

**ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DE DEMONSTRAÇÕES EM SALA DE AULA:  
UMA ANÁLISE SEGUNDO O REFERENCIAL DA TEORIA DE VYGOTSKY  
(Experimental activities of classroom demonstrations: an analysis according to Vygotsky  
theory)**

**Alberto Gaspar** [gaspar@feg.unesp.br]

Prof. Dr. Depto Física e Química - Campus de Guaratinguetá  
Unesp – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”– Brasil

**Isabel Cristina de Castro Monteiro** [monteiro@feg.unesp.br]

Profa. Ms. Depto Física e Química / CTIG – Campus de Guaratinguetá  
Doutoranda em Educação para a Ciência – Campus de Bauru

**Resumo**

Neste trabalho apresentamos algumas características das atividades de demonstração que permitem fundamentar o seu uso em sala de aula a partir da teoria de Vygotsky. Tal fundamentação traz, a nosso ver, orientações relevantes para a otimização do processo de ensino e aprendizagem a partir do uso de tais atividades em sala de aula. A seguir, são descritos alguns dados resultantes da aplicação efetiva dessa proposta em sala de aula, seguidas de algumas reflexões a eles relacionadas.

**Palavras-chaves:** Atividades de demonstração; Teoria de Vygotsky; Ensino de Física

**Abstract**

In this article we present some characteristics of the demonstration activities that allow studying their use in classroom, based on Vygotsky's theory. This study suggests, in our opinion, important orientations for the improvement of the teaching and learning process starting from the use of such demonstration activities in classroom.

**Keywords:** Demonstration Activities – Vygotsky Theory – Teaching of Physics

**Introdução**

A partir da década de 1970, começaram a surgir em todo mundo museus e centros de ciências, locais onde as demonstrações experimentais são o centro da atenção e do encantamento de seus visitantes (Gaspar, 1998). Esse movimento, a nosso ver, deu início a um processo de resgate da prática da apresentação de demonstrações experimentais em ciências em sala de aula. Vistas como pedagogicamente inócuas pelas teorias que centram na atividade do aluno a construção do seu conhecimento, o impacto que essas demonstrações provocam nos seus visitantes em ambientes informais, tanto do ponto de vista cognitivo como o da aprendizagem de conceitos, indicam que essa atividade pode ser pedagogicamente válida e significativa também em sala de aula. Para isso, é essencial que se encontre uma fundamentação teórico-pedagógica adequada que justifique sua validade pedagógica e oriente sua estruturação e desenvolvimento no ambiente escolar.

As atividades experimentais de demonstração em sala de aula, tanto quanto as atividades tradicionais de laboratório realizadas por grupos de alunos com orientação do professor, apresentam dificuldades comuns para a sua realização, desde a falta de equipamentos até a inexistência de orientação pedagógica adequada. No entanto, alguns fatores parecem favorecer a demonstração experimental: a possibilidade de ser realizada com

um único equipamento para todos os alunos, sem a necessidade de uma sala de laboratório específica, a possibilidade de ser utilizada em meio à apresentação teórica, sem quebra de continuidade da abordagem conceitual que está sendo trabalhada e, talvez o fator mais importante, a motivação ou interesse que desperta e que pode predispor os alunos para a aprendizagem.

Gaspar (*opus cit.*) estudou a viabilidade de se ensinar e aprender conceitos científicos em ambientes informais, em nível introdutório, e dessa aprendizagem vir a favorecer a compreensão e a aquisição formal e mais aprofundada desses mesmos conceitos, tendo como embasamento teórico-pedagógico a teoria sócio-cultural de Vygotsky. Neste artigo, avaliamos a possibilidade de se transpor e estender indicações e conclusões de Gaspar (*opus cit.*) para fundamentar, estruturar e desenvolver pedagogicamente a atividade experimental de demonstração, de Ciências ou de Física, em sala de aula. Para tanto, apresentamos uma breve abordagem histórica sobre a origem dessas atividades, destacando especialmente algumas de suas características e alguns trabalhos que descrevem o uso ainda recente dessas atividades em sala de aula. A seguir, expomos quais indicações da teoria de Vygotsky aplicadas ao ambiente informal podem ser adequadamente transpostas ou estendidas para a apresentação em sala de aula. Finalmente são descritos alguns dados resultantes da aplicação efetiva dessa proposta em sala de aula, seguidas de algumas reflexões a eles relacionadas.

### **Características fundamentais**

A expressão ‘atividade de demonstração’, no ambiente escolar, pode referir-se a qualquer apresentação realizada em sala de aula, não vinculada ao uso do quadro-negro, como, por exemplo, a exibição de um filme ou de um slide, cuja atividade pode ser considerada pedagogicamente válida. No entanto, aqui usaremos o termo ‘atividade de demonstração’ ou ‘atividade experimental de demonstração’, para designar atividades experimentais que possibilitem apresentar fenômenos e conceitos de Física, cuja explicação se fundamente na utilização de modelos físicos e priorize a abordagem qualitativa.

*As atividades de demonstração dessa natureza não se restringem à sala de aula. Podem ser apresentadas também em outros ambientes em função dos quais adquirem características diferentes. Assim, podemos citar:*

a) Atividades de demonstração em conferências ou palestras: *são realizadas com dispositivos ou equipamentos experimentais específicos vinculados à explicação de temas apresentados durante uma palestra.*

*Palestras apresentadas em auditórios, teatros, quadras de esporte ou qualquer outro ambiente público, nas quais o conferencista utiliza habilmente as demonstrações experimentais para as suas explicações foram chamadas por Taylor (1988) de Lecture Demonstration Segundo esse autor, uma lecture demonstration tem semelhanças com um show ou peça teatral. Os experimentos, equipamentos ou projeções são coadjuvantes do espetáculo, cuja mensagem principal pode ser a divulgação da ciência ou a alfabetização científica.*

*Taylor (opus cit.) enfatiza a necessidade de adequar e de tornar visíveis as atividades de demonstração para toda a platéia. Destaca ainda a necessidade de um ensaio geral, além de ensaios individuais com cada equipamento.*

b) Atividades de demonstração em museus e centros de ciências: *são experimentos expostos para apresentação aos visitantes ou para que eles próprios os manipulem. A alfabetização em ciências, assim como o seu ensino e divulgação são o principal objetivo dessas instituições. Enquanto em uma lecture demonstration o centro das atenções é o conferencista, nos museus ou centros de ciências o destaque está voltado ao ambiente, muitas vezes grandioso e repleto de estímulos. A presença de monitores para a apresentação das demonstrações é comum, mas eles atuam de forma restrita a alguns setores ou equipamentos.*

c) Atividades de demonstração em sala de aula: *recebem muitas vezes a denominação de ‘experiências de cátedra’. Segundo Ferreira (1978), os principais objetivos da experiência de cátedra são:*

- ? *ilustrar e ajudar a compreensão das matérias desenvolvidas nos cursos teóricos;*
- ? *tornar o conteúdo interessante e agradável;*
- ? *desenvolver a capacidade de observação e reflexão dos alunos.*

*Esses objetivos dão à experiência de cátedra a mesma conceituação proposta aqui para a atividade de demonstração, pois vinculam os equipamentos à explicação do professor e desencadeiam nos alunos momentos de reflexão sobre os fenômenos físicos apresentados, não se limitando à apresentação ilustrativa dos equipamentos. No entanto, Ferreira (opus cit.) ressalta que a apresentação de experiências de demonstração em sala de aula geralmente negligencia as interações entre os estudantes e entre eles e o instrumental. São aulas expositivas nas quais o experimento realizado pelo professor equivale a um recurso audiovisual.*

### **Breve histórico**

Provavelmente, a primeira instituição a utilizar alguns dispositivos experimentais para demonstrar princípios físicos para grandes audiências foi o Museu de Alexandria, criado por Ptolomeu I, por volta do ano 300 a.C. (Ronan, 1987). Segundo Taylor (*opus cit.*), as primeiras *lectures demonstrations* surgiram no século XVII, citando como exemplos as pinturas de aulas de dissecação do corpo humano, como a obra ‘Aula de Anatomia’, de Rembrandt (1632), gravura que mostra o físico Willian Gilbert demonstrando princípios do magnetismo à rainha Elisabeth I, no início do século XVII, bem como as *lectures demonstrations* apresentadas na *Royal Society*, na Grã-Bretanha, promovidas desde a sua fundação, em 1660, nas quais, entre os palestrantes, encontramos físicos renomados, tais como Thomas Young, Michael Faraday, John Tyndall, Hermann von Helmholtz, Jules Antoine Lissajous, Sir Lawrence Bragg e Julius Sumner Miller.

O uso de atividades de demonstração foi mais difundido nas escolas entre a metade do século XIX e a metade do século XX (Taylor, *opus cit.*; Bross, 1990; Gaspar, *opus cit.*). Nessa época os equipamentos experimentais tinham alto custo e costumavam ser apresentados pelo professor em laboratórios didáticos de Física, que pouco lembram os que conhecemos hoje.

