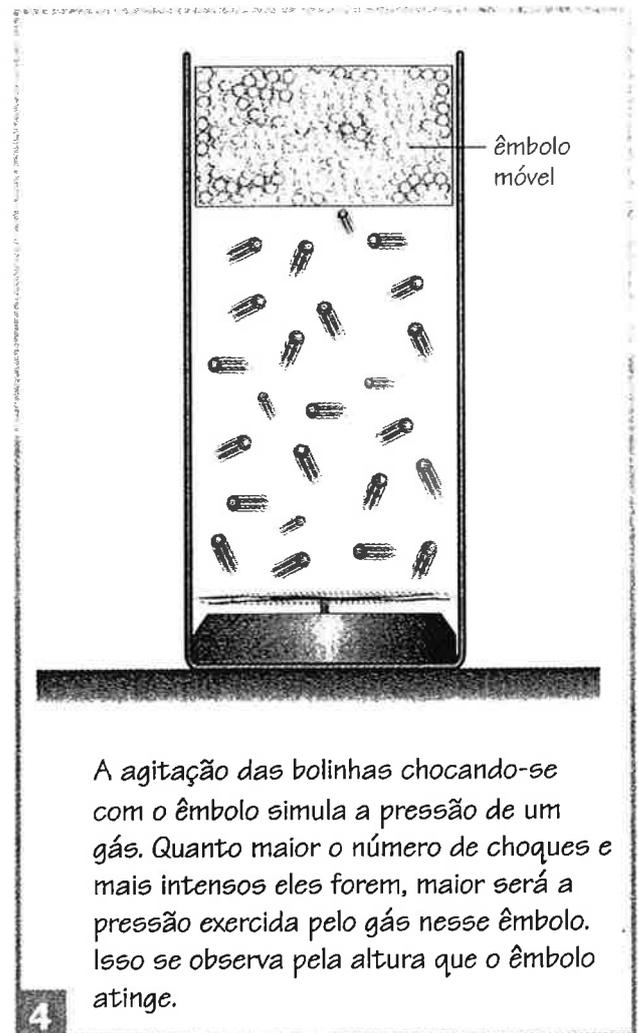
O professor deve conhecer os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) do Ministério de Educação e Cultura (MEC), destinados aos dois ciclos do ensino fundamental de ciências naturais. O texto dos parâmetros é abrangente e apresenta uma orientação detalhada para o trabalho didático.

Assim, é importante que o professor de ciências use os PCNs como um elemento orientador em seu planejamento de curso e busque, dentre as atividades apresentadas neste livro, aquelas que melhor se adaptam ao planejamento.

Deve-se lembrar que os PCNs de ciências naturais fundamentam-se fortemente nas idéias de Piaget, enquanto o fundamento teórico deste livro está nas idéias de Vigotski. Mas, como já ressaltamos anteriormente, as implicações pedagógicas de ambas as teorias não são obrigatoriamente contraditórias. A teoria de Vigotski admite

práticas pedagógicas que a teoria de Piaget não recomenda, mas o oposto não ocorre, ou seja, toda prática pedagógica de inspiração piagetiana pode ser adotada numa pedagogia de inspiração vigotskiana. Basta que a ela se agregue a participação ativa e orientadora do professor ou de outro parceiro mais capaz.

Uma última observação relacionada especificamente às atividades experimentais diz respeito à importância de se oferecer, sempre que possível, uma seqüência que favoreça o crescimento cognitivo do aluno. Por exemplo, se o conteúdo a ser abordado é o conceito de pressão, uma atividade preliminar, como a demonstração experimental do modelo cinético dos gases (figura 4), certamente vai proporcionar ao professor condições mais adequadas de explicações sobre esse tema.



A agitação das bolinhas chocando-se com o êmbolo simula a pressão de um gás. Quanto maior o número de choques e mais intensos eles forem, maior será a pressão exercida pelo gás nesse êmbolo. Isso se observa pela altura que o êmbolo atinge.

A seleção das atividades experimentais

Admitidas as atividades experimentais como um recurso pedagógico eficiente para a promoção de interações sociais, quanto mais elas forem utilizadas, melhor. Mas sabemos que poucos professores terão condições de desenvolvê-las em grande número. Assim, haverá a necessidade de escolha e toda escolha pressupõe critérios.

O critério básico é a adequação do conteúdo da atividade ao planejamento do curso, para o qual os PCNs de ciências naturais dão excelente orientação. Como podem existir várias atividades experimentais adequadas a um determinado tema, o professor provavelmente será obrigado a fazer uma nova escolha. Para isso a teoria de Vigotski e o bom senso indicam alguns critérios.

Vamos discuti-los separando as atividades experimentais em dois grupos: atividades de demonstração pelo professor e atividades desenvolvidas por aluno ou grupos de alunos.

