

*Pensamento e Ação no Magistério*



# CIÊNCIAS NO ENSINO FUNDAMENTAL

**O conhecimento físico**

Anna Maria Pessoa de Carvalho

Andréa Infantesi Vannucchi • Marcelo Alves Barros  
Maria Elisa Rezende Gonçalves • Renato Casal de Rey

editora scipione

# CIÊNCIAS NO ENSINO FUNDAMENTAL

## O conhecimento físico

### **Anna Maria Pessoa de Carvalho**

- Licenciada e bacharel em física pelo Instituto de Física da USP
- Doutora e livre-docente em educação pela Faculdade de Educação da USP (FEUSP)
  - Professora adjunta e professora titular da FEUSP
- Coordenadora do Laboratório de Pesquisa em Ensino de Física da FEUSP
  - Diretora da FEUSP

### **Andréa Infantosi Vannucchi**

- Bacharel em física pelo Instituto de Física de São Carlos – USP
  - Mestre em ensino de física pela FEUSP
    - Professora de física de 2º grau

### **Marcelo Alves Barros**

- Licenciado em física pela Unesp
- Mestre em ensino de ciências (física) pela FEUSP e Instituto de Física da USP
  - Professor de física e ciências da Escola de Aplicação da FEUSP

### **Maria Elisa Rezende Gonçalves**

- Licenciada e bacharel em física pela Universidade Federal de Minas Gerais
- Mestre em ensino de ciências (física) pela Faculdade de Educação e Instituto de Física da USP
  - Doutora em educação pela Faculdade de Educação da USP

### **Renato Casal de Rey**

- Engenheiro mecânico formado pela Escola de Engenharia de São Carlos – USP
  - Mestre em ensino de ciências e matemática pela FEUSP
- Professor do Programa de Educação Continuada (PEC) da FEUSP e Secretária Estadual de Educação de São Paulo





## editora scipione

### DIRETORIA

Luiz Esteves Sallum  
Vicente Paz Fernandez  
José Gallafassi Filho  
Antonio Carlos Fiore

GERÊNCIA EDITORIAL  
Aurelio Gonçalves Filho

RESPONSABILIDADE EDITORIAL  
Heloisa Pimentel

ASSISTÊNCIA EDITORIAL  
Sandra Cristina Fernandez

REVISÃO  
chefia - Sãmia Rios  
assistência - Miriam de Carvalho Abões  
preparação - Ana Luiza França  
revisão - Cesar G. Sacramento e  
Ivonele Leal Dias

GERÊNCIA DE PRODUÇÃO  
Gil Naddaf

ARTE  
coordenação geral - Sérgio Yutaka Suwaki  
edição de arte - Didier D. C. Dias de Moraes  
coordenação de arte - Maria do Céu Pires  
Passuello  
assistência - Claudio Faustino da Silva e  
Maria Vicineide Ribeiro  
projeto visual de capa - Jayme Leão  
miolo - Luiz Trigo  
ilustração da capa - Luís Maia  
pesquisa iconográfica - Edson P. Rosa e  
Lourdes Guimarães

COORDENAÇÃO DE PRODUÇÃO  
José Antonio Ferraz

COMPOSIÇÃO, PAGINAÇÃO E FILMES  
Reflexo Fotolito Ltda.

IMPRESSÃO E ACABAMENTO  
YANGRAF

Editora Scipione Ltda.  
MATRIZ  
Praça Carlos Gomes, 46  
01501-040 São Paulo SP  
e-mail: scipione@br.homeshopping.com.br  
DIVULGAÇÃO  
Rua Fagundes, 121  
01508-030 São Paulo SP  
Tel. (011) 242 8411  
Caixa Postal 65131

1998

ISBN 85-262-3447-1

1ª EDIÇÃO  
(1ª impressão)

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

Ciências no ensino fundamental : o conhecimento filosófico / Anna Maria Pessoa de Carvalho ... [et al.]  
— São Paulo : Scipione, 1998. — (Pensamento e ação no magistério)

Outros autores: Andréa Infantes Vannucchi, Marcelo Alves Barros, Maria Eliza Rezende Gonçalves, Renato Casal de Rey.

1. Ciências (Ensino fundamental) I. Carvalho, Anna Maria Pessoa de. II. Vannucchi, Andréa Infantes. III. Barros, Marcelo Alves. IV. Gonçalves, Maria Eliza Rezende. V. Rey, Renato Casal de. VI. Série.

96-1076

000-372-35

Índice para catálogo sistemático.

1. Ciências : Ensino fundamental 312.35

*Agradecimentos dos autores ao  
CNPq e à Fapesp pelo apoio.*

*Agradecemos as leituras críticas da  
Profª Odete Cleusa Rocha Vicentini e da  
Profª Dra. Aparecida Valquíria P. Silva.*

# SUMÁRIO

Agradecimentos .....	5
Introdução .....	6
<b>Primeira parte: O que nos diz a pesquisa sobre o ensino de Ciências .....</b>	<b>9</b>
<b>1. Alguns pressupostos sobre ensino e aprendizagem de Ciências .....</b>	<b>11</b>
É possível desenvolver conteúdos de Física nas primeiras séries do ensino fundamental? .....	12
A existência de concepções espontâneas .....	14
O papel das questões na construção do conhecimento. ....	15
O caráter social da construção do conhecimento científico .....	16
Um exemplo a título de síntese .....	17
<b>2. Compreendendo o papel das atividades no ensino de Ciências .....</b>	<b>19</b>
A experimentação nas aulas de Ciências .....	20
Saber fazer e compreender — etapas da ação do aluno .....	21
Interdisciplinaridade — o ensino de Ciências e de Língua Portuguesa .....	24
<b>3. O professor no ensino de Ciências como investigação .....</b>	<b>27</b>
A autonomia do aluno .....	29
A cooperação entre os alunos .....	30
O papel do erro na construção do conhecimento. ....	32
A avaliação .....	34
A interação professor-aluno .....	35
<b>Segunda parte: O que nos diz a sala de aula .....</b>	<b>37</b>
<b>4. As etapas de uma aula sobre conhecimento físico .....</b>	<b>39</b>
O professor propõe o problema .....	40
Agindo sobre os objetos para ver como eles reagem .....	41

Agindo sobre os objetos para obter o efeito desejado .....	41
Tomando consciência de como foi produzido o efeito desejado. ....	41
Dando as explicações causais. ....	42
Escrevendo e desenhando .....	42
Relacionando atividade e cotidiano .....	44
<b>5. Quinze atividades de conhecimento físico .....</b>	<b>45</b>
Ar. ....	46
Atividade 1: O problema dos carrinhos .....	47
Atividade 2: O problema do copo. ....	58
Água .....	68
Atividade 3: O problema do submarino .....	68
Atividade 4: O problema do barquinho .....	77
Atividade 5: O problema da pressão. ....	86
Luz e sombras .....	95
Atividade 6: O problema das sombras iguais .....	96
Atividade 7: O problema da sombra no espaço. ....	107
Atividade 8: O problema da reflexão da luz. ....	116
Equilíbrio .....	124
Atividade 9: O problema do equilíbrio .....	126
Atividade 10: O problema dos cinco quadrados .....	134
Movimento .....	142
Atividade 11: O problema do pêndulo .....	143
Atividade 12: O problema das bolinhas .....	151
Conservação da energia .....	160
Atividade 13: O problema da cestinha .....	162
Atividade 14: O problema do <i>looping</i> .....	172
Atividade 15: O problema do ímã. ....	178
<b>Terceira parte: Subsídios para a elaboração de novas atividades .....</b>	<b>185</b>
<b>6. Fontes de inspiração para a construção das atividades .....</b>	<b>187</b>
Livros didáticos e paradidáticos .....	188
Lacunas no conhecimento específico dos alunos .....	189
Novos conteúdos .....	190
<b>7. Critérios para selecionar as atividades .....</b>	<b>193</b>
Uma palavra de incentivo. ....	196
Referências bibliográficas .....	197

## AGRADECIMENTOS

Este livro é resultado de um longo trabalho em sala de aula, tanto com alunos das primeiras séries do ensino fundamental — com os quais testamos nossas atividades — como com professoras e coordenadoras pedagógicas das redes públicas municipal e estadual, com as quais trabalhamos em conjunto em cursos de formação continuada.

Os autores têm consciência de que, sem passar por essas experiências didáticas e sem discutir com as crianças os conceitos físicos e, com as professoras, os conceitos pedagógicos, não teria sido possível escrever este livro, pois ele expressa o trabalho de ambos.

Assim, é impossível agradecer nominalmente a todos os que contribuíram para a realização deste trabalho, mas não podemos deixar de fazê-lo às escolas que nos permitiram testar as atividades, às professoras que cederam suas aulas para isso e a outros colaboradores cuja ajuda foi expressiva. Agradecemos, pois:

à Escola de Aplicação da Universidade de São Paulo e às professoras Maria Júlia Rangel de Bonis, Maria Cristina Chechi, Marília Costa Basili e Maria Cristina Garcia Vilaça;

à Escola Municipal de Primeiro Grau Marechal Espiridião Rosas, à coordenadora pedagógica Esmeralda Zago e às professoras Cleuza de Almeida, Maria do Rosário Lima Berdadini, Elza Yoshie Fukuya Catutani e Marlene Machesi Dorini;

aos técnicos Vicente Graciola, Reinaldo Rodrigues da Costa e Regis Lattouf, responsáveis pela gravação das aulas, o que possibilitou nosso trabalho de transcrição de falas e análise;

ao professor dr. Moacyr Ribeiro do Valle Filho, que nos cedeu a idéia de “O problema do barquinho” (Atividade 4).

Um agradecimento especial a Maria da Conceição Barbosa Lima, que, chegando ao nosso grupo de pesquisa quando já estávamos na redação final do trabalho, não mediu esforços para nos ajudar, tanto na análise dos relatos dos alunos como na própria finalização do trabalho, que é sempre a pior e mais dolorida tarefa na elaboração de um livro.

## INTRODUÇÃO

O desenvolvimento deste trabalho — sobre o ensino e a aprendizagem do conhecimento físico nas primeiras séries do ensino fundamental — partiu das pesquisas que realizamos para melhor conhecer como ensinar Ciências para crianças de sete a dez anos.

Procuramos concentrar nossos esforços no ensino fundamental não apenas porque nessas séries se encontra a maioria da população estudantil brasileira, mas também — e talvez isso seja o mais importante — porque é nessa etapa que os alunos têm contato, pela primeira vez em uma situação de ensino, com certos conceitos científicos, e muito da aprendizagem subsequente em Ciências vai depender desse início.

Se esse primeiro contato for agradável, se fizer sentido para as crianças, elas gostarão de Ciências e a probabilidade de serem bons alunos nos anos posteriores será maior. Do contrário, se esse ensino exigir memorização de conceitos além da adequada a essa faixa etária e for descompromissado com a realidade do aluno, será muito difícil eliminar a aversão que eles terão pelas Ciências.

As primeiras séries do ensino fundamental tornam-se, portanto, um momento de encontro — entre quem quer aprender e quem quer ensinar — que não pode ser negligenciado.

Uma parte significativa do programa de Ciências diz respeito ao conteúdo de Física, e ensiná-lo a alunos de sete a dez anos é uma tarefa extremamente complexa, se considerarmos que a Física é entendida como uma ciência que procura descrever o mundo utilizando-se de leis gerais, regidas por teorias amplas, com uma lógica interna muito bem definida e uma linguagem matemática que, mesmo na mais simplificada das versões, está muito além do entendimento de nossos pequenos alunos.

Temos consciência de que ensinar um conjunto de conceitos desconectados da estrutura do pensamento físico tem levado alunos e professores a não sentirem prazer nem alegria nessas aulas. Sem prazer e alegria não há ensino e muito menos aprendizagem. Não é isso que queremos para nossos alunos.

Estudando os trabalhos de epistemologia genética coordenados e sistematizados por Piaget, tomamos

conhecimento das pesquisas que mostram como as crianças constroem o conhecimento físico do mundo que as cerca e como, nessa construção, elas vão elaborando explicações causais dos fenômenos físicos. Piaget mostra que o desenvolvimento do conhecimento lógico-matemático e do social dá a sustentação para a formação do indivíduo em uma sociedade.

PIAGET & GARCIA, 1973. ▷

Os trabalhos coordenados por Piaget sobre a psicogênese dos conceitos físicos e as sistematizações feitas por Piaget e Garcia nos deram a base teórica para entender as dificuldades dos alunos no ensino tradicional. Mas o que nos deu forças para pesquisar sobre o ensino e a aprendizagem do conhecimento físico nas salas de aula da escola fundamental foram os trabalhos de Kamii e Devries, que, trabalhando com crianças de pré-escola, criaram condições para o desenvolvimento de atividades de conhecimento físico.

KAMII & DEVRIES, 1986. ▷

Começamos então a investigar o ensino de Ciências planejando atividades de conhecimento físico para as primeiras séries e verificando como e em que condições do trabalho docente os alunos conseguiam dar explicações causais para os fenômenos comumente ensinados nessas séries. Nosso primeiro resultado positivo foi apresentado em 1991, numa dissertação de mestrado.

GONÇALVES, 1991. ▷

Iniciamos, de um lado, a divulgação sistemática de nossos dados para um debate com a comunidade científica e, de outro, a preparação de um conjunto maior de atividades com vista à publicação deste livro. O que pretendemos com as atividades de conhecimento físico é criar condições, em situação de ensino, para levar o aluno a pensar sobre o mundo físico que o rodeia. Pensar para nós significa, aqui, conseguir resolver um problema físico com o grupo, estabelecendo e testando suas próprias hipóteses; sistematizar esse conhecimento, tomando consciência do que foi feito por meio de discussão geral organizada pelo professor; e elaborar um texto individual sobre o conhecimento produzido.

Não estamos propondo neste livro atividades de Física na concepção que a palavra tem no meio científico. Nossa proposta é a de oferecer aos alunos das primeiras séries do ensino fundamental atividades de conhecimento físico que irão levá-los a pensar e a resolver um problema do mundo físico, dentro de suas condições. Estamos principalmente ensinando os alunos a gostar de Física.

Na Primeira Parte deste livro, vamos dar nossa posição sobre algumas questões importantes para quem quer estruturar um ensino de Ciências para o nível fundamental: Como uma criança constrói seu conhecimento e, principalmente, o conhecimento físico? Podemos desenvolver atividades que propiciem sua construção em nossas escolas? Qual o papel do professor no desenvolvimento de uma atividade de conhecimento físico?

Na Segunda Parte, apresentamos um conjunto de quinze atividades, já testadas em sala de aula de segunda e terceira séries do ensino fundamental. Elas foram agradáveis e conseqüentes em termos de ensino de Ciências para os alunos. O que mais nos chamou a atenção, juntamente com o trabalho produzido pelos alunos, foi o clima de alegria das aulas. Na Terceira Parte, damos subsídios aos professores para que construam novas atividades, além das apresentadas por nós.

Uma observação: não podemos propor atividades de conhecimento físico sem organizar material experimental. Nas experiências que planejamos, sempre procuramos trabalhar com material simples, fácil de obter e que pode ser preparado pelos próprios professores. Entretanto, sabendo que muitos não têm tempo, não gostam e/ou não têm habilidades específicas para as montagens, organizamos conjuntos de experiências que podem ser obtidos junto à Laborciência Tecnologia Educacional.

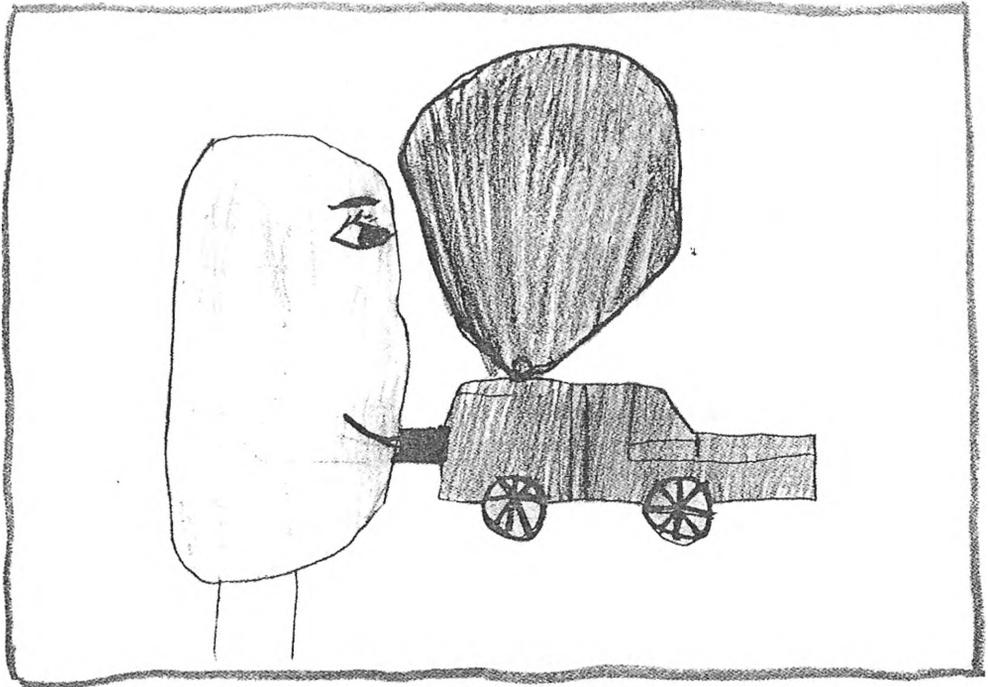
**Primeira parte**

**O que nos diz a  
pesquisa sobre o  
ensino de Ciências**



# 1

## Alguns pressupostos sobre ensino e aprendizagem de Ciências



O ensino somente se realiza e merece este nome se for eficaz, se fizer o aluno de fato aprender. O trabalho do professor, portanto, deve direcionar-se totalmente para a aprendizagem dos alunos. Não existe um trabalho de ensino se os alunos não aprendem. É necessário que o professor tenha consciência de que sua ação durante o ensino é responsável pela ação dos alunos no processo de aprendizagem. O ensino deve potencializar a aprendizagem. Ensino e aprendizagem precisam ser entendidos como uma unidade, dois lados de uma mesma moeda, duas faces de uma mesma aula.