Atualmente, há registros de experiências isoladas que mostram a validade da utilização de atividades de demonstração conforme os relatos dos trabalhos citados a seguir:

a) Figueroa *et al.* (1994) realizaram um trabalho enfocando o uso das atividades de demonstração na Universidade Simon Bolívar, em Caracas, Venezuela. Adotando uma concepção semelhante à das *'lectures demonstrations'*, as demonstrações foram apresentadas paralelamente às aulas regulares em um auditório com capacidade para duzentas pessoas, em sessões de duas horas, com a frequência média de uma apresentação a cada cinco semanas. Essas sessões foram assistidas voluntariamente pelos estudantes sem controle de presença nem avaliações individuais. Foram analisadas oito seções do programa de demonstrações, assistidas por um total de 640 estudantes da universidade, com frequência de cerca de 70%. Verificou-se que, dos alunos presentes, cerca de 80% permaneciam, no auditório, durante as duas horas de demonstrações. Este fator foi considerado pelos pesquisadores como um indicativo de interesse e da participação ativa dos estudantes na maioria das demonstrações.

b) Meseguer Dueñas *et al.* (1994) relatam atividades semelhantes realizadas na Universidade Politécnica de Valência, na Espanha. O trabalho, desenvolvido com a disciplina de Física, incluía o uso de equipamentos, vídeos e softwares. Entrevistas realizadas com cerca de 60 alunos mostraram que, para a grande maioria, essas atividades facilitaram a compreensão da teoria. Os autores concluíram que as experiências motivaram os alunos, despertaram neles o interesse pelos temas abordados e tornaram as aulas mais atrativas.

c) *Barreiro & Bagnato (1992) desenvolveram um trabalho com aulas demonstrativas com a disciplina Mecânica Geral I, destinada aos alunos dos cursos de Engenharia do Instituto de Física da Universidade Federal de São Carlos, Brasil, durante o primeiro semestre letivo de 1992. As aulas teóricas e de exercícios foram intercaladas e ilustradas com demonstrações experimentais avaliadas, ao final, por meio um questionário respondido pelos alunos. Em linhas gerais, das respostas dos alunos, os autores destacam a importância atribuída a esse tipo de aula como instrumento capaz de concretizar a teoria por meio da prática. Em suas conclusões afirmam que, para os alunos, as demonstrações experimentais tornaram as aulas mais interessantes, os conceitos ficaram mais bem esclarecidos e a fixação da matéria melhorou, fatores esses que ajudaram na compreensão da teoria, nas aplicações e resoluções de exercícios.*

Esses trabalhos valorizam o uso das atividades de demonstração no processo de ensino e aprendizagem, enfatizando sobremaneira seu caráter motivacional. Embora a motivação seja um aspecto importante pelo interesse que a demonstração experimental desperta nos alunos, esses trabalhos não buscam descrever os processos pelos quais podemos afirmar que essa utilização proporciona uma melhoria no ensino e aprendizagem em sala de aula. Neste trabalho, nosso objetivo não é avaliar o uso motivacional da atividade experimental, ou o seu emprego quase consensual destinado a chamar a atenção e a tornar a aula mais agradável e a predispor os alunos à aprendizagem. Nossa hipótese é a de que as demonstrações experimentais em sala de aula, desde que adequadamente apresentadas, proporcionam situações específicas e momentos de aprendizagem que dificilmente aparecem em aulas tradicionais, de lousa e giz, ou em atividades experimentais realizadas apenas pelos alunos, com ou sem a orientação do professor. Entendemos que esse estudo está vinculado à proposta de um referencial teórico que contemple características específicas desse procedimento, como o papel da interação social, desencadeadas pela demonstração experimental e a importância da mediação simbólica cujo uso ela possibilita. Nesse sentido apresentamos algumas idéias da teoria sócio-cultural de Vygotsky, que acreditamos oferecer

indicações válidas para a melhoria do processo de ensino e aprendizagem com o uso das atividades experimentais de demonstração em sala de aula.

## **A teoria de Vygotsky como fundamentação para as atividades de demonstração**

### *Conceitos científicos e espontâneos*

Howe (1996) destaca o fato de que, na teoria formulada por Vygotsky, é considerado científico todo conhecimento de origem formal, relacionado às ciências sociais, línguas, matemática, ciências físicas e naturais. São conhecimentos sistemáticos e hierárquicos apresentados e apreendidos como parte de um sistema de relações, ao contrário do conhecimento espontâneo, composto de conceitos não-sistemáticos, não-organizados, baseados em situações particulares e adquiridos em contextos da experiência cotidiana.

A diferença crucial entre essas duas categorias de conhecimentos é a presença ou a ausência de um sistema. Vygotsky (2001) classifica como científicos todos os conceitos aprendidos na educação formal e como espontâneos todos os conceitos originários de uma aprendizagem informal, mas faz questão de destacar a unicidade cognitiva do processo de aquisição desses conceitos.

*“O desenvolvimento dos conceitos espontâneos e científicos - cabe pressupor - são processos intimamente interligados, que exercem influências um sobre o outro. [...] independentemente de falarmos do desenvolvimento dos conceitos espontâneos ou científicos, trata-se do desenvolvimento de um processo único de formação de conceitos, que se realiza sob diferentes condições internas e externas mas continua indiviso por sua natureza e não se constitui da luta, do conflito e do antagonismo de duas formas de pensamento que desde o início se excluem”*  
(VYGOTSKY, 2001, p. 261).

Estudos empíricos levaram Vygotsky a confirmar sua hipótese de que a criança utiliza conceitos espontâneos antes de compreendê-los conscientemente, ou seja, antes de ser capaz de defini-los e de operar com eles à vontade. Ela possui o conceito, conhece o objeto ao qual o conceito se refere, mas não está consciente do seu próprio ato de pensamento. Já o desenvolvimento de conceitos científicos, por outro lado, tem uma trajetória oposta. Ele começa com sua definição verbal, formal, com sua aplicação em operações não-espontâneas. A criança opera de início com esses conceitos a um nível de complexidade lógica que só será atingido pelos conceitos espontâneos no final de sua história de desenvolvimento. Em compensação, só muito tardiamente a criança pode ter do conceito científico o mesmo domínio e familiaridade que tem dos conceitos espontâneos. Pode-se dizer que, do ponto de vista do nível de complexidade lógica, o desenvolvimento dos conceitos espontâneos na criança é ascendente, enquanto o de conceitos científicos é descendente.

Para Vygotsky, a mente da criança se relaciona de forma diferente quando se defronta com conceitos científicos ou espontâneos.

*“A relação dos conceitos científicos com a experiência pessoal da criança é diferente da relação dos conceitos espontâneos. Eles surgem e se constituem no processo de aprendizagem escolar por via inteiramente diferente que no processo de experiência pessoal da criança. As motivações internas, que levam a criança a formar conceitos científicos, também são inteiramente distintas daquelas que levam o pensamento infantil à formação dos conceitos espontâneos. Outras tarefas surgem diante do pensamento da criança no processo de assimilação dos conceitos na escola, mesmo quando o pensamento está entregue a si mesmo. [...] considerações igualmente empíricas nos levam a reconhecer que a força e a fraqueza dos conceitos espontâneos e científicos no aluno escolar são inteiramente diversas: naquilo em que os conceitos científicos são fortes os espontâneos são fracos e vice-versa, a força dos conceitos espontâneos acaba sendo a fraqueza dos conceitos científicos.”*  
(VYGOTSKY, 2001, p. 263).

Vygotsky exemplifica suas afirmações comparando a lei de Arquimedes com o conceito de irmão. Segundo suas pesquisas apontaram, a criança tem mais facilidade em formular a primeira do que o segundo, pois o enunciado da lei de Arquimedes foi apresentado formalmente pelo professor enquanto que, do segundo, a criança provavelmente jamais tenha ouvido uma definição formal.

*“O desenvolvimento do conceito de irmão não começou pela explicação do professor nem pela formulação científica do conceito. Em compensação, esse conceito é saturado de uma rica experiência pessoal da criança. Ele já transcorreu uma parcela considerável do seu caminho de desenvolvimento e, em certo sentido, já esgotou o conteúdo fatural e empírico nele contido. Mas é precisamente estas últimas palavras que não podem ser ditas sobre o conceito lei de Arquimedes.”*  
(VYGOTSKY, 2001, p. 264).

A atividade de demonstração experimental em sala de aula, particularmente quando relacionada a conteúdos de Física, apesar de fundamentar-se em conceitos científicos, formais e abstratos, tem por singularidade própria a ênfase no elemento real, no que é diretamente observável e, sobretudo, na possibilidade simular no micro-cosmo formal da sala de aula a realidade informal vivida pela criança no seu mundo exterior. Grande parte das concepções espontâneas, senão todas, que a criança adquire resultam das experiências por ela vividas no dia-a-dia, mas essas experiências só adquirem sentido quando ela as compartilha com adultos ou parceiros mais capazes, pois são eles que transmitem a essa criança os significados e explicações atribuídos a essas experiências no universo sócio-cultural em que vivem.