Quanto às *atividades experimentais de demonstração pelo professor*, precisamos levar em conta os seguintes aspectos:

- **montagens** — devem ser levadas prontas para a sala de aula e previamente testadas para evitar frustrações;
- **tempo de apresentação** — deve ser bem menor que a duração de uma aula, para que seja possível a exposição dos objetivos da demonstração e a troca de idéias; experimentos cujos resultados não podem ser observados em curto espaço de tempo devem ser evitados ou realizados no laboratório;
- **observação dos resultados** — deve-se ter a certeza de que todos fizeram a observação correta dos fenômenos apre-

sentados; assim, repete-se a demonstração sempre que necessário;

- **visibilidade** — os resultados da demonstração devem ser vistos por todos os alunos; portanto, os equipamentos precisam ter dimensões adequadas e estar em local de fácil visualização;
- **eficiência dos equipamentos** — caso sejam mal construídos ou de má qualidade, os equipamentos podem falhar ou exigir muitos ajustes, o que poderá conturbar a apresentação, dificultar as interações sociais e desviar o foco dos objetivos;
- **intervenção do professor** — deve ser freqüente e necessária em atividades cuja manipulação seja difícil ou perigosa; não sendo este o caso, a apresentação feita por um aluno ou grupo de alunos é sempre mais rica e motivadora.

Quanto às *atividades experimentais desenvolvidas por aluno ou grupos de alunos*, devemos levar em conta os seguintes aspectos:

- **viabilidade da montagem** — implica a verificação anterior do material necessário, do tempo disponível, da complexidade de suas etapas e da possibilidade de êxito;
- **tempo de apresentação** — é preciso delimitá-lo para que seja possível a troca de idéias depois de realizada a demonstração no decurso da aula;
- **prontidão e preparo do professor para responder aos questionamentos que devem surgir do experimento** — nesse aspecto é bom lembrar que o professor não é obrigado a dominar todas as variáveis de uma atividade experimental ou de um conteúdo; portanto, ele pode não responder de imediato ao aluno e demonstrar com tranquilidade suas dúvidas, cabendo-lhe, como parceiro mais capaz da interação, responsabilizar-se pela resposta futura, evitando transferir a tarefa ao aluno.

Equipamentos e materiais

O equipamento utilizado em atividades experimentais pode ser montado pelos alunos ou pelo professor ou, ainda, adquirido de alguma empresa especializada. O importante é que o material não se restrinja à observação do resultado final da atividade, o que dificulta ou mesmo inviabiliza as interações sociais produtivas.

A principal vantagem da produção do material pelos alunos, além do aspecto motivacional e afetivo relacionado à tarefa, é que eles vão saber como funciona o equipamento construído. A construção, os ajustes, as correções e sobretudo as discussões que invariavelmente surgem oferecem momentos únicos de aprendizagem.

Mas, por sua própria natureza, essa atividade não pode ser realizada com muita frequência. Daí a necessidade da utilização de equipamentos também adquiridos de empresas especializadas ou construídos fora da sala de aula por grupos de alunos, com o apoio do professor e da escola. Nesse caso, o tempo decorrido entre a montagem do equipamento e a realização do experimento oferece uma vantagem adicional aos alunos envolvidos na tarefa. Se forem bem orientados, ao concluir o processo eles devem ter construído uma estrutura mental mais rica, capaz de compreender não só os conceitos envolvidos no experimento mas também princípios do funcionamento e da montagem do aparelho. O tempo que alguém dedica à própria compreensão de uma idéia consolida a estrutura mental que lhe permite compreendê-la.

Apresentação das atividades experimentais

Muitos professores e pesquisadores que se dedicam a atividades experimentais

surpreendem-se ao descobrir que algumas de suas “criações” ou “invenções” já existiam, às vezes há séculos. Outros se sentem plagiados ao encontrar idéias que julgam suas em livros, revistas, sites da Internet, museus, feiras e exposições de ciências. Na verdade, é difícil saber quem é o autor de diversas demonstrações experimentais, dada a imensa quantidade de fontes de divulgação, multiplicadas cada vez mais com o advento da Internet.

Neste livro gostaríamos de citar a fonte de cada experimento apresentado, mas isso é impossível. Não sabemos sequer se algumas de nossas idéias são de fato nossas, dada a convivência que temos com as mais variadas fontes de informação. Assim, as referências principais de onde tiramos algumas das sugestões apresentadas estão na bibliografia, no final do livro; o que não constar dessa bibliografia pode ter sido criado ou recriado por nós.

Agrupamos os experimentos em unidades que seguem a seqüência tradicional utilizada na maioria dos livros didáticos de ciências do ensino fundamental. Essa opção, além de facilitar o trabalho do professor, apresenta um ordenamento de complexidade gradativa que facilita a abordagem dos conceitos apresentados.