Para que essa unidade se concretize, é preciso considerar alguns aspectos:

- reconhecer o papel que desempenha a escolha do conteúdo no ensino e na aprendizagem das Ciências;
- reconhecer a existência de concepções espontâneas;
- saber que os conhecimentos são respostas a questões;
- conhecer o caráter social da construção do conhecimento científico.

Na Primeira Parte deste livro, vamos discutir cada um desses tópicos, relacionando-os ao ensino de Ciências para as primeiras séries do ensino fundamental.

## **É POSSÍVEL DESENVOLVER CONTEÚDOS DE FÍSICA NAS PRIMEIRAS SÉRIES DO ENSINO FUNDAMENTAL?**

O aluno das primeiras séries do ensino fundamental, principalmente na área de Ciências, não aprende conteúdos estritamente disciplinares, "científicos". Por isso, temos de buscar conteúdos, num recorte epistemológico — isto é, dentro do mundo físico em que a criança vive e brinca —, que possam ser trabalhados nessas séries e que levem o aluno a construir os primeiros significados importantes do mundo científico, permitindo que novos conhecimentos possam ser adquiridos posteriormente, de uma forma mais sistematizada, mais próxima dos conceitos científicos.

© AIEC, 1995.

É importante lembrar que o processo cognitivo evolui sempre numa reorganização do conhecimento, que os alunos não chegam diretamente ao conhecimento correto. Este é adquirido por aproximações sucessivas, que permitem a reconstrução dos conhecimentos que o aluno já tem. Assim, é importante fazer com que as crianças discutam os fenômenos que as cercam, levando-as a estruturar esses conhecimentos e a construir, com seu referencial lógico, significados dessa parte da realidade. Por isso, devemos trabalhar com problemas físicos que os alunos possam discutir e propor soluções compatíveis com seu desenvolvimento e sua visão de mundo, mas em um sentido que os levará, mais tarde, ao conhecimento científico.

Como não é todo problema ou qualquer fenômeno que as crianças conseguem explicar — assim como nem os adultos e, às vezes, nem mesmo os cientistas conseguem dar uma explicação completa e coerente para muitos fenômenos —, precisamos escolher aqueles que as façam pôr em prática, por meio de suas ações e de seu raciocínio, tomando consciência do que fizeram e tentando uma explicação coerente e não mágica, certas atitudes necessárias ao desenvolvimento intelectual que serão básicas para o aprendizado de Ciências. Desse modo, estamos encorajando as crianças a agir sobre os objetos a fim de testar suas hipóteses e resolver o problema proposto.

Nessa etapa do ensino fundamental, ao resolverem o problema proposto, os alunos devem tomar consciência de algumas variáveis envolvidas no fenômeno e achar a relação entre elas. Durante o desenvolvimento escolar, de quinta a oitava série, esses significados, esses “conhecimentos provisórios”, deverão ser reorganizados, adquirindo novos significados: as relações entre as variáveis, agora somente apontadas, mais tarde serão matematizadas e estruturadas em leis e teorias.

A escola deve trabalhar com a idéia de que a própria Ciência é provisória, de que é continuamente reconstruída — estamos sempre criando novos significados na tentativa de explicar nosso mundo. A história das Ciências nos mostra essa evolução. Os professores das primeiras séries não precisam estar preocupados em sistematizações fora do alcance dos alunos: assim como a Ciência evoluiu nos séculos, também nossos alunos irão evoluir e reconstruir novos significados para os fenômenos estudados.

Portanto, considerando todos os aspectos discutidos, podemos afirmar que é possível desenvolver conteúdos de Física nas primeiras séries do ensino fundamental.

## A EXISTÊNCIA DE CONCEPÇÕES ESPONTÂNEAS

A tomada de consciência, por parte dos professores, de que é a partir dos conhecimentos que os alunos trazem para a sala de aula que eles entendem o que se apresenta em classe, é muito importante para evitar a surpresa de se descobrir que os alunos “aprendem” coisas que os professores juram não ter ensinado.

Trabalhos e pesquisas realizados em três campos distintos — epistemológico, didático e filosófico — sempre nos mostram os mesmos resultados: os alunos trazem para a sala de aula conhecimentos já construídos, com os quais ouvem e interpretam o que falamos. Esses conhecimentos foram construídos durante sua vida através de interações com o meio físico e social e na procura de suas explicações do mundo.

Os Estudos de Epistemologia Genética, coordenados por Piaget, e depois sistematizados por Piaget e Garcia, propiciaram a compreensão do desenvolvimento do conhecimento físico. Esses trabalhos mostraram aos professores de Ciências dois aspectos fundamentais: o primeiro — e talvez o mais importante — foi a compreensão dos mecanismos pelos quais as crianças constroem os conhecimentos físicos (voltaremos a este ponto no próximo capítulo); o segundo, o entendimento de que a criança constrói de maneira espontânea conceitos sobre o mundo que a cerca e que esses conceitos em muitos casos chegam naturalmente a um estágio pré-científico com uma certa coerência interna.

◁ PIAGET & GARCIA. 1973.

◁ PIAGET & GARCIA. 1981.

Para o planejamento de nossas atividades, descritas na Segunda Parte deste livro, referimos-nos com bastante frequência aos resultados dessas pesquisas, pois o professor deve saber de antemão que dificuldades seus alunos podem ter e que perguntas eles podem fazer, além das que ele mesmo deverá fazer para que os alunos tenham possibilidade de dizer o que estão pensando.

VIENNOT, 1979; CLOUGH & DRIVER, 1986; DRIVER et al., 1989; GIL-PÉREZ & CARRASCOA, 1990; BACHELARD, 1938, p. 18.

A existência de esquemas conceituais espontâneos em nossos alunos foi também reiteradamente mostrada por pesquisadores em ensino de Ciências, como Viennot, Clough e Driver, Driver et al., Gil-Pérez e Carrascosa, e já havia sido relatada com muita clareza, mais de cinquenta anos atrás, por Bachelard: "Surpreendeu-me sempre que os professores de Ciências, mais que os outros, não compreendam que não se compreenda (...). Não reflitam sobre o fato de que o adolescente chega à aula de Física com conhecimentos empíricos já constituídos: trata-se, assim, não de **adquirir** uma cultura experimental, e sim mais precisamente de **mudar** de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já acumulados pela vida cotidiana" (o grifo é nosso).

A "derrubada dos obstáculos já acumulados pela vida cotidiana" não é tarefa fácil para a escola, mas um caminho é tentar mudar a cultura experimental — passando de uma experimentação espontânea para uma experimentação científica — a fim de que os alunos possam (re)construir seu conhecimento.

Essa questão metodológica foi determinante para o planejamento de nossas atividades, cuja proposta é a adoção de uma "cultura experimental" em que o conhecimento sobre Ciências seja feito a partir da reflexão e dos resultados obtidos nas experimentações.

## O PAPEL DAS QUESTÕES NA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO

Falar em (re)construção de conhecimento científico por nossos alunos e falar em mudança metodológica em nosso ensino, isto é, na passagem de uma experimentação espontânea a uma experimentação científica, nos fez procurar tanto na história das Ciências como nos trabalhos de epistemologia científica o ponto inicial de um conhecimento novo. Achamos sempre o mesmo início, como mostra Bachelard: "todo conhecimento é a resposta a uma questão".

BACHELARD, 1938. ▷

Em nossas pesquisas em ensino de Ciências para os primeiros ciclos do ensino fundamental, temos detectado a importância de propor aos alunos situações problemáticas interessantes. Ao tentar resolvê-las, os

GONÇALVES & CARVALHO, 1994a, 1994b, 1994c, 1996. ▷

alunos se envolvem intelectualmente com a situação física apresentada, constroem suas próprias hipóteses, tomam consciência da possibilidade de testá-las, procuram as relações causais e, elaborando os primeiros conceitos científicos, (re)constroem o conhecimento socialmente adquirido, um dos principais objetivos da educação escolar.

<1 CASTORINA *et al.*, 1995.

Quando levamos nossos alunos a refletir sobre os problemas experimentais que são capazes de resolver, ensinamo-lhes, mais do que conceitos pontuais, a pensar cientificamente o mundo, a construir uma visão de mundo.

## O CARÁTER SOCIAL DA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO

Do ponto de vista da construção do conhecimento científico, a história das Ciências tem reiteradamente mostrado a importância da existência de sociedades científicas atuantes. A Ciência não progride sem trocas de idéias e sem confrontos entre interpretações.

<1 KUHN, 1962.

Partindo também do enfoque social dado aos processos de ensino e aprendizagem, vemos como é importante a relação interpessoal e, principalmente, a ajuda educativa ajustada a situações peculiares de cada aprendiz.

<1 VIGOTSKY, 1984; COLL & COLOMINA, 1990.

No contexto das investigações em ensino das Ciências também foi pesquisada a influência das relações sociais no desenvolvimento do aluno. Trabalhos de Duschl, Lee e Anderson e Pintrich *et al.* mostraram que, quando aumentam as oportunidades de conversação e de argumentação durante as aulas, também se incrementam os procedimentos de raciocínio e a habilidade dos alunos para compreender os temas propostos.

<1 DUSCHL, 1995; LEE & ANDERSON, 1993; PINTRICH *et al.*, 1993.

Em cada uma de nossas aulas, se quisermos realmente que nossos alunos aprendam o que ensinamos, temos de criar um ambiente intelectualmente ativo que os envolva, organizando grupos cooperativos e facilitando o intercâmbio entre eles. A função do professor será a de sistematizar os conhecimentos gera-

GIL-PÉREZ *et al.*, 1991. ▷ dos, não no sentido de "dar a resposta final", mas de assumir o papel de crítico da comunidade científica.  
→ Assim, quando os alunos apresentam soluções incorretas, o professor deve argumentar com novas idéias e contra-exemplos.

## UM EXEMPLO A TÍTULO DE SÍNTESE

Seguindo as diretrizes propostas, ao planejarmos as nossas atividades, partimos de situações problemáticas experimentais que dão aos alunos oportunidade de levantar suas próprias hipóteses e testá-las, criando condições para que essas idéias sejam discutidas em grupo com orientação do professor. Estamos, assim, propondo uma mudança metodológica em nosso ensino.

O exemplo que escolhemos para mostrar essa diferença metodológica é o fenômeno do ar ocupando lugar no espaço.

No ensino tradicional, o fenômeno é apresentado ao estudante pelo tema ou objetivo da aula: vamos provar que o ar ocupa lugar no espaço. O fenômeno é então demonstrado por meio de uma experiência. Um copo com um pedaço de papel dentro é emborcado em uma bacia com água. A água não molha o papel, o que prova que entre a água e o papel há ar.

O que estamos propondo é transformar esse conhecimento a ser adquirido pelos alunos — o ar ocupa lugar no espaço — em um problema que eles possam resolver: Como colocar um papel dentro de um copo, o copo inteirinho dentro da bacia com água e não molhar o papel? (Segunda Parte, Atividade 2).

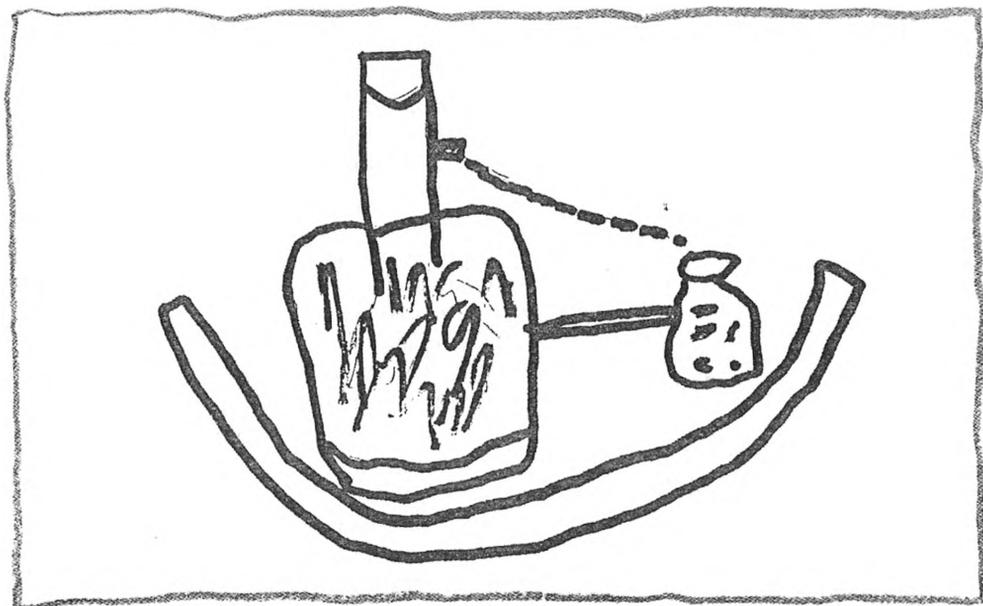
Ao escolhermos um problema para propor aos alunos, temos de levar em conta suas idéias espontâneas: no caso, a dificuldade de conceber a existência do ar sem que ele esteja em movimento. Partimos dessa informação para elaborar o problema e organizar o material experimental. A partir daí, quando os alunos trabalham com seus colegas, em grupo, estamos, na verdade, dando oportunidade para que levantem hipóteses com base em seus conhecimentos prévios e as testem empiricamente a fim de resolver o

problema. Depois, na discussão do porquê de isso acontecer, a resposta será elaborada pelo aluno, que partirá do que conseguiu fazer e pensar sobre o fenômeno — a água não consegue molhar o papel. Ele ainda provará essa sua idéia mostrando para o professor e para seus colegas algumas bolhas de ar saindo do copo quando o inclina um pouco dentro da bacia.

O conhecimento passa a ser do aluno, é por ele construído, com ajuda do professor.

# 2

## Compreendendo o papel das atividades no ensino de Ciências



O objetivo das atividades relacionadas ao conhecimento científico é fazer os alunos resolverem os problemas e questões que lhes são colocados, agindo sobre os objetos oferecidos e estabelecendo relações entre o que fazem e como o objeto reage à sua ação. Pretendemos que as crianças relacionem objetos e acontecimentos e busquem as causas dessa relação. As atividades devem servir como uma possível abertura para novos conhecimentos, fazendo-os estender e, eventualmente, mudar sua visão dos fenômenos.

Essa abordagem metodológica enfatiza a iniciativa do aluno porque cria oportunidade para que ele defenda suas idéias com segurança e aprenda a respeitar as idéias dos colegas. Dá-lhe também a chance de desenvolver variados tipos de ações — manipulações, observações, reflexões, discussões e escrita.

## A EXPERIMENTAÇÃO NAS AULAS DE CIÊNCIAS

A importância do trabalho prático é inquestionável na Ciência e deveria ocupar lugar central em seu ensino. Houve época em que os experimentos serviam apenas para demonstrar conhecimentos já apresentados aos alunos e verificar leis plenamente estruturadas. Passou-se depois a utilizar o laboratório didático como um local onde se pretendia que os alunos redescobrissem todo o conhecimento já elaborado.

De uma perspectiva construtivista, não se espera que, por meio do trabalho prático, o aluno descubra novos conhecimentos. A principal função das experiências é, com a ajuda do professor e a partir das hipóteses e conhecimentos anteriores, ampliar o conhecimento do aluno sobre os fenômenos naturais e fazer com que ele as relacione com sua maneira de ver o mundo.

◀ KARMILOFF-SMITH, 1975.

Uma atividade para desenvolver conhecimento científico parte da proposição de um problema pelo professor. O problema é a mola propulsora das variadas ações dos alunos: ele motiva, desafia, desperta o interesse e gera discussões. Resolver um problema intrigante é motivo de alegria, pois promove a autoconfiança necessária para que o aluno conte o que fez

e tente dar explicações. Em nossa proposta, o experimento tem a função de gerar uma situação problemática, ultrapassando a simples manipulação de materiais. Por isso, dedicamos um tempo especial para que o aluno reflita e possa contar o que fez, tomando consciência de suas ações e propondo explicações causais.

GONÇALVES, 1991. ▷

Os alunos das séries iniciais do ensino fundamental são capazes de ir além da observação e da descrição dos fenômenos, habilidades básicas comumente almeçadas e trabalhadas pelos professores. Portanto, as aulas de Ciências podem e devem ser planejadas para que os estudantes ultrapassem a ação contemplativa e encaminhem-se para a reflexão e a busca de explicações, pois é dessa forma que os estudantes terão a chance de relacionar objetos e acontecimentos e expressar suas idéias.

## SABER FAZER E COMPREENDER – ETAPAS DA AÇÃO DO ALUNO

Uma atividade de Ciências fundamenta-se na ação dos alunos. Essa ação, como já dissemos, não deve se limitar à simples manipulação ou observação. A resolução de um problema pela experimentação deve envolver também reflexão, relatos, discussões, ponderações e explicações — características de uma investigação científica.

KAMII & DEVRIES, 1986. ▷  
p. 6,3-5.

Essas ações, particularmente quando acontecem durante a resolução de um problema que envolve conhecimento físico, podem ser descritas de quatro formas ou níveis, como propuseram Kamii e Devries:

- agir sobre os objetos e ver como eles reagem;
- agir sobre os objetos para produzir um efeito desejado;
- ter consciência de como se produziu o efeito desejado;
- dar a explicação das causas.

Ao introduzirmos uma atividade, ou seja, ao apresentarmos um problema e os materiais experimentais, procuramos fazê-lo de forma a despertar a curiosidade e o interesse dos alunos.

Quando começam a agir para conhecer os objetos, para ver como eles funcionam, os alunos ainda não

sabem como resolver o problema, mas já constroem novas hipóteses, relacionando suas variadas ações e as correspondentes reações dos objetos. Logo em seguida, começam a agir para resolver o problema. Em outras palavras, algumas das ações da etapa anterior são repetidas, mas deliberadamente. Eles fazem determinadas coisas para obter determinados resultados. E, como todos nós, sentem-se muito contentes depois de conseguir resolver o problema.

No entanto, ter resolvido o problema não significa que a atividade terminou. Uma coisa é saber fazer, outra é compreender. Piaget mostra que “fazer é compreender em ação uma dada situação em grau suficiente para atingir os fins propostos, e compreender é conseguir dominar, em pensamento, as mesmas situações até poder resolver os problemas por elas levantados, em relação ao porquê e ao como das ligações constatadas e, por outro lado, utilizadas na ação”.

◁ PIAGET, 1978, p. 176.