Pode-se inferir, portanto, que a utilização da demonstração experimental de um conceito em sala de aula acrescenta ao pensamento do aluno elementos de realidade e de

experiência pessoal que podem preencher uma lacuna cognitiva característica dos conceitos científicos e dar a esses conceitos a força que essa vivência dá aos conceitos espontâneos. Em outras palavras, a atividade experimental de demonstração compartilhada por toda classe sob a orientação do professor, em um processo interativo que de certa forma simula a experiência vivencial do aluno fora da sala de aula, enriquece e fortalece conceitos espontâneos associados a essa atividade ? talvez até os faça surgir ? e pode oferecer os mesmos elementos de força e riqueza característicos desses conceitos para a aquisição dos conceitos científicos que motivaram a apresentação da atividade.

### **Colaboração e interação social**

*“Afirmamos que em colaboração a criança sempre pode fazer mais do que sozinha. No entanto, cabe acrescentar: não infinitamente mais, porém só em determinados limites, rigorosamente determinados pelo estado do seu desenvolvimento e pelas suas potencialidades intelectuais. Em colaboração, a criança se revela mais forte e mais inteligente que trabalhando sozinha, projeta-se ao nível das dificuldades intelectuais que ela resolve, mas sempre existe uma distância rigorosamente determinada por lei, que condiciona a divergência entre a sua inteligência ocupada no trabalho que ela realiza sozinha e a sua inteligência no trabalho em colaboração. [...] A possibilidade maior ou menor de que a criança passe do que sabe para o que sabe fazer em colaboração é o sintoma mais sensível que caracteriza a dinâmica do desenvolvimento e o êxito da criança. Tal possibilidade coincide perfeitamente com sua zona de desenvolvimento imediato”*  
(VYGOTSKY, 2001, p. 329).

A colaboração, como aqui está colocada, poderia ser entendida como interação a dois, aluno-professor. No entanto, parece claro que ao referir-se à ‘aprendizagem na escola’, Vygotsky não se restringe a essa díade, mas entende e estende essa colaboração a toda sala de aula, e, nesse sentido, parece-nos mais adequado falar em interação social.

O conceito de interação social tem sido exaustivamente trabalhado por pesquisadores Vygotskyanos buscando não só a sua melhor compreensão, mas também entender o seu papel no processo de ensino e aprendizagem. Embora haja divergências em relação à sua conceituação, parece indiscutível o seu caráter assimétrico, condição essencial, segundo alguns pesquisadores, para que ela seja reconhecida como tal (Ivic, 1989). Em outras palavras, a interação social só pode existir efetivamente em relação ao desenvolvimento de uma tarefa, se houver, entre os parceiros que a realizam, alguém que saiba fazê-la. Vygotsky deixa essa idéia muito clara quando vincula a colaboração à imitação, ao afirmar que:

*“[na criança] o desenvolvimento decorrente da colaboração via imitação, o desenvolvimento decorrente da aprendizagem é o fato fundamental. [...] Porque na escola a criança não aprende o que sabe fazer sozinha*

*mas o que ainda não sabe fazer e lhe vem a ser acessível em colaboração com o professor e sob sua orientação” (VYGOTSKY, 2001, p. 331).*

Se, na interação social que implique colaboração o desenvolvimento decorre da imitação, é indispensável a presença do parceiro mais capaz, aquele que detém o conhecimento e possa ser ou fazer-se imitado. E é nesse sentido que o conceito de interação social é entendido neste trabalho.

O destaque dado por Vygotsky ao professor, a nosso ver, valoriza também a atividade de demonstração em sala de aula na medida em que ela é um instrumento que serve prioritariamente ao professor, agente do processo e parceiro mais capaz a ser imitado. Cabe a ele fazer, demonstrar, destacar o que deve ser observado e, sobretudo, explicar, ou seja, apresentar aos alunos o modelo teórico que possibilita a compreensão do que é observado, estabelecido cultural e cientificamente.

Uma forma de viabilizar essa interação entre parceiros de diferentes níveis cognitivos em relação ao processo de ensino e aprendizagem foi descrita em um trabalho de Wertsch (1984). Para orientar o professor ou parceiro mais capaz, Wertsch sugere a adoção de três construtos teóricos que podem ser entendidos como condições pedagógicas a serem satisfeitas para que se estabeleça uma interação social mais profícua. São eles:

- a *definição de situação*, forma como cada um dos participantes entende a tarefa que, dentro do contexto da interação, deve ser a mesma;
- a *intersubjetividade*, ação entre os sujeitos participantes da interação com objetivo de estabelecer ou redefinir a situação ou a tarefa proposta;
- a *mediação semiótica*, formas adequadas de linguagem, no sentido amplo do termo, que tornam possíveis a intersubjetividade.

Esses construtos teóricos são úteis tanto do ponto de vista da orientação da atividade experimental de demonstração, entendidos como condições para que ela desencadeie interações sociais profícuas, mas também como critérios de avaliação da atividade. À medida que se possa observar ou não indícios efetivos de intersubjetividade que leve todos os participantes a partilhar da mesma definição de situação por meio de uma adequada mediação semiótica, pode-se inferir que essa interação social possibilita a colaboração que pode levar à aprendizagem.

É importante destacar nosso entendimento da interação social como condição necessária a aprendizagem, mas não suficiente. Segundo Vygotsky:

*“O que a criança é capaz de fazer hoje em colaboração conseguirá fazer amanhã sozinha.” (VYGOTSKY, 2001, p. 331)*

Mas como saber o que a criança sabe *fazer hoje em colaboração*? Como avaliar um conhecimento que se manifesta em colaboração? Essas respostas tornam-se ainda mais difíceis, senão impossíveis de serem dadas, quando a colaboração se faz em atividades que envolvem a maioria dos alunos. Por isso, limitamos nosso objetivo à condição necessária: a efetivação das interações sociais por meio das demonstrações experimentais. Se elas de fato ocorrem e têm as características preconizadas pela teoria Vygotskyana, a aprendizagem

também pode ocorrer, e o objetivo da apresentação das demonstrações experimentais foi alcançado.

Essas são, em síntese, as indicações teórico-pedagógicas que devem, por hipótese, orientar a utilização de demonstrações experimentais em sala de aula. Para avaliar a validade dessas indicações, elas foram aplicadas em duas aulas de Física, para duas turmas do Ensino Médio, lecionadas por um dos autores, no ano de 2001, em um estudo de caso, apresentado a seguir.

### **Duas aulas com atividades de demonstração: um estudo de caso**

Optamos por apresentar demonstrações abordando conteúdos de Física em duas turmas diferentes. Aos alunos do primeiro ano do Ensino Médio apresentamos um conjunto de três etapas – descritas mais adiante, na experiência I explorando o conceito de pressão atmosférica, embora não tivessem estudado o assunto naquele ano letivo. Para os alunos do terceiro ano do Ensino Médio, que estavam iniciando o estudo da óptica geométrica, apresentamos também três etapas de demonstrações experimentais sobre espelhos planos e curvos, descritas na experiência II. Para análise e avaliação das interações sociais desencadeadas, as aulas foram gravadas em vídeo por um professor-colaborador e apresentadas em uma sala convencional, com as carteiras distribuídas em um grande círculo.

As demonstrações foram divididas em etapas relacionadas com os fenômenos a serem demonstrados, seguindo a seqüência didática que nos pareceu mais coerente. A apresentação de cada uma dessas etapas foi organizada, em linhas gerais, com a seguinte estrutura:

a) **Introdução da atividade:** Na experiência I, ao iniciar a atividade, procuramos saber dos alunos o que eles esperavam com a demonstração, haja vista que, apesar de não terem estudado nada sobre pressão atmosférica naquele ano letivo, já haviam discutido sobre este conteúdo em outras séries do Ensino Fundamental. Para facilitar a observação dos alunos, apresentamos uma pergunta diretamente relacionada com a demonstração.

A experiência II, sobre óptica, quando apresentamos os espelhos curvos (2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> etapas), não nos permitiu a mesma trajetória, pois, apesar de já terem iniciado o estudo sobre óptica, nunca haviam recebido qualquer tipo de sistematização sobre este conteúdo específico. Assim, nessas etapas, apresentamos primeiramente a demonstração e questionamos apenas o que estavam observando de interessante.