Cada tema a ser trabalhado experimentalmente — ar, água, sólidos, energia — está dividido em tópicos e é precedido de um resumo teórico em que se destacam aspectos relevantes dos conceitos tratados, geralmente relacionados aos experimentos propostos. Incluímos, quando pertinentes, algumas críticas a inadequações ou equívocos que costumeiramente acompanham a apresentação de determinados conceitos.

Todas as atividades experimentais são apresentadas em tópicos, cuja linguagem é simples e direta. Os tópicos são os seguintes:



O que se usa

É a relação do material necessário, sendo que *todo material sugerido pode ser substituído*. Mas o professor deve verificar previamente o efeito da substituição e, se for o caso, fazer adaptações. O material que sugerimos é exatamente o que utilizamos em nossas próprias montagens.



Como se faz

Orientamos o procedimento experimental; no caso de aparelhos, indicamos as etapas e os procedimentos para a sua montagem.



Como funciona

Este tópico aparece na construção de equipamentos ou aparelhos e são instruções para a sua eficiente utilização.



O que observar

O objetivo é dirigir a observação para todos os aspectos relevantes da experiência; muitas vezes o aluno não vê o que deve ser visto (figura 5) ou pelo menos não vê tudo o que pode ser observado em uma atividade experimental.



Como se explica

Procuramos explicar cada experiência de maneira simples, o que permite sua transposição direta para a sala de aula; é óbvio que o professor deverá adequá-la à realidade de seus alunos.



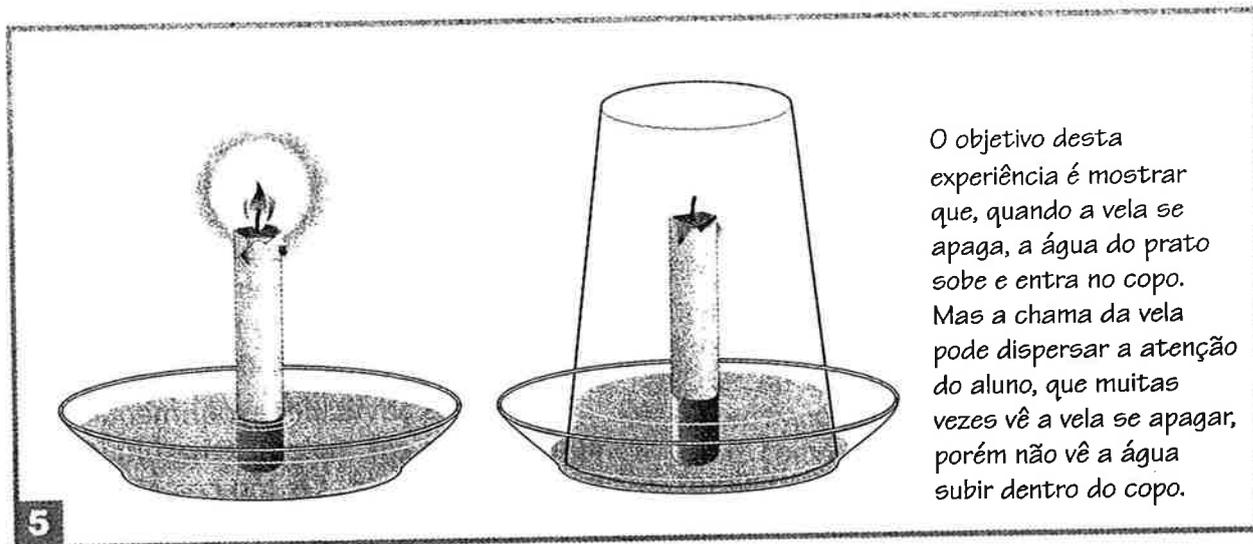
O que pode dar errado

Este tópico é importante porque é quase inevitável o aparecimento de alguma dificuldade na maior parte das montagens; por exemplo, é comum os equipamentos não funcionarem logo depois de prontos. Procuramos então, em cada caso, prever o que pode prejudicar o bom funcionamento de cada montagem. De qualquer forma, se o professor tiver uma adequada compreensão da teoria em que a atividade se fundamenta, não será difícil detectar as causas de um mau funcionamento.



Uma observação a mais

Comentamos ou propomos alternativas ao experimento, discutimos outras explicações ou justificativas teóricas possíveis e chamamos a atenção para aspectos relevantes da experiência.



5

O objetivo desta experiência é mostrar que, quando a vela se apaga, a água do prato sobe e entra no copo. Mas a chama da vela pode dispersar a atenção do aluno, que muitas vezes vê a vela se apagar, porém não vê a água subir dentro do copo.