É exatamente isso o que queremos com nossas atividades: primeiramente, criar condições em sala de aula para que os alunos consigam “fazer”, isto é, resolver o problema experimentalmente; depois, que eles compreendam o que fizeram, isto é, que busquem, agora em pensamento, o “como” conseguiram resolver o problema e o “porquê” de ele ter dado certo.

É durante as etapas de reflexão sobre o como — a fase da tomada de consciência de suas próprias ações — e de procura do porquê — fase das explicações causais — que os alunos têm oportunidade de construir sua compreensão dos fenômenos físicos. E, enquanto contam o que fizeram para o professor e para a classe e descrevem suas ações, vão estabelecendo, em pensamento, as próprias coordenações conceituais, lógico-matemáticas e causais.

◁ PIAGET, 1978, p. 176.

Quando os alunos são incitados a contar como resolveram o problema, começam a tomar consciência das coordenações dos eventos, iniciando-se a conceituação. A tomada de consciência está longe de constituir apenas uma simples leitura: ela é uma reconstrução que o aluno faz de suas ações e do que conseguiu observar durante a experiência.

Pensando no que fez, para contar para o professor e para a classe, o aluno vai fazendo ligações lógicas, estabelecendo conexões entre suas ações e reações dos objetos. As relações gradualmente vão sendo desvinculadas das ações da própria criança para as relações entre modificações dos atributos físicos dos objetos e

respectivos resultados. Nessa passagem — das ações executadas pelo próprio sujeito para a relação entre os atributos dos objetos — vai se iniciando a conceituação.

É importante reafirmar que a conceituação é um processo que se inicia com a reconstrução da própria ação e, depois, vai evoluindo para as seqüências exteriores, permitindo uma elaboração gradativa de noções necessárias para a explicação dos fenômenos.

Vamos exemplificar o que queremos dizer analisando uma aula em que propusemos a atividade do submarino (Segunda Parte, Atividade 3): os alunos tiveram de fazer um pequeno frasco plástico funcionar como um submarino, isto é, subir e descer numa bacia d'água.

Após propormos o problema para a classe e distribuímos o material pelos grupos, os alunos começaram a mexer no frasco ao qual estava acoplada uma mangueirinha, para ver como ele funcionava. Verificaram que, quando cheio de água, o frasco permanecia no fundo da bacia e, quando vazio, ele boiava. Observaram ainda que, quando sopravam através da mangueirinha, a água saía do frasco e, quando chupavam o ar, ela entrava no submarino. Os alunos passaram então a agir sobre o frasco para obter o efeito desejado, isto é, chuparam o ar pela mangueira para a água entrar e o frasco afundar e, depois, sopraram para a água sair e o frasco boiar. Igual a um submarino!

PIAGET, 1978, p. 176. ⇨ Nessa etapa do fazer, o aluno conseguirá resolver o problema quando “compreender em ação uma dada situação em grau suficiente para atingir os fins propostos”.

Depois que todos os grupos resolveram o problema experimentalmente, passamos a incentivar, de maneira mais sistemática, a compreensão dessa resolução, que teve início com uma discussão. Desmanchamos, então, os grupos e, trabalhando com toda a classe, perguntamos: “Como vocês conseguiram fazer o submarino subir e descer?”.

Em suas primeiras explicações, os alunos relacionavam as ações de chupar e soprar com o movimento do submarino: “Eu chupei e o submarino desceu, eu assoprei e o submarino subiu”, diziam. Depois, a explicação evoluiu para: “A água entrou e o submarino desceu, a água saiu e o submarino subiu”, mostrando uma relação objeto-objeto, já descentrada de sua própria pessoa. Finalmente, aparecia a expli-

cação: "A água entrou, o submarino ficou pesado, então ele desceu, depois a água saiu, o submarino ficou leve e subiu", mostrando que a criança era capaz de atribuir aos objetos uma nova variável, que ela não via nem media e que era, neste caso, o peso — variável necessária para a explicação científica do fenômeno.

A necessidade de atribuir uma nova variável para a explicação de um determinado fenômeno é o início da formulação de um conceito — etapa fundamental para o ensino de qualquer Ciência.

Não podemos ignorar que existe uma relação muito forte entre o fazer e o compreender. Piaget resume essa relação da seguinte forma: "Compreender consiste em isolar a razão das coisas, enquanto fazer é somente utilizá-las com sucesso, o que é, certamente, uma condição preliminar da compreensão, mas que esta ultrapassa, visto que atinge um saber que precede a ação e pode abster-se dela".

◁ PIAGET, 1978, p. 179.

Portanto, se queremos ensinar Ciências, se queremos que nossos alunos aprendam Ciências, construindo eles próprios os conceitos que queremos ensinar, então é preciso que em cada aula, em cada atividade, os incentivemos a compreender o que já sabem fazer. A aula de Ciências não pode terminar com a resolução do problema.

## **INTERDISCIPLINARIDADE — O ENSINO DE CIÊNCIAS E DE LÍNGUA PORTUGUESA**

A nossa proposta de atividades de Ciências para os primeiros anos da escola fundamental preocupa-se em dar aos alunos condições de desenvolver, de forma integrada, sua capacidade de expressão.

É importante para o ensino de Ciências que os alunos consigam se expressar não só verbalmente mas também por meio da escrita — esse é o objetivo de toda a escola fundamental. Assim, a última etapa de nossas atividades é solicitar aos alunos que façam um desenho e escrevam sobre o que fizeram na aula. É muito interessante analisar esses desenhos e relatos e, por isso, colocamos na Segunda Parte do livro alguns

trabalhos de alunos em cujas classes testamos nossas atividades, para ilustrar a interação possível entre o ensino de Ciências e o de Língua Portuguesa.

Algumas sugestões nos foram dadas pelas professoras que testaram nossas atividades. A primeira é com relação à parte ortográfica. Quando fizemos a experiência do submarino em uma das classes, a professora ainda não havia introduzido o problema do **b** mudo. Quando pedimos às crianças que escrevessem, uma dúvida surgiu: Como escrever a palavra **submarino**? Escrevemos, então, a palavra na lousa e os alunos a copiaram quando tiveram necessidade de usá-la em seu texto. E a professora aproveitou essa palavra para introduzir o conceito das sílabas mudas.

Quando os alunos se expressam, procurando colocar o pensamento no papel, muitas vezes precisam de palavras que ainda não sabem escrever e por isso as escrevem errado. Os problemas dessa escrita precisam ser resolvidos e nada melhor do que discutir a grafia de novas palavras quando elas aparecem como necessidade do próprio aluno.

Outro ponto muito rico para discutir com os alunos é a diversidade de formas de expressão. Quando analisamos, em conjunto, todos os trabalhos dos alunos, verificamos como eles se expressam de formas diferentes: uns escrevem de maneira impessoal, outros conversam com o leitor, outros incluem as participações dos colegas e/ou do professor, outros, ainda, se expressam por meio de histórias em quadrinhos. Essa tomada de consciência dos diversos estilos de escrita pode ser muito interessante e proveitosa.

A relação entre a aula de Ciências e a de Língua Portuguesa também pode ser feita quando o professor propõe aos alunos a leitura de livros paradidáticos que tratem do tema estudado na aula de Ciências. Essa idéia nos foi dada por uma professora que, após a experiência das sombras iguais (Segunda Parte, Atividade 6), leu com seus alunos a história de um príncipe que precisava apresentar-se disfarçado e, para tanto, mostrava apenas sua sombra — fazendo com que ela não coincidisse com sua figura.

Enfim, procuramos ilustrar a possibilidade de trabalhar os diferentes conteúdos de modo complementar. As muitas professoras com que trabalhamos nos trouxeram sempre novas idéias, o que não nos surpreende: a criatividade é componente essencial de seu dia-a-dia de trabalho com crianças.

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

1957

Department of Chemistry  
5780 South University Avenue  
Chicago, Illinois 60637

Office of the Director  
5780 South University Avenue  
Chicago, Illinois 60637

Director: [Name]

Assistant Director: [Name]

Associate Director: [Name]

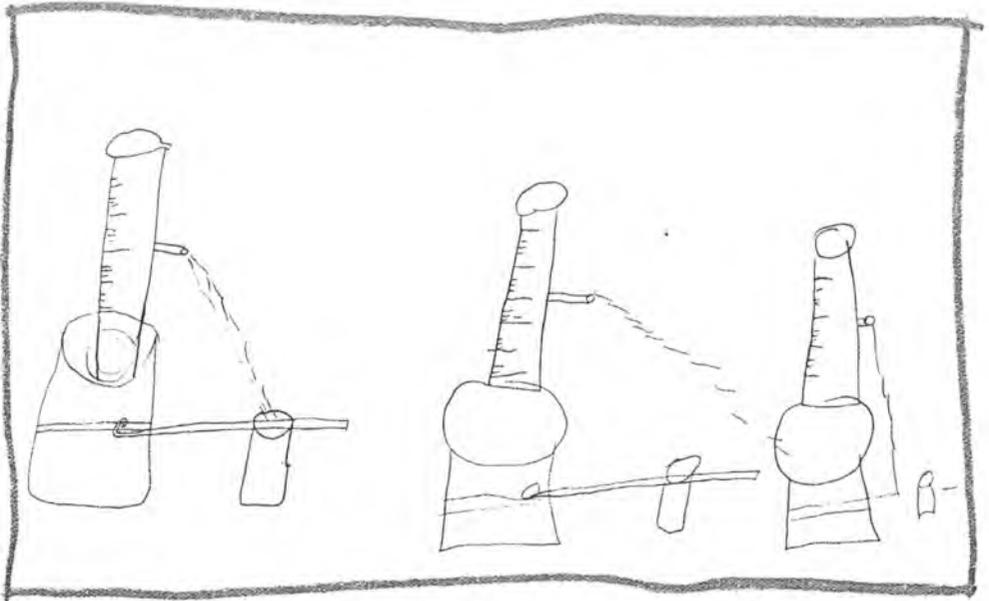
Administrative Assistant: [Name]

Secretary: [Name]

Telephone: [Number]

# 3

## O professor no ensino de Ciências como investigação



O professor desempenha papel essencial em nossa proposta de ensino, pois não é fácil, nos primeiros anos da escola fundamental, criar condições para que os alunos construam conhecimento físico, assim como não é fácil alfabetizá-los ou ensinar-lhes matemática. Na verdade, ensinar não é fácil.

No ensino construtivista, existem alguns aspectos relacionados ao papel do professor em sala de aula bastante diferentes ou até mesmo opostos aos do ensino tradicional. Essa diferença corresponde a uma ampliação da interpretação do que sejam conteúdos escolares. Por isso, é importante discutirmos alguns pontos que dizem respeito ao modo como o professor cria um ambiente propício ao desenvolvimento cognitivo e afetivo de seus alunos.

Em nossa proposta para o ensino de Ciências, o entendimento de conteúdo tem o sentido dado por Coll, que propõe que "na escola se ensinam e se aprendam outras coisas consideradas tanto ou mais importantes que os fatos e conceitos, como, por exemplo, determinadas estratégias ou habilidades para resolver problemas, selecionar informações pertinentes em situações novas ou inesperadas; ou, também, saber trabalhar em equipe, mostrar-se solidário com os companheiros, respeitar e valorizar o trabalho dos demais ou não discriminar as pessoas por razões de gênero, idade ou outro tipo de características individuais".

◁ COLL, 1992.

Quando organizamos nossas atividades, partimos do princípio de que os **fatos e conceitos** são apenas **um** dos conteúdos a serem ensinados em sala de aula. Paralelamente, de maneira inter-relacionada, pretendemos desenvolver outros tipos de conteúdo: os **procedimentos** — muito importantes no ensino de Ciências — e também as **atitudes, os valores e as normas**, sem os quais os primeiros — os fatos e conceitos e os procedimentos — não seriam aprendidos.

À medida que se amplia o conceito de conteúdo escolar, o papel do professor em sala de aula torna-se ainda mais fundamental. O professor é a figura-chave no desenvolvimento de nossas atividades e, por esse motivo, é importante discutir alguns pontos relacionados à sua atitude em sala de aula, bastante diferente da do professor que trabalha de forma tradicional:

- a autonomia do aluno;
- a cooperação entre os alunos;

- o papel do erro na construção do conhecimento;
- a avaliação;
- a interação professor-aluno.

## A AUTONOMIA DO ALUNO

Criar alunos autônomos, que saibam pensar, tomar as próprias decisões e estudar sozinhos, é uma das metas do ensino. Muito se tem falado que um dos principais objetivos da escola é levar o aluno a aprender a aprender, mas para alcançar esse objetivo é necessário redefinir as relações professor-aluno na sala de aula.

A autonomia dos alunos precisa ser construída desde muito cedo na escola e, para isso, os professores, especialmente os que trabalham com crianças que estão iniciando a vida escolar, devem tomar muito cuidado ao estabelecer regras, principalmente aquelas que determinam o trabalho e a convivência em sala de aula.

Os alunos devem obedecer ao professor, mas essa obediência deve ser conduzida de tal forma que reflita uma disposição de cooperar, que traduza uma solicitação considerada razoável e coerente pelo aluno. Ter uma classe obediente somente "porque eu mandei" faz com que os alunos fiquem cada vez mais apáticos. Segundo Kamii e Devries, "as regras externas podem se tornar as regras da criança apenas quando ela tem uma chance de adotá-las ou construí-las por sua livre e espontânea vontade". Quando o professor leva seus alunos a pensarem por si mesmos e a cooperarem sem coerção, ele os ajuda a construir suas próprias razões morais e, portanto, sua autonomia.

Isso não significa deixar os alunos comandarem a aula. Um professor que permite que os alunos façam o que quiserem está muito longe de ser alguém com quem eles colaborarão. Para que os alunos possam desenvolver sua autonomia, é preciso que o professor tenha regras claras e precisas em sua classe, que não devem ter sido impostas, mas explicadas e discutidas com os alunos. Se cada regra tiver uma razão lógica para existir, os alunos irão entendê-la e ajudar a respeitá-la. O que acontece em sala de aula não pode

KAMII & DEVRIES, 1986. ▽  
p. 56.

ser de responsabilidade única do professor — como acontece em um ensino tradicional. Essa responsabilidade deve ser repartida e os alunos devem se tornar co-responsáveis pelo seu aprendizado.

A construção da autonomia moral, das regras de convivência em sala de aula, é necessária para o aluno alcançar a autonomia intelectual, pois uma não existe sem a outra. Se o aluno tiver de seguir regras preestabelecidas sem liberdade de dialogar com seu professor, ele também aceitará, sem discutir e sem questionar, dar a resposta que o professor quer, ainda que pense de outra maneira. A liberdade de perguntar “Por quê?” e de pensar de modo diferente deve ser vista pelo aluno e pelo professor como uma atitude natural e desejável na classe. É necessário dar espaço para que surjam “idéias maravilhosas”, isto é, idéias que levem os alunos a superar obstáculos conceituais.

◁ DUCKWORTH, 1972.

Criar condições para que os alunos digam o que pensam com convicção, argumentem com precisão e exponham suas idéias com persuasão (e não repetindo o que professor disse) são objetivos a serem atingidos em todo ensino construtivista, mas que só podem ser alcançados através de um trabalho diário, perseverante e muito atento do professor.

## A COOPERAÇÃO ENTRE OS ALUNOS

No ensino tradicional, as interações em sala de aula se dão quase exclusivamente entre professor e alunos e entre aluno e professor; a interação entre alunos tem uma influência secundária, quando não indesejável ou desagradável. As conversas entre eles são vistas como indisciplina que perturba o desenrolar da aula. É necessário ter uma classe quieta para que o professor possa transmitir conhecimento; é necessário haver silêncio para que os alunos possam entender o que o professor está explicando. Não é, portanto, estranho que nessa concepção pedagógica de transmissão-recepção pretenda-se reduzir ao mínimo as relações aluno-aluno.

◁ COLL, 1994, p. 77.

No ensino construtivista, não se ignora a importância da interação professor-aluno. Entretanto, a interação entre os alunos não pode, nem deve, ser des-

prezada. Na escola, na sala de aula, deve haver tempo para comunicação, reflexão e argumentação entre os alunos — fatores importantes para o desenvolvimento da racionalidade e dos conteúdos metodológicos e atitudinais —, pois a interação do aluno com seus iguais é imprescindível na construção, eminentemente social, de um novo conhecimento. É também na discussão com seus pares que surgem o desenvolvimento lógico e a necessidade de se expressar coerentemente. O enfrentamento de outros pontos de vista faz com que seja necessário coordená-los com as próprias idéias e essa coordenação dá lugar à construção de relações, o que contribui para o desenvolvimento de um raciocínio coerente (para Piaget, cooperar ou co-operar significa “operar junto”).

VANNUCCHI, 1997. ▷

Aprender a ouvir, a considerar as idéias de outro colega, não é só, do ponto de vista afetivo, um exercício de descentralização; é também, do ponto de vista cognitivo, um momento precioso de tomada de consciência de uma variedade de hipóteses diferentes sobre o fenômeno discutido. Nessa situação de diálogo, os alunos são ainda estimulados por desafios a suas idéias, reconhecendo a necessidade de reorganizá-las e reconceituá-las.

Muitas pesquisas já demonstraram que, em um ensino, quando se aumentam as oportunidades de discussão e de argumentação, também se incrementa a habilidade dos alunos de compreender os temas ensinados e os processos de raciocínio envolvidos.

DUSCHL, 1995. *apud* ▷  
VANNUCCHI, 1997.

Dessa forma, é preciso que os estudantes compartilhem suas idéias com seus pares, tanto em pequenos grupos como com toda a classe. Os pequenos grupos dão oportunidade aos alunos para que expliquem e defendam seus pontos de vista — processo que estimula a aprendizagem, pois a habilidade de argumentação é uma das realizações mais importantes da educação científica. Ao contar aos outros o que pensam sobre um problema, os estudantes elaboram e refinam seus pensamentos e aprofundam sua compreensão.

WHEATLEY, 1991. ▷

Entretanto, não basta colocar os alunos uns ao lado dos outros e permitir que eles interajam para obter, automaticamente, cooperação e superação do egocentrismo de cada um. Temos de planejar muito bem cada atividade em grupo, pois o elemento decisivo não é a quantidade de interação, mas sua natureza. Os alunos têm de ter um problema empolgante e interessante

para resolver, de tal modo que, ao procurarem uma solução, criem, com naturalidade, um clima de cooperação — do ponto de vista cognitivo e atitudinal.