Tendo em vista a fundamentação Vygotskyana deste trabalho, só nos preocupamos, de início, em identificar possíveis concepções espontâneas ou explicações prévias dos alunos, apenas com o objetivo de estabelecer uma definição de situação do aluno mais precisa e orientar a sua observação com maior eficiência. Buscamos assim a intersubjetividade que garantisse a todos os alunos a mesma definição de situação em relação aos objetivos da demonstração experimental apresentada.

b) **Desenvolvimento da demonstração:** Procuramos reunir as respostas e idéias apresentadas pelos alunos no quadro-negro. Nossa intenção foi tornar claras para os estudantes suas próprias concepções acerca do fenômeno a ser estudado. Observamos que os alunos tiveram muita dificuldade para apresentar suas idéias de uma maneira organizada, sistematizada dentro de qualquer contexto explicativo. Mesmo inseguros sobre a explicação que poderiam

dar, muitos se animaram a expor suas idéias, provavelmente motivados pelo que veriam em seguida (experiência I e 1ª etapa da experiência II) ou pelo que já estavam observando (2ª e 3ª etapas da experiência II). Os alunos apresentaram explicações espontâneas, desvinculadas de qualquer modelo teórico, apresentadas pelo interesse de acertar a explicação do que viam, ou de adivinhar o que iriam ver.

Garantida a mesma definição de situação, depois das discussões e explicações prévias dos alunos em relação ao que seria ou já tinha sido visto, procedemos à discussão da demonstração. Na experiência I e na primeira etapa da experiência II, a demonstração só foi apresentada neste momento, o que reforçou a expectativa dos alunos em relação às previsões que haviam feito e ao que poderia ocorrer.

Na experiência I e na primeira etapa da experiência II, tendo em vista as dimensões, a visibilidade e a dificuldade de manuseio, fizemos apenas uma demonstração geral, para todos os alunos. Na segunda e terceira etapas da experiência II, optamos por levar o equipamento aos alunos, de carteira em carteira, já na introdução, para suas observações diretas e individuais, a fim de estimular a formulação de explicações ou apresentar suas idéias prévias em relação ao que viram. Finalizada a apresentação feita pelo professor, na experiência I ou na experiência II, aqueles alunos que quiseram, puderam refazer o experimento e refletir um pouco mais sobre o que lhes foi proposto como explicação por seus colegas.

**c) Explicação da demonstração** - No final das atividades, apresentamos aos alunos o modelo científico capaz de explicar a demonstração e, sempre que possível, retomamos as idéias propostas previamente pelos alunos comparando-as com o modelo científico.

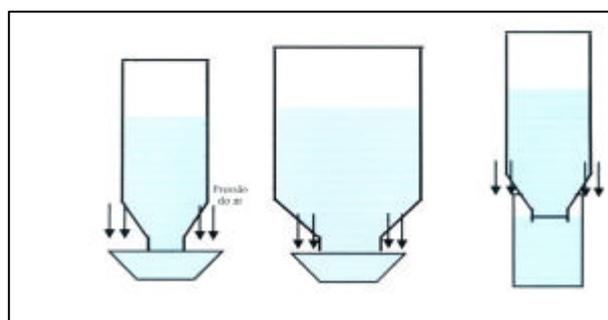
#### *As experiências de demonstração apresentadas*

A seguir, descrevemos sucintamente as demonstrações experimentais<sup>1</sup> nas etapas em que foram apresentadas, os equipamentos e os conceitos físicos envolvidos.

### **Experiência I- Pressão atmosférica**

#### 1ª Etapa: O BEBEDOURO

Esta demonstração experimental foi realizada com duas garrafas com água (de 1 litro e de 2 litros), pires e copo de vidro, utilizados nas três situações representadas na figura 1:



**Figura 1 - Esquema de atuação da pressão do ar sobre a água nos bebedouros**

<sup>1</sup> As atividades de demonstração apresentadas foram embasadas no livro “Experiências de Ciências para o 1º Grau” (Gaspar, 1990)

O objetivo da demonstração é mostrar que, em nenhuma das três situações, a água contida nas garrafas cai, como também, por meio dessa observação, discutir a ação da pressão atmosférica sobre a superfície livre da água do pires. Em todas essas situações esquematizadas, a explicação é a mesma: a água que está dentro da garrafa não cai por causa da ação da pressão atmosférica sobre a superfície livre da água contida no pires. Em outras palavras, a pressão atmosférica externa é equilibrada pela pressão do ar aprisionado no interior da garrafa somada à pressão da coluna de água acima do nível da água no pires.

Muitos alunos relacionam a queda ou não da água com a quantidade de água contida na garrafa e aquela contida no pires, sob a boca da garrafa. Para colocar em cheque essas idéias prévias, fizemos a demonstração com duas garrafas de volumes diferentes e substituímos o pires por um copo.

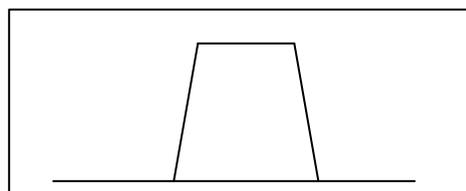
### 2ª Etapa: A PIPETA

Esta demonstração experimental pode ser realizada com uma pipeta, dispositivo comum em laboratórios de química ou, como fizemos, com um tubinho de PVC flexível, transparente, de diâmetro menor que 5 mm, aproximadamente, para evitar a formação de bolhas de ar e a conseqüente queda da água.

A experiência consiste em encher o tubo com água, tampar a sua abertura superior com o polegar e mostrar que a água contida no tubo não cai. Mostra-se em seguida que, ao destampar e tampar tubo, a água cai e deixa de cair, o que permite controlar a quantidade de água que se deseja deixar vazar da pipeta - esse é o princípio do seu funcionamento. Evidencia-se aqui, de novo, a ação da pressão atmosférica. Com a abertura superior tampada, a pressão atmosférica atua somente de baixo para cima e impede a queda da água contida no tubo. Destampada a abertura superior, a pressão do ar passa a atuar igualmente nas duas extremidades; seu efeito é equilibrado, e a água cai devido ao seu peso.

### 3ª Etapa: TAMPANDO A ÁGUA COM PAPEL

Nesta experiência utilizamos um copo com água e uma folha de papel. A experiência consiste em encher o copo com água e tampá-lo com a folha de papel, vedando a boca do copo. Com o apoio de uma das mãos, giramos o copo de cabeça para baixo e soltamos a mão. Observa-se que a água não cai, sustentada pela folha de papel (figura 2).



**Figura 2- A água do copo tapado pelo papel não cai.**

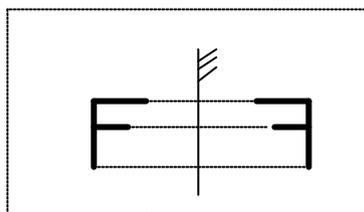
A explicação é a mesma da pipeta: a água não cai por causa da ação da pressão atmosférica atuando sobre o papel, de baixo para cima. Mostra-se aqui que a função do papel é servir como película de apoio para a ação da pressão atmosférica, evitando a penetração do

ar por meio de bolhas, o que se consegue na pipeta pela limitação da sua abertura inferior. É importante mostrar aos alunos a forma côncava que o papel assume, o que evidencia a ação da pressão atmosférica empurrando a água para dentro do copo. Mostra-se ainda que não é preciso encher completamente o copo, a pressão atmosférica sustenta o papel mesmo nessa situação. Pode-se assim comparar, neste caso, o equilíbrio de pressões com o equilíbrio observado na demonstração do bebedouro.

## Experiência II- Óptica

### 1ª Etapa: FORMAÇÃO DE IMAGENS EM ESPELHOS PLANOS

Esta demonstração experimental foi realizada com um espelho plano grande. Primeiramente, escrevemos uma letra na lousa e discutimos com os alunos as regras de formação de imagens em espelhos planos.



**Figura 3 - Imagem da letra F refletida num espelho**

Discutimos primeiramente as características da imagem conjugada com o objeto por um espelho plano: distância ao espelho, dimensões e simetria. Depois mostramos a imagem de outras letras e colocamos o espelho em outras posições.

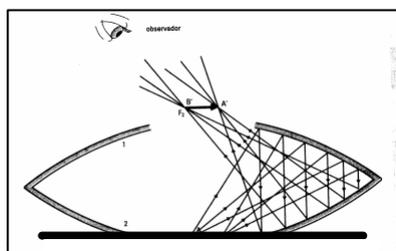
### 2ª Etapa: FORMAÇÃO DE IMAGENS EM ESPELHOS CURVOS

Nesta demonstração, nosso objetivo foi mostrar aos alunos que a formação de imagens em espelhos pode seguir regras diferentes, dependendo da forma geométrica da superfície refletora do espelho. Com esse intuito, utilizamos um espelho parabólico, parte do equipamento que seria utilizado posteriormente na 3ª etapa desta demonstração. Pedimos aos alunos que observassem a sua própria imagem na superfície refletora interna deste espelho (que foi passado a todos os alunos da sala). A imagem formada com este espelho não é igual à imagem formada com o espelho plano - a superfície parabólica do espelho faz com que a forma da imagem conjugada com o objeto dependa da posição do observador e do objeto ao espelho. A simetria entre objeto e imagem, como aparece com o uso do espelho plano, deixa de existir.