O professor tem um papel muito importante nas atividades em grupo: durante todo o tempo, deve estar atento ao que acontece em cada grupo para auxiliá-lo quando necessário, para discutir regras de convivência, para elogiar. É um papel quase não percebido pelos alunos, mas nem por isso menos importante para o desenvolvimento intelectual e afetivo da classe.

## O PAPEL DO ERRO NA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO

Trabalhar com o erro dos alunos, transformando-o em situações de aprendizagem, é muito difícil para o professor, porque para ele, que tem o compromisso pedagógico de ensinar corretamente uma Ciência, o erro nunca deveria aparecer e, se isso acontecesse, deveria ser corrigido imediatamente, para que ficasse bem claro o que é certo e o que é errado em Ciências.

Quando corrigimos imediatamente um erro, mesmo que essa correção venha acompanhada de uma explicação formal sobre o porquê de a termos feito, estamos, na verdade, supondo que o erro pode ser apagado, que existe uma "borracha" — uma vez apagado ou corrigido, nunca mais aquele erro vai ser repetido. Sabemos que isso não acontece; sabemos que os alunos erram e, mesmo corrigidos, continuam a errar nas mesmas coisas. Isso não ocorre sem motivo. O erro de um aluno quase sempre expressa seu pensamento, que tem por base outro sistema de referência, para ele bastante coerente.

◁ MACEDO, 1994.

Em um ensino que se propõe construtivista, é preciso entender melhor por que os alunos erram e, mesmo não aceitando o erro, devemos trabalhar com ele, transformando-o em uma situação de aprendizagem. Nesses casos, partimos da explicação do aluno, procuramos entender a estrutura de seu pensamento e, por meio de perguntas que o levem a conflitos cognitivos ou dando-lhe novos conhecimentos, criamos condições para que ele mesmo possa superar o erro. "A importância dos erros", afirma Piaget quando enfoca o

*Introdução de PIAGET ao  
livro de KAMII & DEVRIES,  
1986, p. 9.*

▷ desenvolvimento das atividades em sala de aula, “não é negligenciada, visto que um erro corrigido é frequentemente mais instrutivo que um sucesso imediato”.

*PIAGET, 1978.*

▷ Como discutimos no Capítulo 2, nossa ação física e mental depende de dois sistemas cognitivos: o fazer e o compreender. Vamos estudar o problema do erro com base nesses dois sistemas, dois momentos importantes em nossa proposta de ensino do conhecimento físico para as primeiras séries do ensino fundamental.

O sistema do fazer está comprometido com o resultado, isto é, com a construção de meios e estratégias adequados à solução do problema proposto. No plano do fazer, “errado” é não conseguir resolver o problema. Se o objetivo do problema for claro para o aluno, um erro de procedimento ou estratégia na procura da solução pode levar a uma situação nova — nessa condição, a situação inicial precisa ser alterada, corrigida ou aperfeiçoada. Daí a importância do erro, pois é por meio dele que o aluno vai buscar o acerto.

Muitas vezes, nessas situações, em vez de procurar o professor, os alunos olham para o grupo vizinho e, compreendendo o procedimento certo, são capazes de modificar o seu, de corrigi-lo e acertar. Nesse caso, eles não estão “colando”, não copiam simplesmente o que o outro grupo fez; eles já compreenderam que erraram e buscam um acerto. Só é capaz de entender o que os outros estão fazendo quem tem uma estrutura para essa compreensão.

*MACEDO, 1994, p.74.*

▷ O sistema do compreender é o plano da razão, das estruturas, da consciência dos meios e das razões que produzem um dado acontecimento. Nesse plano, “o erro corresponde a uma contradição, conflito ou falha na teoria (hipótese) que explica determinado fenômeno. Erro nesse plano corresponde, então, às lacunas em que aquilo que a criança diz não se articula com o que faz, ou em que aquilo que diz em uma situação não se coordena com o que diz na situação seguinte”. Os alunos necessitam da ajuda do professor para preencher as lacunas, para mostrar as contradições e levá-los a tomar consciência da não-coordenação entre as diversas situações.

*CARVALHO et al., 1992.*

▷ Apesar de analisarmos os erros nesses dois sistemas separadamente, sabemos que, na sala de aula, eles ocorrem ao mesmo tempo, e cabe ao professor ter a capacidade de trabalhá-los, transformando-os em situações privilegiadas de novas aprendizagens.

## A AVALIAÇÃO

Um dos papéis atribuídos ao professor é o de avaliador, principalmente da aprendizagem de seus alunos.

No ensino tradicional, a principal característica da avaliação da aprendizagem é classificar os alunos, normalmente em ordem decrescente, tendo por base a nota dada a cada um em uma prova. Essa prova, na maioria das vezes escrita, é feita de maneira solitária e sua aplicação — a menos que lhe seja atribuída também a característica de punição — é anunciada com a antecedência necessária para que os alunos se preparem, tanto na escola como fora dela, para alcançar o maior número de acertos possível, de acordo com o padrão de resposta preestabelecido. Com essas provas, os professores medem o “sucesso” do aluno na escola.

Na verdade, com esse tipo de avaliação mede-se apenas a competência do aluno em memorizar e repetir informações que lhe foram transmitidas durante as aulas. Ou ainda, como diz Darsie, “nessa perspectiva (a do ensino tradicional) a avaliação assume o papel de controle, visando adequar o planejado e o aprendido. É também a avaliação em sua concepção de julgamento, de resultados finais e irrevogáveis”. Aos alunos mal-sucedidos — os que erraram nesse tipo de prova —, atribuem-se características de baixa dedicação, pouco estudo, enfim, dificuldades diversas, próprias dos alunos. Somente a eles cabe a culpa pelo fracasso e — o que é mais nefasto — com base nessas avaliações propõem-se que esses alunos não estão aptos a adquirir novos conhecimentos.

◁ DARSIE, 1996, p. 49.

Propomos uma avaliação mediadora dos processos de ensino e aprendizagem, que sirva para encorajar e reorganizar o saber. Para isso, como afirma Hoffmann, “o professor deve assumir a responsabilidade de refletir sobre toda a produção de conhecimento do aluno, favorecendo a iniciativa e a curiosidade no perguntar e no responder e construindo novos saberes junto com os alunos”.

◁ HOFFMANN, 1996, p. 75-6.

Estamos agora dando um novo estatuto à avaliação, que impede que ela seja apenas uma maneira de classificar os alunos. O professor, em nossa proposta, deve usar a avaliação como um instrumento de aprendizagem, deixando de preocupar-se com quem merece ou não uma avaliação positiva para dar a cada aluno aaju-

◁ ALONSO et al., 1992.

da de que ele precisa para avançar no processo de construção do conhecimento físico.

HOFFMANN, 1996, p. 69. ▷

Essa avaliação formativa deve estar presente em todas as fases do ensino, pois "formal ou informalmente, cada vez que a criança brinca, fala, responde ou faz tarefas, está sendo observada e julgada por seus professores". É nesse momento que o professor deve parar de julgar o quanto a resposta de A foi melhor do que a de B e indagar: Que perguntas ou situações devo propor a B para que ele também possa construir seu conhecimento e superar suas dificuldades? É pela avaliação, contínua e diária, que vemos não só se os alunos estão aprendendo mas também e principalmente se estamos conseguindo ensinar-lhes algo.

## A INTERAÇÃO PROFESSOR-ALUNO

Como pudemos ver até aqui, a interação professor-aluno em um ensino que tem por objetivo levar o aluno a construir seu conhecimento é muito mais complexa do que no ensino tradicional.

Espera-se de um professor construtivista muito mais do que saber expor a matéria e ter bom relacionamento com os alunos. É necessário que suas aulas sejam criativas e que nelas haja espaço para que surjam as situações de aprendizagem necessárias para os alunos construírem seus conhecimentos.

Mas, para isso, o professor tem de criar atividades nas quais os alunos possam manipular e explorar os objetos, criar regras de conduta que lhes permitam trabalhar de maneira satisfatória e alegre — sem que a algazarra tome conta da classe —, criar liberdade intelectual para que eles não tenham receio de expor suas idéias e de fazer perguntas.

O princípio conforme o qual o aluno é o construtor do próprio conhecimento é, muitas vezes, erroneamente interpretado, atribuindo-se a ele a tarefa de descobrir ou de inventar conhecimentos. A interpretação que nos parece mais adequada consiste em pensar o aluno como o sujeito que aprende sem que ninguém possa substituí-lo nessa tarefa. O ensino acontece através de atividade mental construtiva desse aluno, que manipula, explora, escuta, lê, faz perguntas e expõe suas idéias.

Coll leva-nos a refletir sobre outro ponto importante do trabalho escolar, muitas vezes negligenciado pelos que advogam o caráter construtivista da aprendizagem: a atividade construtivista do aluno realiza-se sobre conteúdos já bastante elaborados e definidos (ainda que tenhamos claro o caráter provisório das teorias científicas e a sua contínua reestruturação). Assim, o aluno reconstrói na escola conhecimentos que já foram construídos. Por exemplo, o aluno constrói a noção de quantidade de movimento, de visão ou de vida, mas essas noções já fazem parte do rol de conhecimentos elaborados pelo trabalho científico ao longo do tempo. Desse modo, o professor deve estar engajado no processo de construção do conhecimento de seus alunos, não de uma construção qualquer, aleatória, mas daquela aceita pela atual comunidade científica e cultural. Ele deixa de ser o transmissor de conhecimento para assumir o papel de um guia comprometido com um caminho. E, nas aulas de Ciências, é desempenhando esse papel que o professor deve preparar atividades de ensino (e que nós preparamos as atividades da Segunda Parte deste livro) que levem o aluno a resolver um problema cujo objetivo final é explicar um fenômeno físico.

É o professor que propõe problemas a serem resolvidos, que irão gerar ideias que, sendo discutidas, permitirão a ampliação dos conhecimentos prévios; promove oportunidades para reflexão, indo além das atividades puramente práticas; estabelece métodos de trabalho colaborativo e um ambiente na sala de aula em que todas as ideias são respeitadas.

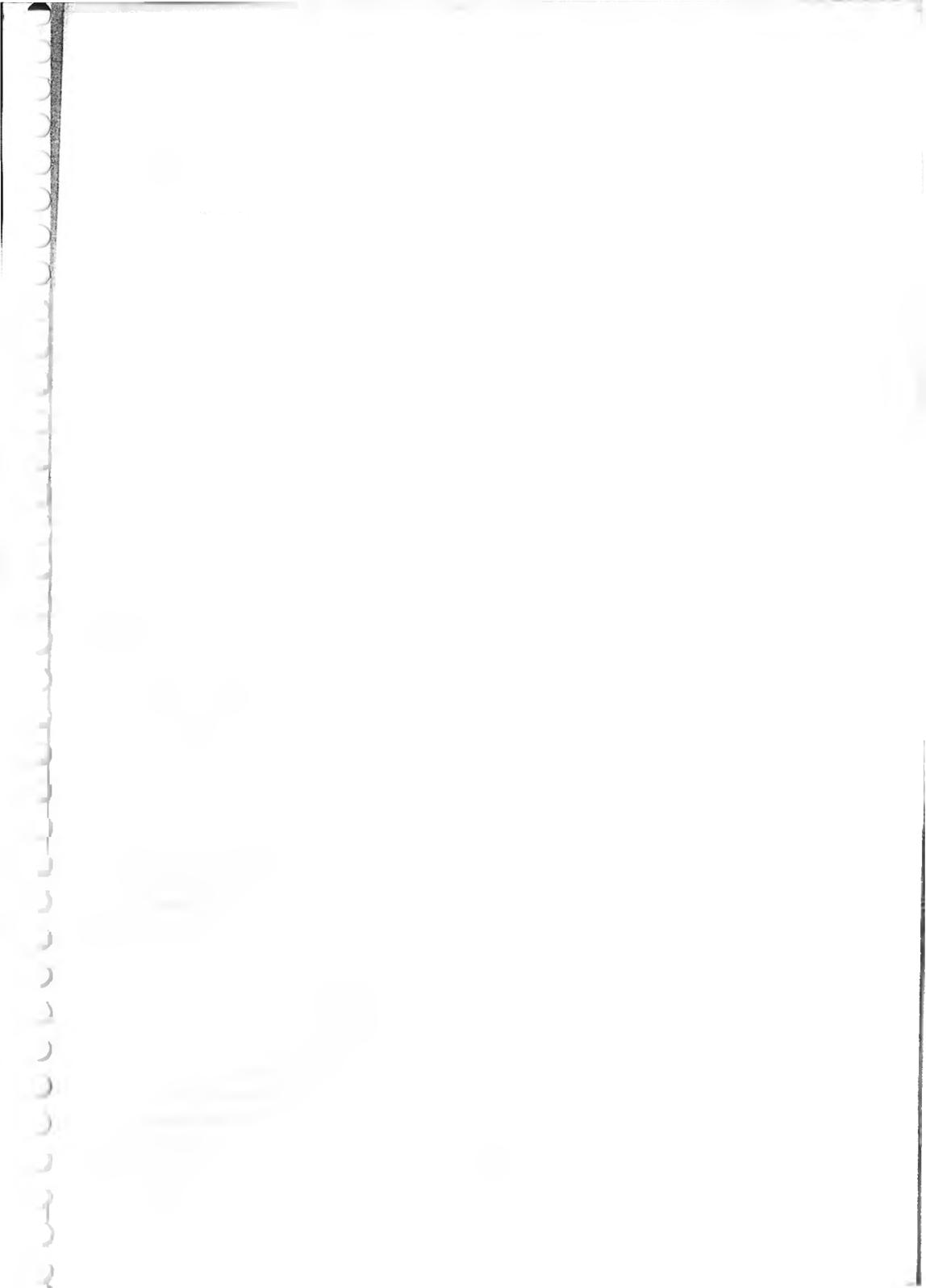
O professor precisa administrar os materiais, provendo os grupos de tudo aquilo de que necessitam, zelar pela segurança de seus alunos e ajudá-los a superar dificuldades.

Ele deve perguntar, estimular, propor desafios, encorajar a exploração de ideias, permitindo que todos tenham oportunidade de expor suas ideias e transmitir informações novas.

Finalmente, se o professor é capaz de reconhecer que a ação do aluno não é isolada, mas está apoiada na ação dele, deve ser capaz de utilizar os resultados obtidos pelos alunos a fim de avaliar o próprio trabalho. Se a aprendizagem dos alunos não for satisfatória, é preciso que o professor reflita crítica e honestamente sobre aquilo que fez ou deixou de fazer e planeje mudanças no seu modo de agir.

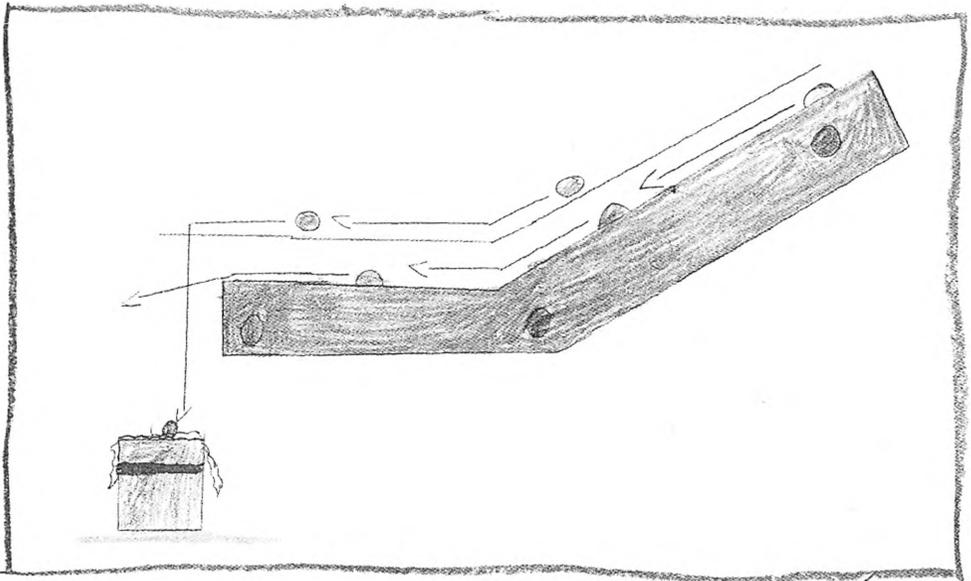
Segunda parte

O que nos diz  
a sala de aula



# 4

## As etapas de uma aula sobre conhecimento físico



Como discutimos anteriormente, durante as atividades de conhecimento físico os alunos passam pelas etapas de ação e reflexão. Ainda que elas se superponham, é importante que o professor compreenda a função de cada uma. Por isso, vamos analisá-las na seqüência em que ocorrem durante as aulas:

- o professor propõe o problema;
- agindo sobre os objetos para ver como eles reagem;
- agindo sobre os objetos para obter o efeito desejado;
- tomando consciência de como foi produzido o efeito desejado;
- dando as explicações causais;
- escrevendo e desenhando;
- relacionando atividade e cotidiano.

Procuraremos evidenciar o papel do professor ao longo das atividades — afinal, sua intervenção é imprescindível para o sucesso delas. Além disso, em cada um dos exemplos daremos, num quadro, a solução do problema e sua explicação física — que são para o conhecimento do professor —, tentando nos aproximar ao máximo da possível explicação do aluno.

O professor divide a turma em grupos de quatro ou cinco alunos, que irão se reunir em torno de algumas carteiras, sobre as quais será colocado o material experimental. Em geral, os alunos não necessitam de cadeiras, pois se movimentam muito para manipular o material. É importante que os grupos sejam pequenos para facilitar o diálogo entre as crianças e permitir que elas tenham mais oportunidades de manipular o material.

O professor propõe o problema aos alunos e então distribui o material — parte dele pode ser distribuído antes da proposição do problema, mas alguns elementos, como bolinhas ou espelhos, costumam desviar a atenção dos alunos, que podem, por esse motivo, não compreender o problema que terão de resolver.

A solução do problema — é importante salientar — não deve ser comunicada aos alunos, pois é importante que eles próprios cheguem a ela. De fato, os alunos não precisam da solução pronta; eles a obtêm. Também não precisam chegar à explicação física aceita atualmente, embora ela deva estar no sentido do conhecimento científico.

• *O professor propõe o problema*

- *Agindo sobre os objetos para ver como eles reagem*

Os alunos se debruçam sobre o material experimental e o professor começa a passar pelos grupos, verificando se o problema proposto foi compreendido.

É importante que o professor verifique se todos os alunos estão tendo oportunidade de manipular o material. Em algumas ocasiões, sobretudo nos grupos de meninos e meninas, algumas crianças podem não dividir o material experimental com as demais. O professor não deve hesitar em separar possíveis brigas pela posse do material. A atitude entre os alunos deve ser de colaboração e nenhuma criança pode ser a "dona da experiência"; afinal, o conteúdo físico não é o único que desejamos ensinar com as atividades.

- *Agindo sobre os objetos para obter o efeito desejado*

Num segundo momento, quando já estiverem familiarizados com o material, os alunos passarão, efetivamente, a agir para obter o efeito que corresponde à solução do problema. O professor deve então passar pelos grupos pedindo-lhes que mostrem e contem o que estão fazendo. Com isso, além de certificar-se de que os alunos entenderam e conseguiram resolver o problema, cria condições para que refaçam mentalmente suas ações e as verbalizem.

Note que não se trata de resolver o problema pelas crianças: se ele for adequado, as crianças chegarão a uma solução. É apenas uma questão de tempo.

- *Tomando consciência de como foi produzido o efeito desejado*

Depois de os alunos terem encontrado a solução do problema, o professor deve organizar uma discussão com todos eles. O material deve ser recolhido a fim de que a atenção se volte para a discussão das questões e para que fique bem evidente a separação entre as duas partes da aula — agora é hora de pensar e falar sobre a atividade. Os alunos então reúnem-se em semicírculo (em geral, afastam-se as carteiras, deixando apenas as cadeiras para que as crianças se sentem; outra opção é todos sentarem-se no chão).

Ainda que esse procedimento aparente causar certo transtorno, leva apenas alguns minutos. Além disso, colocar os alunos em roda é uma maneira interessante de fazê-los prestar atenção em quem está falando, pois a discussão deve acontecer no grupo formado por toda a turma e não apenas entre um aluno e o professor. Quando os grupos são mantidos, costuma surgir,

em cada um, um “porta-voz”, o que tira a oportunidade de todos contarem o que fizeram. Além disso, quando o professor se dirige a um dos grupos, os alunos dos demais geralmente se dispersam, o que não deve acontecer, pois é importante que cada criança escute as colocações dos colegas, que podem contribuir para a organização de suas próprias idéias.

Para começar a discussão, **o professor pede aos alunos que contem como fizeram para resolver o problema.** Em geral, as crianças não se contentam com as descrições feitas pelos colegas. Elas têm, cada uma, necessidade de contar o que fizeram, ainda que repetindo o que já foi dito. O professor deve estar atento a essa necessidade. Ouvir com entusiasmo todos os relatos não é apenas um compromisso com aspectos socioafetivos relacionados com a aprendizagem, mas uma necessidade para que as crianças dêem, na etapa seguinte, as explicações causais. Se essa etapa não for respeitada, na posterior serão apresentadas, novamente, apenas descrições.

Nesta etapa, a pergunta característica do professor é “Por quê?”. Quando o professor faz essa pergunta, nem sempre obtém, de imediato, uma explicação. Muitas vezes, o aluno começa a descrever o que fez. O professor deve ouvi-lo pacientemente e, em seguida, refazer a pergunta para que ele possa avançar em seu conhecimento. É importante lembrar que não se deve esperar que, em todas as classes, as crianças dêem exatamente as mesmas explicações. Em cada contexto, formas diferentes de explicações podem surgir.

**Observação:** quanto às falas do professor, ainda que as etapas de tomada de consciência e das explicações causais sejam caracterizadas pelas perguntas “Como você fizeram para...?” e “Por que...?”, o professor pode e deve fazê-las de outras maneiras. Assim, por exemplo, ele pode dizer “Conte como você fez” ou “Explique por que deu certo”.

O professor solicita aos alunos que escrevam e/ou façam um desenho sobre a experiência. Pode sugerir-lhes que contem o que fizeram e que expliquem por quê.

- *Dando as explicações causais*

- *Escrevendo e desenhando*

Devem ser evitados relatórios-padrão, nos quais os alunos inicialmente enumeram o material, depois relatam o procedimento e, em seguida, escrevem uma conclusão. O professor não deve nem sequer escrever na lousa perguntas ou pontos sobre os quais os alunos devem se apoiar em seu relato. Nossa experiência mostrou que, quando o professor escreve perguntas na lousa, a tendência dos alunos é respondê-las "secamente", como se fosse um questionário.

Quando os alunos estão livres para escrever, fazem-no de maneira bastante criativa e chegam a surpreender seus professores. No entanto, o professor não deve esperar que relatem tudo o que aconteceu, pois eles se detêm nos aspectos que mais chamaram a sua atenção. Como esta é a última etapa da aula, não é o momento adequado para fazer as crianças se deterem em outros aspectos.

*Apud LAHORE ALBERTO, ▸  
1934.*

Salientamos que os trabalhos das crianças não devem servir para que os professores atribua notas. Nesta etapa, os alunos estarão reelaborando as idéias discutidas durante a experiência, já que, como afirmou Vigotsky, "o pensamento não apenas se expressa na palavra, através dela o pensamento se aperfeiçoa".

Por outro lado, além de mais um passo na construção dos conceitos, variáveis e relações, com os relatos o professor pode obter um retorno de sua aula e da compreensão dos alunos, sempre considerando que eles podem não dar explicações completas ou mesmo não dar qualquer explicação, sem que isso signifique que não tenham compreendido. Notamos grande variedade de tipos e estilos na produção dos relatos. Alguns são bastante completos, combinando textos e desenhos; outros apresentam somente textos, curtos ou não, ou ainda só desenhos.

Observamos também que o material produzido pelas crianças costuma ser bastante rico no que diz respeito ao trabalho com a Língua Portuguesa. Muitos dos professores que testaram nossas atividades declararam que seus alunos escreviam mais e melhor nas aulas de Ciências do que nas demais.

É importante salientar ainda que os desenhos ou redações não devem ser feitos em casa, mas em sala, enquanto os alunos estão motivados pelo experimento recém-realizado e pela discussão e têm, por isso, muitas coisas para contar.

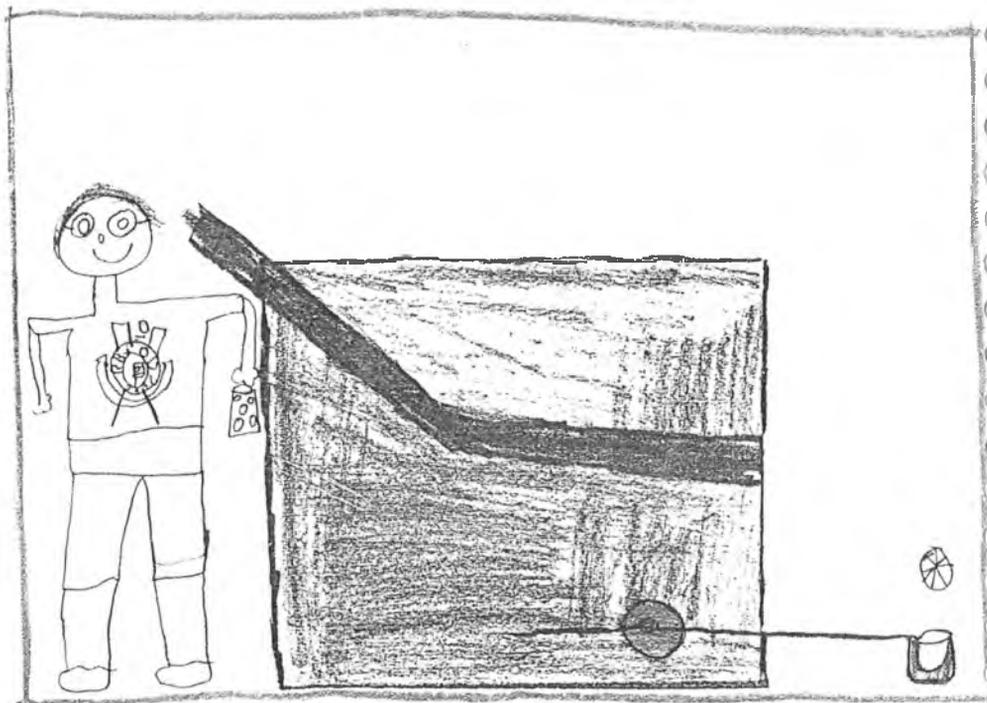
Como já explicamos na Primeira Parte deste livro, nossas atividades experimentais pretendem ultrapassar a simples manipulação dos materiais. Temos como objetivo levar o aluno a compreender o fenômeno que ele teve a oportunidade de vivenciar e a criar novos significados para explicar o mundo ao seu redor.

O professor pode aproveitar as atividades de conhecimento físico para tratar de situações familiares para os alunos, estimulando-os a pensar sobre seu mundo físico e a relacionar as idéias desenvolvidas em sala de aula com seu cotidiano. O professor deve estimulá-los a dar o maior número possível de exemplos, valorizando a diversidade de experiências que cada um traz para a sala de aula.

Neste item, vamos citar algumas das situações relacionadas com o cotidiano de nossos alunos que podem ser aproveitadas pelo professor em sala de aula para desencadear discussões entre eles.

# 5

## Quinze atividades de conhecimento físico



A seguir, para que o professor se familiarize com as características das atividades de conhecimento físico, com as etapas de ação e reflexão dos alunos, mediadas por sua intervenção, serão apresentadas atividades testadas em classes do primeiro ciclo de escolas públicas das redes estadual e municipal na cidade de São Paulo. Seguindo a seqüência de aula analisada no capítulo anterior, apresentaremos ações e falas das crianças, transcritas de gravações em vídeo de algumas dessas aulas, e os relatos produzidos por elas no final das atividades.

As atividades estão divididas em seis grupos:

- Ar
- Água
- Luz e sombras
- Equilíbrio
- Movimento
- Conservação da energia

Procuramos descrever as ações do professor do modo mais detalhado possível. Ainda que, para alguns, esse procedimento pareça repetitivo, insistimos que o professor é **fundamental** para que as atividades sejam bem-sucedidas e, portanto, optamos por pecar pelo excesso. Além disso, procuramos escrever esta Segunda Parte do livro de forma tal que o professor não tenha de lê-lo linearmente, podendo escolher as atividades na seqüência que lhe pareça mais adequada.

As fotos que ilustram cada atividade foram feitas com material que organizamos, junto com a Laborciência Tecnologia Educacional, especialmente para este programa de experiências de conhecimento físico. Caso o professor não tenha possibilidade de contar com esse conjunto de peças específico, poderá facilmente fazer adaptações, para o que fornecemos também algumas sugestões.

Como foi dito no capítulo anterior, o ideal é que os grupos tenham de quatro a cinco alunos.



## AR

O ar é um assunto presente nos itens dos conteúdos programáticos da maioria dos livros didáticos escritos para o ensino fundamental. Por isso, elaboramos duas

atividades que tratam dos diferentes aspectos desse tema: o ar como causa de movimento, a existência do ar e o espaço ocupado por ele.

## Atividade 1

### *O problema dos carrinhos*

PIAGET, 1934. ▷ Segundo estudos de Piaget, as crianças constroem com certa facilidade a idéia de ar em movimento, ou seja, do vento. Para ampliar essa compreensão que as crianças já trazem, elaboramos "O problema dos carrinhos", que explora a situação em que o ar em movimento — que elas reconhecem facilmente — **produz** movimento num objeto. Trata-se de um carrinho de plástico com uma bexiga acoplada; quando a bexiga está cheia, se permitirmos que o ar saia, o carrinho se movimenta.

*Fazemos referência, no texto, a "bexigas". Trata-se de balões de ar coloridos, comuns em festas de aniversário. Como as atividades foram elaboradas e testadas em São Paulo, é natural a presença de termos característicos desse contexto, que foram mantidos.*

Nesse fenômeno, muitos aspectos do movimento podem ser observados pelas crianças: a relação entre quantidade de ar na bexiga, a velocidade e a distância percorrida; a relação entre o sentido do ar que produz o movimento e o sentido do movimento do carrinho. Além disso, como é proposta uma corrida de carrinhos, as crianças têm necessidade de se envolver com sistemas referenciais de tempo e de espaço, pois os carrinhos precisam percorrer um mesmo percurso, partindo da mesma linha de largada ao mesmo tempo.

Essas relações serão vistas, mais tarde, nos cursos de Física do segundo grau, quando serão tratadas de forma mais sistematizada; ainda assim, é importante que as crianças tenham oportunidade de construir, desde o ensino fundamental, as primeiras relações do conhecimento científico.

### O material

Devem ser distribuídos para cada grupo:

- dois carrinhos de plástico com bexigas acopladas;
- bocais individuais para cada aluno.

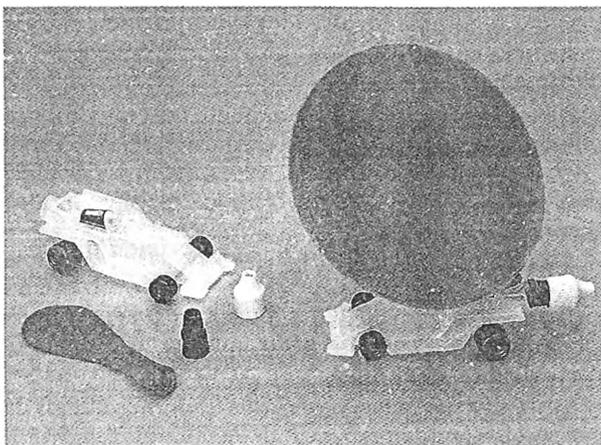
Cada grupo utiliza apenas um carrinho; mas, como eles costumam apresentar defeitos, é preferível que as crianças recebam dois, para que escolham o melhor.

Também é sempre bom o professor dispor de bexigas extras para reposição.

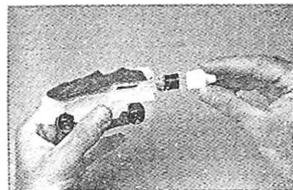
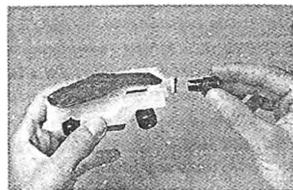
O bocal removível permite aos alunos encher as bexigas sem colocar a boca em contato direto com elas, evitando a transmissão de possíveis doenças. Quando girado, o bocal impede que o ar entre na bexiga ou saia dela, o que facilita o manuseio dos carrinhos, dando tempo aos alunos para colocá-los na posição desejada. Após a retirada do bocal, começa a saída do ar.

Na impossibilidade de usar bocais desse tipo, pode-se fazer uma adaptação com pedaços de mangueira, ajustados à saída do ar. Cada aluno usa seu pedaço de mangueira para encher a bexiga e controla a saída do ar com o dedo.

Fotos: Laurenti Fochetto



*Carrinho, bexiga, dispositivo para prender a bexiga e bocal. Ao lado, o carrinho montado, com a bexiga inflada.*



*No detalhe, encaixe do dispositivo que prende a bexiga e encaixe do bocal (segunda foto).*

## O problema

O professor propõe o problema para a classe:

— Eu vou entregar dois carrinhos para cada grupo e, no grupo, vocês vão ver como esses carrinhos funcionam. E vão fazer uma espécie de treino para ver qual dos dois carrinhos é o melhor para uma corrida. Depois, nós vamos fazer uma competição entre os grupos.

### **A solução**

*Para vencer, o carrinho precisa se deslocar de preferência em linha reta, pois assim a distância fica menor. Além disso, deve ser colocada uma quantidade ideal de ar na bexiga: nem pouco, senão o carrinho anda menos do que o percurso da corrida e, portanto, pára antes da linha de chegada, nem muito, o que pode fazê-lo perder a estabilidade e virar ou sofrer desvio em sua trajetória quando a bexiga pender em determinada direção.*

*É importante salientar que essa solução não deve ser comunicada aos alunos, pois é importante que eles mesmos a encontrem. Não se preocupe, os alunos não precisam da solução pronta: eles a obterão.*

### **A explicação física**

*A expulsão do ar da bexiga faz o carrinho se movimentar, pois, ao sair, o ar empurra o carrinho. Assim, o sentido do movimento*

*do carrinho se opõe ao da saída do ar da bexiga, ou seja, o ar sai para um lado e o carrinho anda para o outro.*

*Como o ar que sai da bexiga é responsável pelo movimento do carrinho, a distância que ele percorre está condicionada à quantidade de ar. Para que o carrinho percorra determinada distância (no caso, o percurso da corrida), é preciso que haja, na bexiga, uma quantidade mínima de ar, porque a distância percorrida pelo carrinho está também condicionada ao atrito de suas rodinhas com o chão. Quando todo o ar da bexiga acaba, não é mais exercida força que provoque movimento no carrinho, mas o atrito com o chão, que existe durante todo o tempo, continua existindo, freando-o. Os alunos não precisam chegar exatamente a essa explicação, embora as que proponham devam estar no sentido do conhecimento científico. Vamos incluir, na seção "Dando as explicações causais", algumas explicações típicas dos estudantes.*

## **Agindo sobre os objetos para ver como eles reagem**

*As situações, as falas e os relatos apresentados a seguir referem-se a aula realizada numa classe de segunda série.*

Depois que o professor propõe o problema e distribui os carrinhos, as crianças começam a se movimentar imediatamente. Agem sobre os carrinhos para ver como funcionam: empurram-nos com a mão, aprendem a usar o bocal, variam a quantidade de ar na bexiga (de fato, o carrinho pode ter maior ou menor velocidade em função de muitas variáveis, e uma delas é a quantidade de ar na bexiga).

Um menino assopra o bocal, que está fechado; a bexiga continua murcha.

Outro menino enche a bexiga e fecha o bocal. Coloca o carrinho no chão e dá-lhe um empurrão com a mão.

Uma menina estoura a bexiga.

O professor passa pelos grupos verificando se o problema proposto foi compreendido. Ele pode perguntar:

— Vocês entenderam o que é para fazer?

Ou ainda:

— Contem pra mim o problema que vocês têm para resolver.

Além disso, é importante que o professor verifique se todos os alunos estão tendo oportunidade de manipular o material.

### Agindo sobre os objetos para obter o efeito desejado

O professor passa pelos grupos pedindo aos alunos que mostrem e contem o que estão fazendo. Com isso, além de certificar-se de que eles entenderam e conseguiram resolver o problema, cria condições para que refaçam mentalmente suas ações e as verbalizem.