Não houve a possibilidade de construir graficamente a imagem, pois eles ainda não tinham estudado o conteúdo necessário, por isso procuramos apenas fazer com que os alunos percebessem a diferença geométrica entre imagem e objeto.

### 3ª Etapa: "MIRAGEM"

Nesta demonstração experimental, utilizamos um equipamento pronto. Trata-se de um dispositivo denominado *Mirage*, constituído de dois espelhos parabólicos com eixos principais coincidentes e faces refletoras internas uma de frente para outra. O espelho superior tem uma abertura circular, acima da qual se pode ver a imagem real do objeto colocado no vértice do espelho inferior, como está esquematizado na figura 4.



**Figura 4- Esquema que indica a trajetória dos raios de luz no equipamento experimental sobre miragem (Fonte: GASPARG, 2001, v.2, p.144)**

A grande qualidade desse dispositivo é mostrar que, além de visível sem anteparo, a imagem real pode ser vista tão bem quanto a virtual. Nessa demonstração, utilizamos como objeto um porquinho de plástico. Os alunos viam primeiro a imagem real do porquinho e só depois, o objeto.

O objetivo dessa experiência foi discutir como se vê uma imagem. A inexistência do objeto visto no local onde ele parece estar, mostra que 'ver alguma coisa' não é apenas uma experiência física, mas um fenômeno de percepção. O que 'vemos' não é o objeto em si, mas o resultado das impressões que a luz proveniente desse objeto causam na retina que, por sua vez, são interpretadas e decodificadas pelo nosso cérebro.

#### *Instrumentos de análise*

Como instrumentos de análise dos resultados obtidos em sala de aula, utilizamos:

- (1) idéias expressas pelos alunos antes e durante a apresentação da demonstração. Essas idéias foram transcritas da lousa para o papel, por alguns alunos, antes da realização das demonstrações.
- (2) gravações em vídeo feitas durante as aulas de demonstração.
- (3) questionário respondido pelos alunos logo após a aula demonstrativa. Esse questionário tratava de questões referentes à opinião pessoal do aluno sobre as aulas com uma atividade de demonstração, além de questões referentes aos conceitos físicos apresentados durante as aulas de demonstração. Seu modelo encontra-se no final deste artigo, nos anexos.

### **Resultados**

Apresentamos a seguir uma síntese dos resultados obtidos nas duas aulas realizadas com os equipamentos de demonstração. Não optamos por realizar uma transcrição das falas, por entendermos que isso tornaria a apresentação dos resultados muito ampla e desnecessária.

São apresentados a seguir, alguns pontos que julgamos caracterizadores do processo desencadeado durante a atividade. Nos resultados apresentados a seguir os trechos em itálico destacam apenas a ação geral desencadeada, não se referem à nenhuma transcrição.

## Experiência I: Pressão atmosférica

### 1.1- Introdução da 1ª etapa da experiência de demonstração I:

#### O BEBEDOURO

**Prof.:** Quando eu virar a garrafa cheia de água sobre o pires, vocês acham que ela irá vazar pela boquinha da garrafa?

*Os alunos apresentam diferentes respostas espontâneas, que podem ser assim organizadas:*

<b>Vai vazar</b>	<i>Toda água vaza por causa da gravidade</i>
	Parte da água vaza, enquanto a pressão da pequena quantidade de ar que existe no fundo da garrafa estiver empurrando a água para fora. Quando essa pressão deixar de existir, a água vai parar de vazar.
<b>Não vai vazar</b>	<i>Não vai vazar porque o pratinho vai segurar a água</i>
	Não vai vazar porque a pressão atmosférica não vai deixar.

### 1.2- Desenvolvimento da 1ª etapa da experiência de demonstração I:

? **Apresentação da primeira demonstração:** O professor vira a garrafa sobre o pires, e a água não vaza.

*Os alunos que acreditavam que a água vazaria, depois da experiência, mudam de opinião. No entanto, acham que ela vazou porque havia pouca água no recipiente.*

**Prof.:** Se eu utilizar uma garrafa maior, como esta de dois litros, vai vazar?

**Alunos:** Se a garrafa for maior, toda a água vazará.

? **Apresentação da segunda demonstração:** O professor vira uma garrafa de dois litros sobre o pires, e a água não vaza.

*As opiniões dos alunos se dividem. Uns afirmam que a água não vaza porque o pratinho a segura, outros acham que ela não vaza por causa da pressão atmosférica.*

**Prof.:** Se eu virar a garrafa sobre um copo, de forma que a boca da garrafa não encoste no fundo do copo, a água irá vazar?

*Os alunos emitem diferentes respostas espontâneas.*

<b>Vai vazar</b>	<i>Toda água vai vazar por causa da gravidade, e não há nada que a segure.</i>
<b>Não vai vazar</b>	<i>Porque a pressão atmosférica vai segurar.</i>
	<i>Não irá vazar completamente porque, quando parte da água descer para o copo, vai receber das paredes desse copo uma pressão capaz de sustentar a água que ainda ficar na garrafa.</i>

- ? **Apresentação da terceira demonstração:** O professor vira uma garrafa sobre um copo parcialmente cheio de água. Como a boca da garrafa não consegue atingir o nível da água do copo, vaza um pouco de água, até o nível da água do copo alcançar a boca da garrafa. Depois, a água da garrafa virada não cai mais.

*Os alunos afirmam que a água não vazou, ou por causa da pressão atmosférica, ou por causa da água do copo.*

**Prof.:** Porque a pouca água do copo consegue sustentar toda a água de dentro da garrafa? Se o copo exerce força sobre a água, a garrafa também não exerce?

*Os alunos não conseguem justificar o fato.*

**Prof.:** Essa experiência é similar ao que ocorre nos garrafões de água potável que utilizamos em nossa casa?

*Os alunos concordam.*

## 2.1- Introdução da 2ª etapa da experiência de demonstração I:

### A PIPETA

**Prof.:** Agora vou encher esse tubinho com água e tampar a parte de cima. A água vazará? Porquê?

*Os alunos afirmam que não vai vazar porque, com o dedo tampando a parte de cima do tubinho, a pressão atmosférica não poderá empurrar a água.*

**2.2- Desenvolvimento da 2ª etapa da experiência de demonstração:** O professor realiza a experiência e ocorre o que os alunos previram.

**Prof.:** Vocês disseram que a água não vaza porque meu dedo impede que a pressão atmosférica empurre a água para baixo, mas será que não haverá alguma coisa também impedindo que a água desça?

**Alunos (alguns):** A pressão atmosférica atua de baixo para cima impedindo que a água caia.

### 3.1- Introdução da 3ª etapa da experiência de demonstração I:

#### TAMPANDO A ÁGUA COM O PAPEL

**Prof.:** Agora vou tampar o copo cheio de água com um pedaço de papel e então irei virar o copo. A água irá vazar?

Os alunos afirmam que não vai vazar porque não vazou na experiência anterior.

**3.2- Desenvolvimento da 3ª etapa da experiência de demonstração I:** O professor realiza a experiência e, como previsto pelos alunos, a água não vaza.

**Prof.:** A água não vazou. Gostaria que vocês observassem a parte inferior do copo, o papel. Ele tem uma forma interessante: enquanto toda a água está virada por cima dele, ele mantém uma forma côncava para dentro da água. O que está empurrando o papel para dentro?

**Alunos:** A pressão atmosférica.

#### 4- Explicação da demonstração:

Nessa experiência não houve sínteses parciais, pois as experiências referiam-se ao mesmo assunto e, portanto, teriam a mesma explicação. Optamos por uma síntese final apenas, na qual foi explicado a ação da pressão atmosférica, atuando em todas as direções, em cada uma das experiências demonstradas. Fez-se uma breve explicação sobre a experiência de Torricelli e calculou-se, junto com os alunos, a altura da coluna de água que a pressão atmosférica é capaz de sustentar ao nível do mar.

#### 5- As respostas do questionário

Tivemos 44 questionários respondidos. As respostas foram categorizadas na tabela a seguir:

<i>Sobre as aulas com demonstração</i>	1) 93% dos alunos acharam que a aula com demonstração foi diferente da habitual, pois puderam participar mais da aula por meio de perguntas ou questionários. 2) 98% dos alunos afirmaram que a aula de demonstração despertou grande interesse neles.
<i>Sobre os conceitos físicos envolvidos</i>	1) 2% explicaram corretamente as três atividades de demonstração apresentadas; 21% explicaram corretamente duas das atividades e 61% explicaram corretamente apenas uma das atividades (em geral, a que teve mais acertos foi a primeira atividade, a do bebedouro). 16% não responderam a essa questão. 2) 38% conseguiram identificar corretamente a origem da pressão em pontos indicados num esquema teórico similar ao discutido nas experiências; 7% acertaram parcialmente; 11% erraram e 44% não responderam à questão.