**Atenção:** dê tempo para que todas as crianças resolvam o problema, não o faça por elas.

Um menino enche a bexiga. Coloca o carrinho no chão e o firma com cuidado. O carrinho sai reto:

— Este é melhor — diz.

O problema foi resolvido. Logo todas as crianças já sabem controlar o movimento dos carrinhos e já escolheram a que utilizarão na competição.

### A COMPETIÇÃO

O professor explica como vai ser a competição:

— Agora nós vamos organizar a competição. Vamos chamar, por exemplo, um aluno do grupo 1 para disputar com um do grupo 2. O vencedor disputa com um do grupo 3 e assim por diante. Então, o que nós temos que fazer para organizar a competição? — pergunta.

Os alunos vão dando palpites:

— É preciso soltar os carrinhos ao mesmo tempo.

— Fazer uma linha.

— Não, duas linhas. Uma no meio, outra lá.

Podemos perceber que as crianças organizam um sistema de referência espacial e temporal: os carrinhos precisam largar na mesma linha e ao mesmo tempo. Essas noções são **fundamentais** para o ensino posterior de Física.

É interessante observar que a distância entre as linhas de partida e de chegada foi discutida com base nas observações do movimento do carrinho que as crianças haviam feito durante o treino.

O professor, com um giz, desenha as linhas no chão. As crianças colaboram:

— Lá.

— Não, mais para cá, senão ele [o carrinho] não consegue chegar.

O professor chama os grupos 1 e 2 para dar início à competição.

— Um... dois... três... já! — gritam os alunos em coro.

Ganha o grupo 2, cujo carrinho vai reto e com a bexiga menos cheia que a do carrinho do grupo 1. Há uma grande torcida na classe. As crianças pulam e gritam.

Os pilotos dos grupos 2 e 3 preparam-se para a disputa, colocando-se na posição de largada. O grupo 2 tem problemas com o bocal. Os alunos discutem:

— Enche mais a bexiga!

— Não, senão ela fura.

O carrinho do grupo 3 derrapa, mas tudo acaba empatado. O grupo 3 troca o piloto. Os pilotos preparam-se para repetir a disputa.

### **Tomando consciência de como foi produzido o efeito desejado**

Após a competição, o professor recolhe o material e organiza a classe para que haja uma discussão geral. Os alunos se sentam em roda.

A pergunta que caracteriza essa fase é: "Como vocês fizeram para...?". Por exemplo:

— Como vocês fizeram para o carrinho andar bem depressa?

— A gente enchemos ele. Depois a gente soltamos.

— Aí ele andou? — continua o professor.

— Para ele poder andar, nós enchemos a bexiga e soltamos o...?

— Aquele bocal? — estimula o professor.

Os alunos contam a experiência:

— A gente encheu a bexiga, depois a gente pôs ele no chão ... A gente competiu com outro carro... A gente puxou o bocal e ele começou a andar.

— Nós, a gente pegou, né, soprou no bocal, daí encheu a bexiga... Daí, a gente tirou o bocal e ele foi embora.

— Eu enchi pelo bocal, daí eu vi que a bexiga já tava cheia. Coloquei ele no chão e, daí, ele ficou parado e a bexiga cheia, e na hora que eu virei o bocal ele saiu correndo.

— Quando você colocava ele no chão, sem virar o bocal, não andava? — pergunta o professor.

— Não.

— O que era preciso para o carrinho começar a andar?

— Sair o ar da bexiga.

— Virar o bocal — complementa outro aluno.

— Mas para o carrinho andar bem...? — continua intervindo o professor.

— Tem que virar o bocal.

— Eu não enchi muito porque senão o carrinho virava na hora da corrida.

— Por que eu tenho que virar aquele bocal? — o professor estimula o raciocínio das crianças sobre o que fizeram e imediatamente tem o retorno:

— Porque senão não solta o ar da bexiga para trás, daí... é com isso que faz o carro andar.

— O ar. Ele sai com força... e ele vai empurrando o carrinho.

— Você concorda?

— Eu acho que o carrinho anda porque, quando a gente gira o bocal — gesticula, indicando com a mão o sentido do movimento que ela descreve verbalmente —, aquele ar, o impacto que ele vai para trás faz o carrinho ir para frente.

— Você tem que encher a bexiga, não muito, senão ela fica muito pesada e o carrinho pode virar, daí você fecha o bocal. Pra ele andar, você vira o bocal e, se a bexiga tiver muito cheia, ele pode virar.

Nesta atividade, as etapas da tomada de consciência e das explicações causais praticamente se sobrepõem. Com o desenrolar da discussão, as respostas dos alunos tornam-se mais complexas. Note que, além de afirmarem que o movimento do carrinho se deve à saída do ar da bexiga, mencionam, corretamente, que seu sentido é oposto a ela. Também atribuem peso ao ar e relacionam-no com o equilíbrio do carrinho.

É importante salientar que as crianças não se contentam com as descrições feitas pelos colegas. Elas têm, cada uma, necessidade de contar o que fizeram, ainda que repetindo o que já foi dito. O professor deve estar atento a essa necessidade. Ouvir com entusiasmo todos os relatos não é apenas um compromisso com aspectos socioafetivos relacionados com a aprendizagem, mas uma necessidade para que as crianças dêem, na etapa seguinte, as explicações causais. Se essa etapa não for respeitada, na posterior serão apresentadas, novamente, apenas descrições.

### Dando as explicações causais

A pergunta característica desta fase é “Por quê?”. No entanto, nem sempre se obtém, de imediato, uma explicação. Muitas vezes, o aluno começa sua fala contando o que fez. O professor deve ouvi-lo pacientemente e, em seguida, refazer a pergunta.

Observe um diálogo característico dessa fase:

— Durante o treino vocês tiveram que olhar um monte de coisas para o carrinho ir bem depressa e ganhar a corrida. O que vocês olharam? Como vocês escolheram o carrinho?

— Enchemos um e enchemos o outro e soltamos os dois para ver qual que corria mais — responde um dos alunos.

— O azul corria mais — complementa um menino do mesmo grupo.

— Por quê? — o professor faz a pergunta-chave.

— Porque ele tinha a roda mais... assim... — tem dificuldade em encontrar uma palavra — solta.

— É só isso, ou tinha mais coisas que faziam o azul ir mais depressa? — questiona ainda o professor, explorando todos os aspectos do problema, mas sem dar soluções para os alunos.

— A bexiga do azul era mais larga. A gente podia encher quanto que queria. Mas a gente não encheu muito, senão ela ia pro lado, ia balançar, não ia correr muito.

— Se enchesse muito não corria?

— Corria, mas ia pro lado, não ia reto.

— Então como é que vocês enchiam a bexiga para o carrinho ir mais depressa?

- Mais ou menos.
- Você trabalhou com quais carrinhos?
- O verde e o amarelo.
- Qual dos dois era o melhor?
- O verde.

Outra menina do mesmo grupo:

- Era o amarelo.
- Era o amarelo? Ela se enganou? — o professor se dirige à classe.
- É, era o amarelo — respondem todos.
- O que você fez para ele ir depressa na hora da competição?
- Eu não enchi muito a bexiga.
- Por quê?
- A bexiga fica pesada com o ar. Aí ela cai do lado, cai do outro, o carrinho pode virar.
- Também, o carrinho não ia reto. Dava volta! — complementa outro aluno.

Como as crianças realmente investigaram o problema, além de apontarem as relações entre o ar que sai da bexiga e o movimento do carrinho, acabam estabelecendo comparações que não estavam previstas, como diferenças entre os carrinhos ou a relação entre a quantidade de ar na bexiga e o equilíbrio do carrinho durante seu deslocamento.

Nesta descrição da sala de aula, percebe-se que a professora varia suas perguntas, embora esteja sempre questionando os alunos sobre **como** procederam e **por que** obtiveram determinado resultado. Essa variação faz as crianças falarem mais, sem que o processo se torne cansativo. Além disso, a professora insiste com cada aluno que fala, buscando saber, exatamente, seu modo de pensar o problema. Com isso, as crianças completam e explicitam melhor suas idéias.

Para que o professor possa agir dessa forma sem “se perder” e, além disso, sem deixar de contemplar as duas etapas — de descrição e de explicação —, é preciso que tenha clareza quanto ao que pretende discutir. Em muitos fenômenos físicos — e o movimento dos carrinhos é um desses casos —, diversas variáveis interferem. Por isso, esta é uma atividade aberta; contudo, procuramos exemplificar o modo como as crianças discutem os aspectos essenciais a serem explorados. São eles: o sentido do ar que sai da bexiga e o sentido do movimento do carrinho, a

quantidade de ar, a velocidade do carrinho e a distância percorrida por ele, bem como a questão dos sistemas de referência.

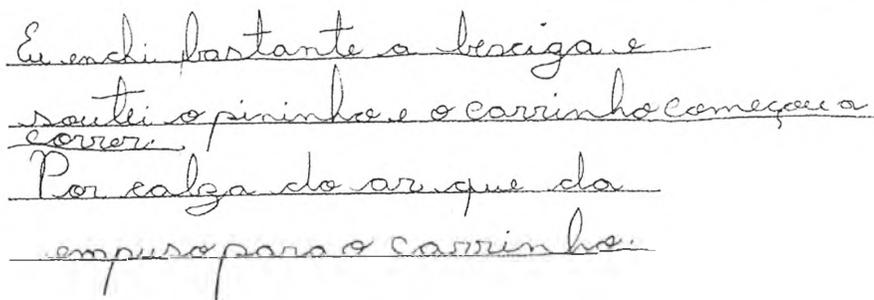
É importante que não sejam esperadas, em todas as classes, exatamente as mesmas explicações das crianças. As idéias que apresentamos foram transcritas de uma situação particular de ensino. Portanto, trata-se de exemplos. Assim, em outros contextos, diferentes explicações podem surgir.

## Escrevendo e desenhando

De todos os relatos realizados pelos alunos, destacamos três. O primeiro deles é bastante sucinto, o segundo é mais extenso e o terceiro, composto por um texto ainda menor que o primeiro, é complementado por um desenho do qual se podem extrair mais informações sobre o que a criança considerou importante durante a atividade. Vamos analisá-los um a um.

### RELATO 1

Ao lermos este relato, poderemos verificar que, apesar da ortografia ainda incorreta, o aluno explicitou claramente suas ações durante a realização da experiência, mostrando que seu procedimento provocou o movimento do carrinho porque o ar foi liberado da bexiga. Identificou perfeitamente que sua ação de soltar o pino que retinha o ar na bexiga era fundamental para que o ar, assim liberado, causasse o movimento do carrinho.



Eu enchi bastante a bexiga e  
solttei o pininho e o carrinho começou a  
correr.  
Por causa do ar que da  
empurou para o carrinho.

Relato 1.

Já foi afirmado que não se deve esperar que as crianças relatem **tudo** o que ocorreu durante a atividade, da mesma forma que **não se deve esperar** que os relatos sejam semelhantes em extensão e clareza, uma vez que cada aluno destacará, de acordo com seus interesses, determinado aspecto da atividade desenvolvida. Nesta etapa, deve-se valorizar a expressão de suas idéias.

## RELATO 2

Este relato, além de ser mais extenso que o primeiro, apresenta um texto ortograficamente mais correto e elaborado. Porém, o enfoque dado pelo aluno — o que mais lhe chamou a atenção — foi a “preparação” de seu carro para a competição.

O alinhamento das rodas e a busca pela quantidade de ar ideal para vencer a disputa foram seu objetivo durante a atividade proposta. O aluno identificou a existência de uma relação entre a quantidade de ar na bexiga e o movimento do carrinho que contribuía de alguma maneira para o bom funcionamento de seu carro.

Seu espírito de competição e sua decepção por ter sido derrotado pela “imperícia” de seu companheiro de grupo estão claramente colocados no último período de seu texto.

O que é preciso fazer para o carrinho andar depressa e ganhar a corrida?

Primeiro nós precisamos fazer que as rodas fiquem bem retas, depois enchemos a bexiga, nem muito pouco e nem encher muito, porque se enchemos muito o carro começa a girar e não anda reto e se enchemos pouco o carro não anda, na hora da corrida nós ganhámos 2 vezes mas na última que nós competimos o Thiago encheu muito e o carro saiu fora para que nós perdêssemos mas ele era um bom carro.

### RELATO 3

Neste relato, apesar de sucinto, podemos perceber que o aluno fez várias tentativas até encontrar a quantidade de ar que deveria ser insuflada na bexiga para que seu carrinho tivesse melhor desempenho. Além disso, identificou outra propriedade do ar e a declarou na parte escrita — o ar tem peso.

As informações, porém, não se restringem à parte escrita. É necessário ler o desenho que complementa o texto, no qual se vê o carrinho em movimento, com o ar escapando por sua traseira enquanto a bexiga murcha. Podemos afirmar que esse desenho complementa o texto no que se refere à causa do movimento. O carrinho anda porque o ar escapa; logo, mesmo não tendo indicado de maneira explícita, no texto, a causa do movimento, a criança o fez em seu desenho.



Relato 3.

### Relacionando atividade e cotidiano

Peça aos alunos exemplos de situações relacionadas com a atividade que acabaram de realizar. Não estranhe se eles citarem fenômenos bastante diferentes. Alguns prestam mais atenção na aerodinâmica do car-

ro e podem discutir o fato de um carro correr mais se o atrito diminuir. Podem também discutir as diferenças entre os carros da Fórmula 1 e os tradicionais. Outros prestam mais atenção no equilíbrio e discutem as condições que permitem ao carro andar em linha reta ou fazer curvas. Outros ainda podem relacionar o que aprenderam sobre saída do ar/movimento do carrinho e dar vários exemplos de fenômeno semelhante, como o lançamento de foguetes. Todos os exemplos são válidos, pois mostram a riqueza e a complexidade do problema estudado.

O importante é que o professor coordene as discussões para que os alunos relacionem situações de seu cotidiano com o problema resolvido na atividade.

## Atividade 2

### *O problema do copo*

Esta atividade tem como objetivo discutir a existência do ar e do espaço ocupado por ele. A existência do ar é um tópico das pesquisas psicogenéticas, segundo as quais é muito difícil para as crianças desvincularem a idéia de ar de vento ou sopro, isto é, muitas crianças concebem a existência do ar exclusivamente quando ele se encontra em movimento. Contrariando tal hipótese, o ar aparece nesta atividade como matéria preenchendo um espaço que parece vazio.

“O problema do copo” é uma atividade conhecida por grande parte dos professores. Costuma ser introduzida em sala de aula para **demonstrar** às crianças que o ar existe e ocupa lugar no espaço. Entretanto, como discutimos na Primeira Parte deste livro, a aprendizagem significativa implica sempre alguma ousadia: diante de um problema proposto, o aluno precisa elaborar hipóteses e experimentá-las. Ou, em outras palavras, como “todo conhecimento é a resposta a uma questão”, modificamos a atividade demonstrativa, transformando-a num problema que os alunos têm de resolver. Essa modificação objetiva permite que **as próprias crianças** concluam que o ar existe a partir de sua propriedade de ocupar lugar no espaço.

◁ MEC, 1995.

◁ BACHELARD, 1938.

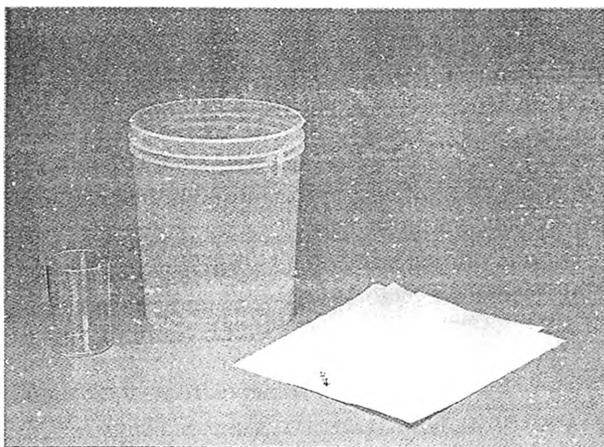
## O material

Devem ser distribuídos para cada grupo:

- um copo de plástico transparente e rígido;
- um recipiente transparente (balde, pote de cozinha, etc.) com água. Sua profundidade deve ser suficiente para que os copos fiquem totalmente submersos;
- diversas folhas de papel (sulfite ou pedaços de jornal velho).

São necessários também um cesto de lixo ou saco plástico, para que as crianças coloquem os papéis molhados de suas "tentativas", e panos ou papel toalha para secar as mesas.

O recipiente deverá ficar sobre uma mesa, numa altura que permita aos alunos manipulá-lo com facilidade.



Laureni Fochetto

*Copo plástico transparente e rígido, recipiente para água e folhas de papel.*

## O problema

O professor propõe o problema para a classe:

— Como será que a gente faz para colocar este papel dentro do copo e afundar o copo dentro da bacia com água, sem molhar o papel?

**Atenção:** ao propor este problema, é comum o professor indicar por gestos, utilizando um copo imaginário, sua possível solução. Cuidado para não resolver, sem querer, o problema para as crianças.

### **A solução**

*A folha de papel deve ser amassada e prensada no fundo do copo, de modo que, quando o copo for virado de cabeça para baixo, o papel não caia. O copo deve, então, ser mergulhado na água verticalmente e com a boca para baixo.*

### **A explicação física**

*O ar existente no interior do copo ocupa espaço e, portanto, não deixa a água atingir o papel. Caso se incline o copo ao mergulhá-lo na água, o ar sairá, a água entrará e, desse modo, o papel será molhado.*

## **Agindo sobre os objetos para ver como eles reagem**

As crianças começam a trabalhar. Uma menina dobra cuidadosamente o papel em oito partes. As colegas a imitam.

Alguns alunos amassam o papel e o colocam no copo. Outros observam; começam a fazer o mesmo.

Em seguida, ao agirem no sentido de conhecer o material de que dispõem, testam aquilo que já sabem que ocorre: mergulham o copo na água, de boca para cima, deixando que a água entre no copo, molhando o papel.

Essas ações não indicam, ainda, que o problema esteja sendo resolvido. Entretanto, essa fase é importante e deve ser propiciada.

O professor passa, então, pelos grupos, verificando se o problema proposto foi compreendido e se todos os alunos estão tendo oportunidade de manipular o material.