Tabela 1 – Respostas dos alunos sobre a atividade de demonstração – “Pressão Atmosférica”

## Experiência II: Óptica

### 1.1- Introdução da 1ª etapa da experiência de demonstração II:

#### FORMAÇÃO DE IMAGENS EM ESPELHOS PLANOS

**Prof.:** Qual é a regra para descobrirmos como a imagem de um objeto será formada com um espelho plano?

**Alunos:** O que significa regra para formação de imagem?

**Prof.:** Regra de formação de imagem são dicas sobre qual a trajetória de determinados raios de luz que são refletidos pelo espelho, vindos do objeto. Assim eu posso prever como e onde a imagem desse objeto vai se formar. Para o espelho plano uma regra só é suficiente. Vocês sabem como medir a distância de uma imagem até o espelho?

Os alunos emitiram diferentes respostas espontâneas:

<b>É igual à distância do objeto ao espelho</b>	<i>Alguns poucos alunos afirmaram que a distância da imagem ao espelho é igual à distância entre o objeto e o espelho.</i>
<b>Outras idéias</b>	<i>A maioria dos alunos apresentou idéias erradas como: a distância da imagem ao espelho é igual ao tamanho do objeto ou do espelho. Alguns até acharam que era impossível fazer essa medida, pois teriam que entrar dentro do espelho para realizá-la.</i>

**1.2- Desenvolvimento da 1ª etapa da experiência de demonstração II:** O professor realiza a experiência mostrando a imagem de uma letra F desenhada na lousa. Ele muda o tamanho da letra (objeto) e do espelho.

**Prof.:** A imagem se forma atrás do espelho. É claro que não podemos entrar dentro do espelho para medir a distância, mas é possível determinar essa distância observando que essa distância até o espelho é igual à distância do objeto até o espelho. Essa imagem é denominada virtual. Se eu desenhar outra letra como será a imagem?

*Os alunos sugerem que se desenhem as letras A e O, ao que o professor acrescenta a letra G. Três alunos as desenham na lousa, e o professor realiza a experiência mostrando a imagem dessas letras.*

**Prof.:** Todos acertaram o desenho, antes mesmo de ver a imagem! Que regra vocês usaram para desenhar essa imagem?

**Alunos:** A imagem é sempre invertida em relação ao objeto.

**1.3- Explicação da 1ª etapa da experiência de demonstração II:** O professor explica somente a regra para formação de imagens em espelhos planos: a distância de cada ponto do objeto até o espelho é igual à distância da imagem desse ponto ao espelho.

## **2.1- Introdução da 2ª etapa da experiência de demonstração II:**

### **FORMAÇÃO DE IMAGENS EM ESPELHOS DE SUPERFÍCIE NÃO PLANA**

O professor mostra um espelho parabólico e pergunta se a regra de formação de imagens em espelhos de superfície diferente da plana é a mesma para formação de imagens em espelhos de superfície plana.

Os alunos, na sua maioria, concordam que a regra de formação de imagem em um espelho parabólico é a mesma regra de formação de imagem em um espelho plano.

**2.2- Desenvolvimento da 2ª etapa da experiência de demonstração II:** O professor mostra o espelho parabólico individualmente para os alunos, isto é, de carteira em carteira, pedindo que eles se observem nesse espelho.

**Prof.:** A imagem formada com o espelho parabólico tem as mesmas características da imagem que surge com o espelho plano?

**Alunos:** Não

**Prof.:** Isso significa que a formação de imagens em espelhos depende da sua superfície refletora e está sujeita a regras diferentes daquelas de formação de imagens em espelhos planos.

**2.3- Explicação da 2ª etapa da experiência de demonstração II:** O professor explica que a determinação da imagem em espelhos parabólicos segue regras semelhantes às regras de formação de imagens em espelhos esféricos, nos quais os pontos fundamentais (vértice, foco, centro de curvatura) precisam ser avaliados para, a partir deles, traçar-se a trajetória dos raios de luz que determina a imagem formada.

## **3.1- Introdução da 3ª etapa da experiência de demonstração II:**

### **MIRAGEM**

O professor mostra aos alunos o equipamento formado por dois espelhos parabólicos. Explica que esses espelhos têm um comportamento óptico semelhante ao de um espelho esférico, embora a sua superfície não seja esférica, mas de uma parabólica. Diz a eles que vai mostrar o equipamento individualmente, para cada um dos alunos, e que eles devem observar um porquinho que está na superfície superior do equipamento. Pergunta se eles acham que possa existir uma imagem tão real que possa ser confundida com o próprio objeto.

*Todos os alunos parecem concordar entre si que não é possível uma imagem ser tão real que possa ser confundida com o próprio objeto.*

**3.2- Desenvolvimento da 3ª etapa da experiência de demonstração II:** O professor apresenta o equipamento e diz aos alunos que eles podem tocar no porquinho se quiserem. Os alunos, visivelmente entusiasmados, tentam pegar o porquinho, mas não conseguem, pois, na verdade, o que vêem é a imagem real do porquinho que está dentro do equipamento.

O professor pergunta aos alunos se o porquinho que aparece na superfície superior do equipamento é real e por que ele é visto de maneira tão nítida, apesar de não poder ser tocado.

Todos os alunos concordam que aquele porquinho que aparece na superfície superior do espelho é uma imagem, mas nenhum aluno consegue explicar o motivo de uma imagem ser tão parecida com o objeto, a ponto de dificultar a diferenciação entre ambos.

**3.3- Explicação da 3ª etapa da experiência de demonstração II:** O professor diferencia o significado físico de uma imagem real e de uma imagem virtual e explica, sucintamente, porque a imagem real do porquinho é vista naquele ponto como se estivesse realmente ali. Esclarece aos alunos que ver alguma coisa não é apenas uma experiência física, mas um fenômeno psicológico de percepção. O que é visto não é o objeto em si, mas o resultado das impressões que a luz proveniente desse objeto causa na retina e que, por sua vez, são interpretadas pelo cérebro. Se o cérebro "acha" que o porquinho está ali, ele é visto ali.

Nesse momento, o professor faz também uma síntese final das três experiências, explicando, em linhas gerais, para os alunos a formação de imagens em espelhos planos e esféricos de acordo com regras originadas dos princípios da óptica geométrica, ressaltando que essas regras seriam novamente explicadas e trabalhadas durante as aulas de óptica.

#### 4- As respostas do questionário

Tivemos 36 questionários respondidos. As respostas estão na tabela abaixo:

<i>Sobre as aulas com demonstração</i>	1) 100% dos alunos acharam que a aula com demonstração foi diferente da habitual, pois puderam participar mais por meio de perguntas ou questionários. 2) 97% dos alunos afirmaram que a aula de demonstração despertou neles grande interesse.
<i>Sobre os conceitos físicos envolvidos</i>	1) 6% narraram corretamente as três atividades de demonstração; 16% narraram corretamente duas das atividades; 56% apresentaram corretamente apenas uma das atividades e 22% não responderam. 2) 46% construíram corretamente a imagem dos objetos esquematizados, refletidos num espelho plano. 72% afirmaram ser o porquinho a demonstração mais intrigante dessas aulas.

Tabela 2 – Respostas dos alunos sobre a atividade de demonstração – “óptica”

## DISCUSSÕES SOBRE AS AULAS EXPERIMENTAIS DE DEMONSTRAÇÃO

### *Colaboração e interação social: primeiro critério*

Adotamos como primeiro critério para a validação da demonstração experimental como prática pedagógica de inspiração Vygotskyana, a verificação do desenvolvimento de um processo de colaboração ou interação social eficiente durante as apresentações em sala de aula. E, como critério de eficiência desse processo, procuramos verificar, por meio da nossa observação direta ou do vídeo, se os construtos teóricos propostos por Wertsch (*opus cit.*) puderam ser observados. Em outras palavras, o primeiro critério de avaliação busca verificar

se a condição que estabelecemos como necessária à ocorrência da aprendizagem de fato se efetivou.

*Definição de situação* - Consideramos como condição, para que ela se configurasse, a verificação de que o professor desenvolveu ações nesse sentido e que, em consequência dessas ações, a maior parte dos alunos envolvidos na interação, observou e procurou explicar os mesmos fenômenos levando em conta os mesmos princípios e as mesmas grandezas físicas.

Quando o professor leva para a classe um determinado material ou equipamento de demonstração é pouco provável que seus alunos saibam o que ele vai fazer com aquele material ou como funciona aquele equipamento. Mas é bem provável que o aluno faça suposições ou previsões em relação ao que será apresentado. Em outras palavras, é bem provável que cada aluno crie a sua definição de situação, que dificilmente vai ser a mesma do professor (Gaspar, *opus cit.*). Se a demonstração se realizar nessas condições, ou seja, se o professor ingenuamente admitir que a demonstração possa ‘explicar-se por si própria’, sem descrever o equipamento, mostrar quais são seus aspectos relevantes e, principalmente, o que deve ser observado durante a demonstração, a interação social por ela desencadeada pode ser pouco profícua, porque os participantes podem não observar as mesmas coisas nem buscar as mesmas respostas e explicações. Daí a necessidade de unificar as diferentes definições de situação, o que só é possível com uma discussão prévia a respeito da própria demonstração. Para tanto, procuramos, no início de cada apresentação, tornar clara qual a proposta da demonstração e quais conteúdos nela estariam envolvidos. A prática mais eficiente para o envolvimento do aluno na apresentação foi desafiar-los a prever o resultado da demonstração.

Na experiência I, em todas as etapas que realizamos, observamos, por meio do vídeo, que a maioria dos alunos procurou ‘dar um palpite sobre o que iria acontecer’ quando solicitado pelo professor. Notamos ainda que, ao expor sua opinião, o aluno além de ‘comprometer-se’ afetivamente com a demonstração, permitiu que pudéssemos conhecer a definição de situação do aluno em relação à demonstração apresentada. Isso nos possibilitou reformular expectativas, corrigir deficiências de percepção e fazer com que a maioria dos participantes da interação observassem os mesmos fenômenos e procurassem dar respostas e explicações para as mesmas perguntas.

Exemplos dessas deficiências e respectivas correções ocorreram em todas as demonstrações. Várias vezes os alunos confundiram o peso da água com a ação da pressão atmosférica. Para evitar essa confusão, durante a primeira etapa dessa experiência, procuramos apresentar outras atividades em que a diferença desses conceitos ficasse mais clara. Isso acabou facilitando o estabelecimento de uma única definição de situação na segunda e terceira etapas, pois nelas os alunos somente se referiram à pressão atmosférica.

Quando apresentamos a experiência II, mais especificamente durante as 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> etapas, optamos por apresentar questões mais simples do que as das outras experiências, pois esse conteúdo ainda não havia sido apresentado aos alunos, o que levou ao aparecimento de poucas idéias alternativas. Em outras palavras, a falta do conhecimento prévio, formal, e provavelmente também do informal, parece ter dificultado o aparecimento de definições de situação prévias. Assim, nós definimos a situação procurando adequá-la à maneira como nos pareceu que os alunos poderiam ver a experiência com os conhecimentos de que dispunham. Mesmo assim, foi possível discutir concepções prévias incorretas expostas pelos alunos durante as demonstrações. Um exemplo foi a afirmação de alguns alunos de que seria

impossível medir a distância da imagem ao espelho porque isso nos obrigaria a entrar dentro do espelho.

*Intersubjetividade* - em relação às demonstrações apresentadas e às questões colocadas, entendemos a intersubjetividade como uma espécie de acordo implícito, realizado entre nós e os alunos, quanto à adoção de um modelo teórico explicativo acessível à maioria dos participantes da interação. Mesmo que por vezes houvesse a convicção de que a explicação final estava incompleta ou apenas parcialmente correta, nós a adotamos, pois, de acordo com os pressupostos teóricos Vygotskyanos, a complexidade da explicação dada deve obedecer os limites cognitivos dos participantes da interação - a zona de desenvolvimento imediato de cada aluno. Além disso, como já afirmamos, o papel da demonstração experimental é entendido aqui também como uma forma de preencher a lacuna de concepções espontâneas, advindas do ambiente cultural onde o aluno vive, que possam dar suporte às concepções científicas correlatas e contextualmente corretas. Assim, consideramos que essa situação se configurou quando nos pareceu que a demonstração foi satisfatoriamente apreciada e provisoriamente bem entendida.

Nem sempre é possível a quem planeja uma demonstração experimental saber quais os limites ou qual o alcance dessa intersubjetividade, ou seja, quais idéias serão bem entendidas e quais terão sua explicação adiada para uma atividade posterior ou para um futuro mais distante. Nas nossas demonstrações, a intersubjetividade esteve presente em todas as aulas demonstrativas. Em algumas atividades, ela nos levou à explicação de conceitos introdutórios da teoria ou a propor atividades demonstrativas complementares. Na experiência I, para vários alunos, a água era impedida de vazar, da garrafa cheia para o prato com água, por causa da ação que o fundo do prato exercia diretamente sobre a água da garrafa. Aceitamos provisoriamente essa primeira explicação e planejamos uma outra experiência substituindo o prato por um copo, o que tornou evidente a impossibilidade dessa ação direta. Os alunos, então, puderam entender melhor o papel da pressão atmosférica como responsável pelo não-vazamento da água contida na garrafa. Além disso, em todas essas atividades, várias vezes aceitamos o uso do conceito 'força' em situações em que o correto era 'pressão' porque, nesses momentos, ainda não nos pareceu conveniente insistir em diferenciar as duas grandezas.

Na turma em que os alunos ainda não haviam estudado óptica, optamos por níveis de intersubjetividade próximos do elementar: explicamos a formação de imagens em espelhos planos utilizando apenas a igualdade entre as distâncias do objeto e da imagem ao espelho; nos espelhos curvos destacamos apenas que a formação de imagens seguia outras regras e introduzimos os conceitos de imagem real e virtual associados à discussão da visão como um fenômeno de percepção, não exclusivamente óptico.

*Mediação semiótica* - entendida por nós como o meio que torna possível a interação social, incluímos nela a própria montagem da demonstração experimental como forma de linguagem - um ícone científico-tecnológico representado pela própria demonstração. Muitas vezes, a evidência experimental proporcionada pela demonstração é a linguagem mais eficiente para indicar a dúvida do aluno ou para auxiliar a explicação do professor, uma espécie de linguagem simbólica ou gestual complementar à linguagem oral. Equivale a uma figura, um gráfico ou tabela, que podem facilitar a compreensão de conceitos a eles associados.

Durante a experiência I, na demonstração em que tapamos o copo com água com o papel, a observação da concavidade do papel foi fundamental para compreensão da ação da pressão atmosférica, algo que só a demonstração possibilita. Na primeira etapa da experiência de óptica, algumas idéias apresentadas pelos alunos só foram entendidas com a mediação do próprio equipamento. Por exemplo, na primeira etapa da experiência de ótica, só foi possível entender a estranha afirmação de alguns alunos de que a distância da imagem ao espelho era igual à altura do objeto - nesse caso, da letra - ou igual à altura do espelho, utilizando-nos do espelho como meio de explicação.

#### *A inter-relação entre conceitos espontâneos e científicos: segundo critério*

A inter-relação entre conceitos espontâneos e científicos foi observada por nós tanto no sentido Vygotskyano, de que eles se reforçam mutuamente, como do ponto de vista do incremento das interações sociais.

Na demonstração do bebedouro, a comparação com os bebedouros das nossas casas teve um efeito importante nos alunos. Foi como se essa informação validasse a experiência realizada, já que eles tinham contato cotidiano com o fenômeno apresentado, o que se confirmou no destaque dado ao bebedouro nas respostas do questionário sobre as atividades apresentadas em aula.

Na primeira etapa da experiência sobre óptica, ficou evidente para os alunos a fragilidade explicativa dos seus conceitos espontâneos. Todos os alunos já haviam visto a própria imagem no espelho e sabiam perfeitamente que não havia nada dentro dele, mas, como esses conceitos ainda não tinham sido formalizados na escola, foram incapazes de dar respostas adequadas às questões por nós formuladas. Muitas idéias absurdas foram apresentadas, sobretudo tendo em vista a rica experiência cotidiana desses alunos nesse assunto. Entendemos que ao sistematizar essas experiências e apresentar um modelo físico para compreender e explicar a formação de imagens, além de facilitar a aprendizagem, mostramos a eles a necessidade e a validade da descrição científica dos fenômenos da natureza. E, certamente, esse foi também um momento em que conceitos espontâneos e científicos reforçaram-se mutuamente.

#### **Considerações finais**

Este trabalho, além de mostrar a validade de indicações da teoria sócio-cultural de Vygotsky para a compreensão do processo de ensino e de aprendizagem em sala de aula, permitiu-nos formular algumas orientações pedagógicas que essa teoria pode oferecer para a prática das atividades de demonstração em sala de aula - e todas elas têm o professor como agente primordial do processo.

É ele quem estabelece

- a definição de situação, viabilizando uma interação social produtiva, motivando e envolvendo o aluno por meio de previsões ou apostas, ou pelo impacto do efeito da própria demonstração.
- o nível de intersubjetividade da interação, ou seja, a forma e o conteúdo das explicações e abordagens utilizadas, tendo em vista o nível cognitivo dos alunos estabelecido na definição de situação. Na explicação da demonstração da miragem,

por exemplo, podemos apresentar um esquema gráfico rigoroso, se os alunos tiverem uma boa base conceitual de óptica geométrica, ou propor apenas a distinção entre imagem real e virtual. Ou ainda, para alunos que nada sabem de óptica, podemos nos limitar a mostrar que a visão não é apenas fenômeno físico, mas de percepção.

- a linguagem mais adequada à interação, incluindo nela, a própria demonstração experimental.