*As situações, as falas e os relatos apresentados a seguir referem-se a aula realizada numa classe de terceira série.*

## **Agindo sobre os objetos para obter o efeito desejado**

As crianças de um grupo amassam o papel, colocam-no no copo e apertam bem, garantindo que ele não caia quando o copo é colocado, de ponta-cabeça, na água. Assim o fazem. Retiram o copo. Retiram o papel: ele está seco.

Os alunos invertem o problema e analisam a situação em que o papel é molhado. Deixam, propositadamente, a água entrar e observam as bolhas produzidas pelo ar que sai. Fazem sinal de aprovação com a cabeça. Apontam para as bolhas, chamando a atenção

dos colegas. Esse fato, como veremos nas etapas seguintes, comprova suas conclusões a respeito do fenômeno.

Os outros grupos também vão, pouco a pouco, resolvendo o problema.

Um grupo resolveu o problema muito rápido. Já no momento em que o professor o explicava, um aluno do grupo cutucou um colega e fez, com a mão, o movimento de virar um copo imaginário com a boca para baixo e afundá-lo. Provavelmente já conhecia o problema. Assim, o grupo não explorou o material, não variou suas ações para encontrar a solução, e as crianças não se conscientizaram do fenômeno que estavam controlando. O professor verificou esse fato ao passar pelo grupo:

— Como vocês fizeram para não molhar o papel? — perguntou.

— A gente amassamos e colocamos no copo. Depois mergulhamos até o fim.

— Mergulharam como?

Um menino mostra como.

— Nesse caso não molhou o papel?

— Não.

— Vocês saberiam explicar pra mim por que o papel não molhou? — insistiu o professor.

Depois de algum silêncio, um aluno respondeu:

— A água não chega até aqui — apontou o nível do copo logo antes do papel.

— Ele falou que a água não chega até aqui — o professor apontou o fundo do copo —, mas o copo fica todo mergulhado, não fica? Então a água chega até aqui. E por que não molha o papel?

— A água não entra...

— E por que a água não entra?

Mais um momento de silêncio. Um menino recolocou, então, o copo na água:

— Olha, não tá molhando o papel.

— Tá bom, mas agora vocês vão tentar descobrir por que a água não entra e não molha o papel.

A intervenção do professor foi importante para que os alunos revissem o problema, explorassem o material e repensassem suas ações e as conseqüências delas.

É por isso que o professor passa pelos grupos pedindo que os alunos mostrem e contem aquilo que estão fazendo. Além de certificar-se de que eles entenderam

e conseguiram resolver o problema, dá aos alunos condições de refazerem mentalmente suas ações e de verbalizá-las.

### **Tomando consciência de como foi produzido o efeito desejado**

Depois de os alunos terem solucionado o problema e de o material ter sido recolhido, o professor reorganiza a classe para a discussão geral, que se inicia com uma frase do tipo: "Como vocês fizeram para...?". Por exemplo:

— Como vocês fizeram para colocar o copo com o papel dentro da água sem molhar o papel?

Todos querem responder:

— Parece que o copo tá vazio, mas tá cheio de ar. Quando você coloca o papel, o ar segura ele aqui. Aí, quando você coloca dentro da água, o ar segura o papel em cima e não deixa a água entrar.

— É que o copo tá cheio de ar e quando você coloca [na água], o ar não deixa a água entrar. Aí, a gente faz assim, ô [inclina um copo imaginário], ele sai e a água entra.

— Colocamos o papel dentro, apertamos bem, colocamos o copo dentro da água. O ar ficou preso dentro do copo, a água não dá para passar. O ar tá dentro, dá para segurar o papel e quando tira, não molha, o ar segurou o papel. Aí, se colocar ele [o copo] de lado, vai molhar por causa que o ar sai.

—[...] quando você inclina [o copo], sai um tanto de bolinha. O ar todo sai e molha o papel. Porque o ar segura, bloqueia a água.

Pelas falas apresentadas, podemos perceber que as crianças não se contentam com as descrições feitas pelos colegas. Cada uma delas tem necessidade de contar o que fez, ainda que repetindo o que já foi dito. O professor deve estar atento a essa necessidade.

### **Dando as explicações causais**

Para estimular os alunos a darem as explicações causais, o professor pergunta, por exemplo:

— Por que é que o papel não molha quando eu mergulho o copo da maneira como vocês falaram?

— A água fica segurando para o ar não sair. Quando você tira — o aluno faz o movimento de inclinar o copo —, o ar todo sai e molha o papel.

— O copo tá cheio de ar. O ar não deixa a água entrar. Quando o ar sai, a água entra.

— A água não molha o papel porque dentro tem ar preso dentro que prende o papel dentro do copo.

— Agora, por que não entra água dentro do copo? — insiste o professor.

— Porque a água não alcança o papel.

— Mas o copo não tá todo dentro d'água? — intervéem mais uma vez o professor.

— Tá todo dentro d'água, mas você coloca o copo, a água não consegue chegar porque o copo tem ar dentro.

— E se eu virar o copo?

— Daí molha, porque o ar sai e a água entra.

As crianças chegam, de fato, à explicação correta, ou seja, o papel não é molhado porque há ar no copo, o que impede a água de entrar. Entretanto, algumas delas elaboram uma explicação adicional: o ar, além de impedir a água de entrar no copo, também impede o papel de cair quando o copo é inclinado. Essa explicação adicional não é correta, isto é, o ar não segura o papel no fundo do copo, apenas impede que a água entre.

Para confrontar tal hipótese, o professor pode, por exemplo, perguntar:

— E se você amassa o papel, faz uma bolinha e coloca dentro do copo, sem prensar, e, aí, vira o copo de ponta-cabeça, o que acontece?

O que acontece é que o papel cai, justamente porque o ar não segura o papel. O que garante que ele não caia é o fato de estar bem prensado no fundo do copo.

Apesar das explicações incorretas que podem surgir, ao proporem interpretações sobre o que acreditam estar ocorrendo ou ao tentarem explicar o observado, os estudantes entram em contato com o que é, realmente, a prática científica, pois os cientistas não propõem interpretações únicas e sempre corretas para os fenômenos observados.

Em algumas classes, a partir do problema que resolveram, as crianças elaboram questões, ou mesmo novos problemas, o que indica interesse e atitude investigativa. Assim, tais situações devem ser, na medida do possível, exploradas pelo professor.

Os alunos podem, por exemplo, não generalizar a experiência que fizeram e as conclusões que dela extraíram.

— E se eu tiver um monte de água, como um balde de água? Molha o papel? — pergunta um aluno.

O professor coloca a pergunta para a classe:

— Será que com um balde cheio molha o papel?

A classe fica dividida:

— Se tiver um monte de água, o ar não consegue segurar tanta água e aí ela entra.

O professor pega o balde que havia usado para trazer a água para a sala de aula e solicita às crianças que testem sua hipótese, verificando que, mesmo num recipiente com mais água, o papel permanece seco.

Colocamos esse questionamento das crianças para mostrar que, em atividades abertas, elas podem propor novas idéias com as quais o professor não contava. Em cada classe, podemos obter explicações diferentes dos alunos. As idéias que apresentamos foram transcritas de uma situação particular de ensino. Portanto, trata-se de exemplos.

## Escrevendo e desenhando

Logo após o término da discussão com os alunos, o professor solicitou-lhes que relatassem a atividade desenvolvida. De todos os relatos, selecionamos três para ilustrar o que os alunos são capazes de produzir. Esses registros foram realizados por duas meninas e um menino da terceira série.

Todos são compostos por textos acompanhados de desenhos, porém cada um deles apresenta características bastante próprias.

### RELATO 1

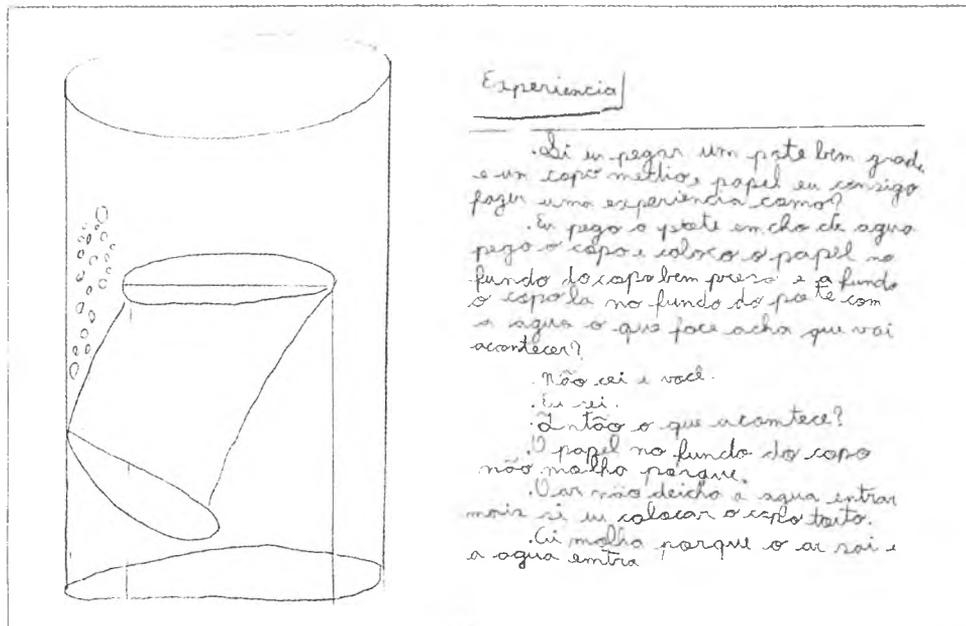
Este relato é dividido em duas partes. Na primeira, a criança reapresenta o problema proposto e pergunta o que pode acontecer. Na segunda, indica o que fez e dá uma explicação. Essa explicação ainda não é exata, está distante daquela indicada por nós, porque o ar não segura o papel; no entanto, essa aluna reconhece a existência do ar dentro do copo.



Relato 1.

Da mesma forma que o texto, seu desenho foi dividido em partes. Nele se vê a posição exata em que o copo deve ser mergulhado — perpendicular à superfície da água, com a boca para baixo.

## RELATO 2



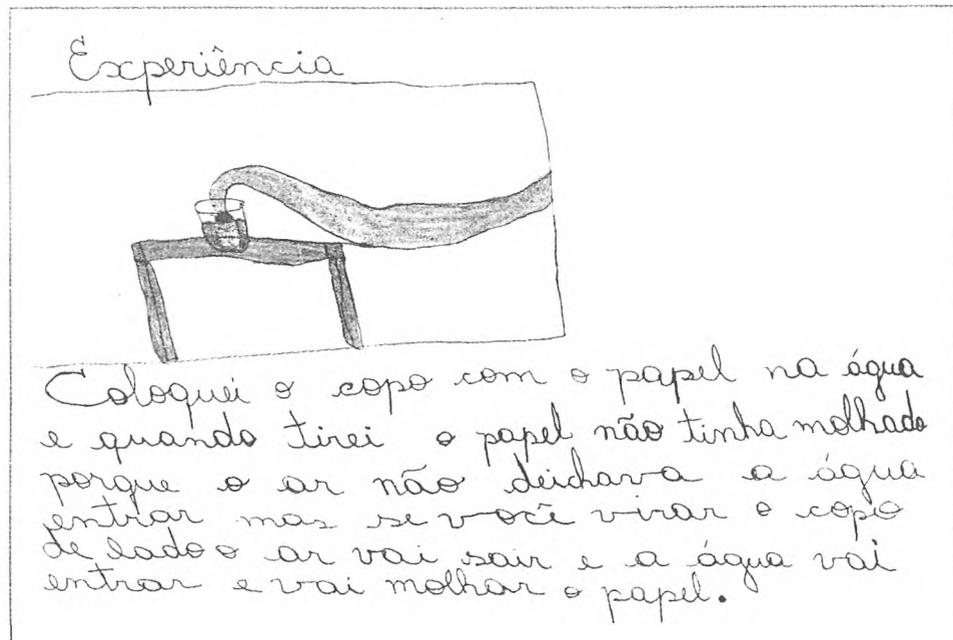
Relato 2.

O autor do relato 2 também se apropriou do enunciado para elaborar seu texto, mas apresenta outras características: é bem mais extenso que o anterior e em forma de diálogo.

A correção ortográfica neste momento não é relevante, podendo ser trabalhada em aulas subsequentes. O que se deve destacar é que esse aluno, por meio de um diálogo criado com um personagem imaginário, registrou o procedimento adotado no experimento e o porquê de o papel permanecer seco. Indicou ainda que, se durante a imersão a posição do copo for alterada, o ar nele contido sairá, possibilitando a entrada da água e, conseqüentemente, molhando o papel. Seu desenho ilustra essa última conclusão.

### RELATO 3

Este relato não demonstra a mesma criatividade dos anteriores. No entanto, o texto da criança é claro, indicando o que ela fez, o porquê de o papel ter permanecido seco e que alteração se deve fazer para que o papel molhe.



Relato 3

Os relatos apresentados ilustram que, quando solicitadas a registrar vivências que lhes foram significativas, as crianças o fazem através da elaboração de textos — que, apesar de apresentarem problemas de ortografia, podem ser bastante criativos — e também de desenhos, porque lhes é agradável expor idéias.

### Relacionando atividade e cotidiano

Peça aos alunos exemplos de situações relacionadas com a atividade que acabaram de realizar. Não estranhe se eles citarem fenômenos bastante diferentes. Alguns podem prestar mais atenção nas bolhinhas de ar que saem do copo quando ele é inclinado e se lembrar das bolhas de ar que saem da respiração de um mergulhador quando este, no fundo do mar, respira o ar armazenado no cilindro que carrega nas costas.

Outros alunos podem ter compreendido que a água não entra no copo quando ele contém ar e relacionar isso com um fato bastante comum em suas casas: a dificuldade de encher um pequeno frasco de água com o auxílio de um funil. Para colocar água no frasco é necessário levantar o funil, para que o ar do frasco saia.

É importante que o professor coordene as discussões para que os alunos relacionem situações de seu cotidiano com o problema resolvido na atividade.



A água é outro dos temas dos cursos de Ciências para as séries iniciais. Trata-se de um elemento recorrente no dia-a-dia das crianças — cerca de dois terços da superfície terrestre, 65% do corpo humano, propiciadora da vida na Terra. Apresenta ainda propriedades intrigantes tanto para as crianças como para os adultos, como a flutuação dos navios. Elaboramos atividades que buscam discutir algumas dessas propriedades: além da flutuação dos corpos, a pressão de uma coluna de água.

### Atividade 3

#### *O problema do submarino*

Segundo Piaget e Inhelder, ao classificar objetos em flutuantes e não flutuantes, as crianças não buscam, num primeiro momento, explicação única e não contraditória para essa seleção. A tendência subsequente é caracterizada por seu esforço em afastar a contradição de que alguns objetos grandes podem flutuar e alguns objetos pequenos podem afundar, enquanto, em sua concepção, objetos leves flutuam e objetos pesados afundam. Somente quando a noção de conservação do volume estiver bem constituída para a criança ela poderá explicar de maneira não contraditória suas classificações.

◁ PIAGET & INHELDER, 1976.

Em nossa atividade, tendo em vista a complexidade das relações envolvidas no conceito de flutuação, uma das variáveis relevantes — o volume — é controlada de antemão: o volume do submarino utilizado na experiência é fixo. Com isso, criamos uma situação em que é possível para as crianças dar uma explicação causal para o fenômeno.

É interessante observar que a atividade do submarino é bastante encontrada nos livros de Ciências para o ensino fundamental. Entretanto, em geral, a atividade que o professor sugere aos alunos restringe-se à sua construção. No nosso caso, o submarino é apenas um instrumento através do qual o aluno investiga o fenômeno físico da flutuação.

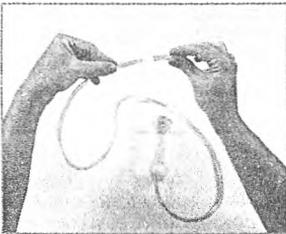
## O material

Devem ser distribuídos para cada grupo:

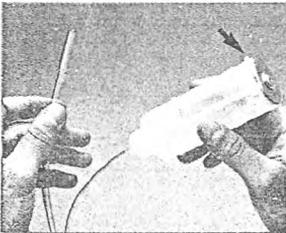
- um submarino, que pode ser construído com um pequeno frasco plástico. Deve ter dois orifícios: um para entrada e saída do ar, através de uma pequena mangueira, e outro para entrada e saída da água;
- um bocal de plástico para cada aluno. Ele deve ser acoplado na extremidade da mangueira em que o aluno vai assoprar, como medida de higiene;
- um recipiente (balde, pote de cozinha, etc.), de preferência transparente, com água. A profundidade deve ser suficiente para mergulhar completamente o submarino.

Como em todas as atividades nas quais os alunos manipulam água, são necessários panos ou papel toalha para secar o local.

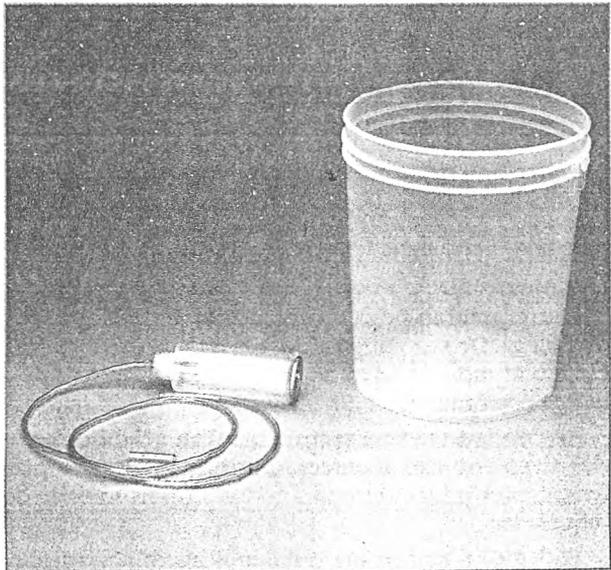
O recipiente com água deverá ficar sobre uma mesa, numa altura adequada para as crianças desenvolverem a atividade, que envolve a manipulação do submarino dentro da água.



Agostinho de Paula



Laurent Focchetto



Laurent Focchetto

Frasco plástico que servirá de submarino, com mangueira e bocal, e balde.

Detalhe do bocal sendo encaixado na mangueira. Na segunda foto, a seta indica o orifício no frasco por onde a água entra e sai.