O papel do professor como agente do processo, no entanto, não deve ser entendido apenas do ponto de vista da capacidade de operar com o equipamento e do domínio conceitual dos conteúdos apresentados na demonstração. Como já foi dito, ele é o parceiro mais capaz, aquele que faz as coisas acontecerem, orienta a observação, dá as explicações adequando-as ao conteúdo apresentado e ao nível cognitivo dos alunos. A forma como o professor exerce sua liderança não foi objeto de nosso trabalho, mas as características dadas ao processo de colaboração ou interação social aqui proposto deixam claro que não se propõe uma postura autoritária, nem se atribui ao professor o monopólio das ações. A intervenção do aluno deve - e foi - ser estimulada inclusive na manipulação do experimento, pois essa é uma condição essencial para a ocorrência de interação social.

Essas orientações indicam que as atividades de demonstração exigem a ação consciente e planejada do professor, sobretudo em relação ao domínio dos conteúdos apresentados e dos modelos explicativos a serem utilizados. Eventualmente o professor pode delegar a um aluno, ou grupo de alunos, a apresentação e a explicação de uma demonstração experimental, mas será sempre ele o parceiro mais capaz das interações por ela desencadeadas, papel em que é insubstituível em sala de aula.

A avaliação da aprendizagem decorrente das demonstrações experimentais apresentadas também mereceu nossa atenção. Muitos alunos, após a demonstração, apresentaram melhoria no seu vocabulário científico, no seu interesse pela Física e até mesmo em suas respostas ao questionário que lhes fornecemos, mas é importante destacar que a demonstração experimental em sala de aula não é um recurso pedagógico auto-suficiente - como reiteradamente afirmamos ao longo deste trabalho, ela depende da ação do professor, de sua capacidade de fazê-la funcionar adequadamente e de torná-la um elemento desencadeador de interações sociais profícuas.

## Referências

BARREIRO E BAGNATO (1992). Aulas demonstrativas nos cursos básicos de física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. Florianópolis, v.9,n.3, pp 238-244.

BROSS, A. M. M. (1990). Recuperação da memória do ensino experimental de física na escola secundária brasileira: produção, utilização, evolução e preservação dos equipamentos. São Paulo. 193p. Dissertação (Mestrado). IF/FE – USP

FERREIRA, N. C. (1978). Proposta de laboratório para a escola brasileira: um ensaio sobre a instrumentalização no ensino médio de física. Dissertação Mestrado, 128p. IF- FE- USP.

FIGUEROA et al (1994). Demonstraciones de física: Para quê?. **Enseñanza de las ciências**, 12(3), pp.443-446.

GASPAR, A. (1993). Museus e Centros de Ciências - Conceituação e proposta de um

referencial teórico. Tese Doutorado, 173p. FE- USP.

GASPAR, A. (1990). **Experiências de Ciências para o 1º Grau**. São Paulo: Editora Ática. 232p.

GASPAR, A. (1998). Museus e Centros de Ciências- Conceituação e proposta de um referencial teórico. In NARDI, R. (org.) **Pesquisas em Ensino de Física**. Editora Escrituras. São Paulo.

GASPAR, A. (2001). **Física**. 1ª ed. São Paulo: Editora Ática. v. 2, 416 p.

HOWE, A. C. (1996). Development of science concepts within a vygotskian framework. **Science Education** 80(1), pp. 35-51

IVIC, I. (1989). **Social Interation: Social or interpersonal relationship**. Trabalho apresentado à Conferência Anual da Associação Psicologia Italiana – Trieste- 27 a 30 de setembro de 1989.

MESEGUER DUEÑAS E MAS ESTELLÉS (1994). Experiências de cátedra em las clases de física de primer curso de escuelas técnicas. **Enseñanza de las ciencias**, 12(3), pp.381-391

RONAN, C. A. (1987). **História ilustrada da ciência da Universidade de Cambridge**- vol. I – Círculo do livro/ Zahar. São Paulo, pág.121.

TAYLOR, C. A. (1988). **The art and science of lecture demonstration**. 196p. Adam Hilger, Bristol and Philadelphia

VYGOTSKY, L.S. (1999). **Pensamento e Linguagem**. São Paulo. Editora Martins Fontes.

VYGOTSKY, L.S. (2001). **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo. Editora Martins Fontes.

WERTSCH, J. V. (1984). The zone of proximal development: Some conceptual Issues. In: Rogoff, B. e Wertsch, J. V. (eds): **Childrens learning in the Zone of Proximal Development- New Directions to Child development**, n 23 – S Francisco, Jossey – Bass, março, p 84

Recebido em: 24.02.2005

Aceito em: 06.10.2005

## ANEXOS: QUESTIONÁRIOS APRESENTADOS AOS ALUNOS

### A) EXPERIÊNCIA 1: PRESSÃO ATMOSFÉRICA

- 1- Em relação a postura do professor durante a aula com demonstração:
- Foi diferente da habitual, o que possibilitou que os alunos participassem mais da aula através de perguntas e comentários
  - Foi diferente da habitual, entretanto achei que a mudança não incentivou a participação positiva dos alunos através de perguntas e comentários
  - Foi a mesma postura que tem durante as outras aulas sem equipamento de demonstração
- 2- Em relação a postura da sala, de maneira geral, durante a aula de demonstração:
- Foi diferente da habitual, com mais perguntas e comentários
  - Foi diferente da habitual, entretanto achei que a mudança não incentivou a participação positiva dos alunos através de perguntas e comentários
  - Não apresentou mudanças
- 3- Algum comentário/questionamento de algum aluno ajudou-o a entender melhor a demonstração?
- Sim Qual? \_\_\_\_\_
  - Não
- 4- Algum comentário/resposta ou alguma pergunta feita pelo professor ajudou-o a entender melhor a demonstração?
- Sim Qual? \_\_\_\_\_
  - Não
- 5- O conteúdo abordado pela demonstração já havia sido lecionado a você?
- Sim Quando eu estava na \_\_\_\_ série
  - Não

- 6- Avalie a aula com demonstração em relação aos itens propostos:

ITENS	RUIM	REGULAR	BOM	ÓTIMO
Qualidade do equipamento				
Interesse da sala pela apresentação				
Interação professor-alunos				

durante a aula				
Interação entre alunos durante a aula				
Interesse que a aula despertou em você				

7- O que você gostaria de sugerir para outras aulas demonstrativas?

---



---

8- Desenhe ou escreva com as suas palavras sobre a demonstração que você viu.

---



---



---

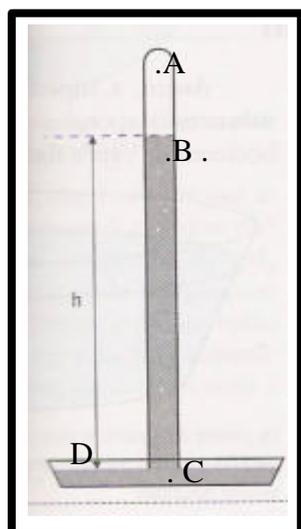
9- Para você, qual foi o principal objetivo da atividade de demonstração?

---



---

10- No esquema a seguir, você é capaz de identificar quem exerce pressão nos diferentes pontos marcados?



B) EXPERIÊNCIA 2: ÓPTICA

- 1- Em relação a postura do professor durante a aula com demonstração:
- Foi diferente da habitual, o que possibilitou que os alunos participassem mais da aula através de perguntas e comentários
  - Foi diferente da habitual, entretanto achei que a mudança não incentivou a participação positiva dos alunos através de perguntas e comentários
  - Foi a mesma postura que tem durante as outras aulas sem equipamento de demonstração
- 2- Em relação a postura da sala, de maneira geral, durante a aula de demonstração:
- Foi diferente da habitual, com mais perguntas e comentários
  - Foi diferente da habitual, entretanto achei que a mudança não incentivou a participação positiva dos alunos através de perguntas e comentários
  - Não apresentou mudanças
- 3- Algum comentário/questionamento de algum aluno ajudou-o a entender melhor a demonstração?
- Sim Qual? \_\_\_\_\_
  - Não
- 4- Algum comentário/resposta ou alguma pergunta feita pelo professor ajudou-o a entender melhor a demonstração?
- Sim Qual? \_\_\_\_\_
  - Não
- 5- O conteúdo abordado pela demonstração já havia sido lecionado a você?
- Sim Quando eu estava na \_\_\_\_\_ série
  - Não

6- Avalie a aula com demonstração em relação aos itens propostos:

ITENS	RUIM	REGULAR	BOM	ÓTIMO
Qualidade do equipamento				
Interesse da sala pela apresentação				
Interação professor-alunos durante a aula				
Interação entre alunos durante a aula				
Interesse que a aula despertou em você				

7- O que você gostaria de sugerir para outras aulas demonstrativas?

---



---

8- Desenhe ou escreva com as suas palavras sobre a demonstração que mais lhe intrigou.

9- Para você, qual foi o principal objetivo da atividade de demonstração?

10- As figuras representam um objeto diante de um espelho plano. Construa graficamente a imagem através do espelho nos dois exemplos.