## O problema

O professor propõe o problema:

— Vocês vão tentar descobrir o que fazer para o submarino subir e descer na água, quer dizer, para ele flutuar e afundar.

### *A solução*

*Quando chupamos o ar do submarino através da mangueirinha de borracha, o ar sai e a água entra, fazendo-o afundar. Para que ele flutue, basta soprar através da mangueirinha, pois o ar empurra a água através do outro tubinho; o submarino, então, fica cheio de ar e flutua.*

### *A explicação física*

*A lei que rege o comportamento de um corpo mergulhado na água diz que ele flutua se sua densidade é menor que a da água e afunda quando ocorre o contrário.*

*Densidade é uma grandeza física relacionada à massa e ao volume de um corpo.*

*Na verdade, é a razão entre essas duas grandezas. Assim, um corpo pode ter massa grande, mas se essa massa for bastante distribuída (volume grande) sua densidade poderá ser menor que a da água e ele flutuará; esse é o caso dos navios. Se a massa estiver muito concentrada (volume pequeno), o corpo afundará.*

*No caso do submarino, o volume é fixo, o que muda é a massa. Portanto, quando ele está cheio de ar, sua massa é pequena e sua densidade, menor que a da água; ele boia. Quando, ao contrário, o submarino está cheio de água, sua massa é maior, mas, como está distribuída no mesmo volume que antes, sua densidade é, nesse caso, maior que a da água; ele afunda.*

## Agindo sobre os objetos para ver como eles reagem

Um aluno afunda o submarino com a mão e o mantém sob a água. Sopra através da mangueirinha; saem bolhas na água. Retira a mão que o sustenta; o submarino, então, flutua.

Outro menino pega o submarino. Repete as ações do colega. De vez em quando, tira-o da água, olha para ele e o afunda de novo com a mão. Outro aluno destampa o submarino.

As crianças se revezam na manipulação do material. Caso isso não aconteça, é importante que o professor interfira, garantindo a todos a oportunidade de manuseio.

Podemos observar que os alunos agem para conhecer o material. Sopram na mangueirinha para ver o que acontece, mas mantêm o submarino submerso

*As situações, as falas e os relatos apresentados a seguir referem-se a aula realizada numa classe de terceira série.*

com a mão. Não sabem ainda que essa ação anula o efeito da outra; o submarino não sai do lugar.

A compreensão do problema proposto deve ser verificada pelo professor em cada grupo por meio de perguntas como: "Vocês entenderam o que é para fazer?" Ou ainda: "Contem pra mim o problema que vocês têm para resolver".

### **Agindo sobre os objetos para obter o efeito desejado**

As crianças estão manipulando o material. Um menino diz:

— Ah! Já sei! — Ele destampa o vidrinho e o enche de água. O vidrinho afunda. Coloca a mangueirinha de borracha na água também.

Outro menino pega a extremidade livre da mangueirinha e põe na boca. Um dos colegas sugere:

— Agora sopra... Sopra!

Um dos meninos tira o submarino da água enquanto o outro continua soprando através do tubo de borracha. A água espirra em um deles.

— Seu burro, você não sabe como faz! Sopra que a água sai! — recoloca o submarino na água.

— Olha! Olha! — o submarino flutua. — Agora chupa! Chupa!

O submarino afunda.

O professor pergunta o que fizeram. Um dos alunos responde:

— Enche de ar e sai a água.

O professor certifica-se de que as crianças entenderam e conseguiram resolver o problema, tomando cuidado para não fazê-lo por elas. Ao passar pelos grupos, pode propor-lhes um novo desafio. À medida que o problema de flutuar e afundar vai sendo resolvido, pode sugerir às crianças que descubram uma maneira de fazer o submarino ficar parado a meio caminho, entre o fundo da bacia e a superfície da água, isto é, nem afundar nem flutuar.

Para isso, após o submarino ter atingido a posição intermediária, as crianças devem tapar, com o dedo, a mangueirinha de borracha. Dessa forma, impede-se que o ar saia e que maior quantidade de água entre no submarino, o que o faria afundar ainda mais.

*Algumas crianças se referem ao submarino como "vidrinho", por causa de sua aparência. Na verdade, trata-se de plástico transparente.*

É importante que as crianças sejam encorajadas, ainda nesta etapa, a refletir sobre o que estão fazendo. No entanto, quando os alunos resolvem o problema, podem começar a brincar com a água. É tempo de passar para a próxima etapa.

### **Tomando consciência de como foi produzido o efeito desejado**

Para iniciar a discussão geral, as mesas devem ser secas e o material, recolhido.

O professor pergunta, por exemplo:

— Como vocês fizeram para o submarino boiar e flutuar?

— Pra descer a gente chupava e pra subir a gente ainda não descobriu — responde um aluno.

A turma se movimenta. Ouvem-se muitos “eu descobri”.

— Pra subir eu assoprei e pra descer eu chupei.

— A gente punha o canudinho pra baixo... A gente chupava, entrava a água... Ele descia.

Os relatos das crianças podem parecer repetitivos para o professor, mas é importante para elas contar como resolveram o problema.

### **Dando as explicações causais**

As idéias que apresentaremos foram transcritas de uma situação particular de ensino; trata-se de exemplos de como as crianças verbalizam suas explicações acerca da parte experimental da atividade.

A pergunta característica desta fase é “Por quê?”. Assim, o professor pergunta:

— Por que o vidrinho subia?

Os alunos respondem:

— Pra gente descer a gente pegava o canudinho e chupava... pra descer — hesita — ... pra flutuar a gente deixava o vidrinho sem água... assoprava.

— Pra gente subir ele a gente tem que soprar pra entrar o ar e sair a água e pra descer a gente sugava o... a... ag... — hesita — o ar e entrava a água.

— Ele descia.

— O submarino quando fica leve ele sobe. Quando fica pesado ele desce.

É interessante notar que, a partir da etapa das descrições, as falas dos alunos vão adquirindo maior complexidade. Inicialmente, as crianças centram suas descrições em si mesmas, ou seja, nas suas ações — “chupei”, “assoprei”. Gradativamente, começam a “ver” o “ar que entra” ou a “água que sai”. Finalmente, atribuem a flutuação e a imersão a uma **propriedade física** da água e do ar: seu peso.

Essa é uma característica essencial da atividade científica e do desenvolvimento da criança: a **atribuição**. Ao construir modelos explicativos, os cientistas atribuem propriedades aos objetos, por meio das quais buscam explicar os fenômenos observados.

## Escrevendo e desenhando

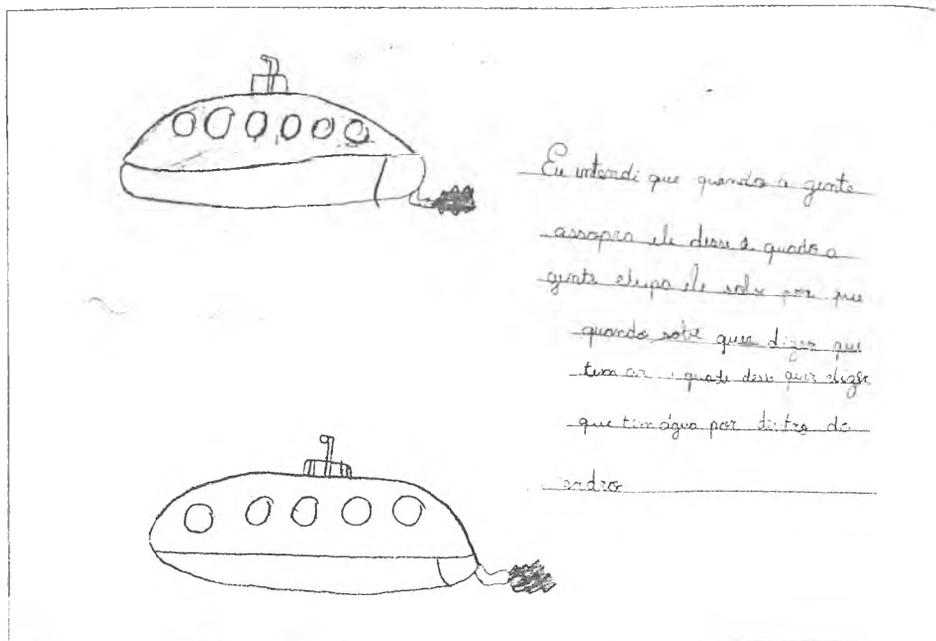
Os quatro relatos selecionados como exemplos de como os alunos podem registrar suas impressões sobre a atividade que estão desenvolvendo apresentam uma estrutura básica comum: são textos, de extensão e complexidade diversas, complementados por desenhos.

### RELATO I

Neste relato, a criança primeiro identifica o motivo da subida ou da descida do submarino com suas ações (“a gente assopra”, “a gente chupa”), para, em seguida, justificar o movimento do submarino com a entrada de ar ou de água.

Quando lemos todo o texto, podemos perceber que, para essa criança, a causa da submersão e da flutuação do submarino não está localizada em sua ação, mas no que ela provoca: a entrada e a saída de água da garrafa plástica.

Se observarmos o texto e o desenho que o complementa, poderemos obter uma informação interessante: no texto não há a palavra **submarino**, mas ele é retratado detalhadamente no desenho.

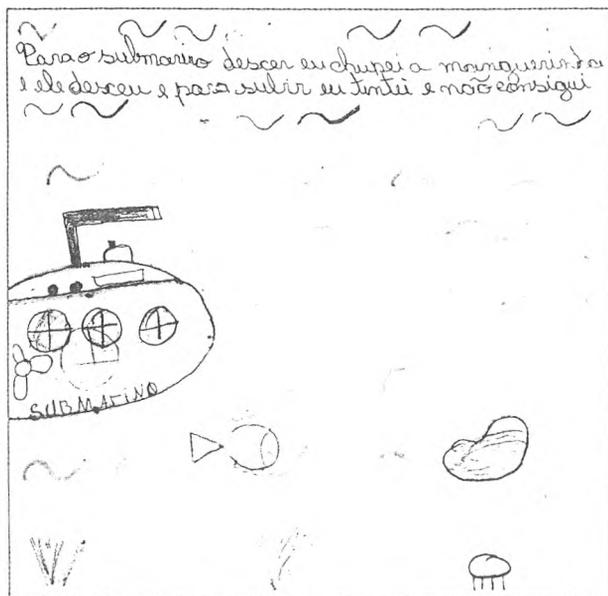


Relato 1.

No texto, a criança se refere a um vidro — que na verdade, por medida de segurança, era uma garrafa de plástico transparente — e reproduz seus movimentos de subida à superfície e de imersão na água, o que pode significar a seriedade com que trabalhou na experiência. Na parte escrita de seu relato a fantasia esteve ausente, mas, no momento do desenho, a garrafa plástica — real — transformou-se em submarino.

## RELATO 2

O aluno, neste relato, explicou seu procedimento, indicou que ação realizou para fazer seu submarino descer, mas em nenhum momento identificou o que provocou esse movimento. Duas coisas mais chamam a atenção: a sinceridade da criança e sua fantasia. Ela afirma não ter tido sucesso em suas tentativas de provocar a subida do submarino, mas, ao que parece, esse fato não a perturbou significativamente. E a fantasia está clara tanto na identificação imediata da garrafa plástica com um possível submarino quanto em seu desenho do fundo do mar.

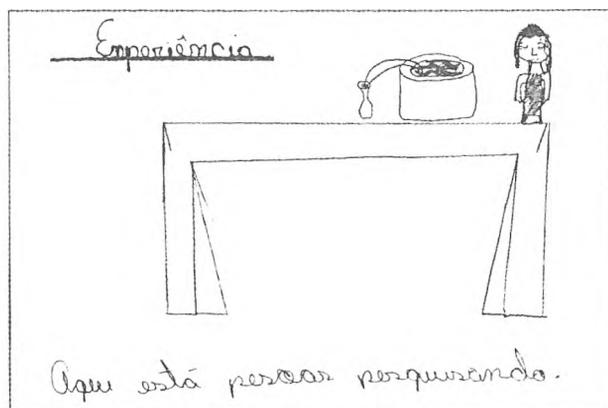


Relato 2.

### RELATO 3

Os relatos dos alunos mostram o que, para eles, foi mais importante durante a atividade. Pode ter sido a brincadeira, a competição, a fantasia ou as sensações ou situações vividas, além do conhecimento físico construído.

Neste relato não há qualquer informação sobre os procedimentos seguidos; a explicação do fenômeno está ausente. O aluno registrou apenas que houve um experimento e que pessoas estão pesquisando.



Relato 3.

#### RELATO 4

Este aluno começou seu relato indicando ter feito a experiência em grupo; em seguida, explicou como seu interlocutor deveria proceder para reproduzi-la. Interessante observar o esforço feito por ele para explicar as ações efetuadas. A imagem criada para explicar a ação de engolir — soprar para dentro — mostra sua capacidade de utilizar analogias para exprimir suas idéias.

O aluno afirma ainda que o problema foi solucionado e convida o leitor a fazer a experiência, o que indica que a atividade lhe foi agradável. Para que o convite possa ser aceito, a lista do material necessário para a execução da parte experimental da atividade é relacionada.

Seu desenho é ilustrativo, não acrescentando qualquer informação complementar.

Experiência do submarino subir e descer

Fizemos uma experiência para o submarino subir e descer.  
Para descer, agente engole a água ou seja sopra para dentro.  
E para subir, agente sopra para fora ou seja solta a água.  
Eu consegui. E você será que conseguirá?  
Bem, não é difícil é fácil.  
A experiência foi feita numa bacia cheia de água, e com um vidro  
que tinha 2 canudos, 1 peça e uma borrachinha.  
Será que você conseguirá fazer?



Relato 4.

## Relacionando atividade e cotidiano

Peça aos alunos exemplos de situações relacionadas com o que acabaram de realizar. Não estranhe se eles citarem fenômenos bastante diferentes. Pergunte às crianças como elas poderiam aplicar no dia-a-dia o conhecimento construído para explicar alguns fatos bastante comuns: Por que as bolhinhas de ar da experiência do copo subiram? Por que as bolhas de ar dos refrigerantes sobem?

O importante é que o professor coordene as discussões para que os alunos relacionem situações de seu cotidiano com o problema resolvido na atividade.

### Atividade 4

#### *O problema do barquinho*

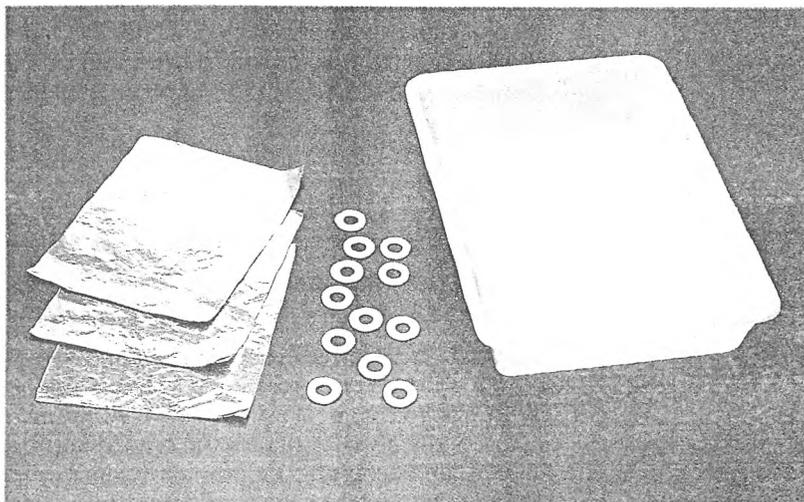
Na atividade anterior, as crianças tiveram oportunidade de iniciar uma discussão sobre a flutuação dos corpos. No caso, o volume do submarino era fixo, mas as crianças podiam variar sua massa, controlando a entrada e a saída de água e de ar. Na atividade que apresentamos agora, “O problema do barquinho”, as crianças são desafiadas a construir um barquinho que possa carregar o maior número possível de arruelas sem afundar. Assim, além de a massa continuar variando (com as arruelas), agora o formato do barquinho, que determina o volume que pode ser submerso na água, **também** varia.

Portanto, ao tentarem construir barcos que carreguem a maior massa possível, os alunos têm oportunidade de tomar consciência e propor explicações para o seguinte aspecto da flutuação dos corpos: a relação entre a massa e a dimensão dos objetos (ainda que a variável que mencionem não seja volume e, sim, área). Além disso, podem apontar uma condição de equilíbrio para que os corpos flutuem na água: a distribuição uniforme da massa.

## O material

Devem ser distribuídos para cada grupo:

- folhas de papel-alumínio de aproximadamente 30 centímetros de lado;
- arruelas;
- um recipiente (balde, bacia, pote de cozinha, etc.) com água. Deve ter cerca de 10 cm de profundidade.



Laurem Fochetto

Folhas de papel-alumínio, arruelas e recipiente para água.

## O problema

O professor propõe o problema:

— Como será que a gente faz para construir um barquinho que, na água, consiga carregar o maior número de pecinhas sem afundar?

### *A solução*

*Dentre os barcos que podem ser construídos pelas crianças, o que consegue carregar mais arruelas é aquele que tem aproximadamente o formato de uma chata ou balsa, isto é, aquele cuja área do casco é grande e as laterais, estreitas, o que garante*

*maior volume a ser submerso - condição para a flutuação. Além disso, para que o barco fique equilibrado, é necessário que as arruelas sejam distribuídas uniformemente sobre seu casco.*

*Seus alunos poderão obter essa solução sem que você a forneça.*

### **A explicação física**

Discutimos, na atividade "O problema do submarino", que a flutuação do submarino dependia de sua massa. Quando o submarino estava cheio de ar, sua massa era menor do que quando continha água, o que o fazia, no primeiro caso, boiar e, no segundo, afundar.

O que acontece se tomarmos outro caso: mesma massa de substâncias diferentes? Por exemplo: todo mundo sabe que 1 quilo de chumbo afunda na água enquanto 1 quilo de isopor flutua. Por quê?

Porque a densidade, que determina a flutuação dos corpos não depende só da massa, mas também do volume em que ela está distribuída. Se esse volume for maior, para uma mesma massa, o corpo flutuará mais facilmente. Assim, um barco de maior volume pode carregar mais massa.

Isso nos permite responder a seguinte questão: se o barco é pesado, por que ele não afun-

da? Porque essa massa grande está distribuída num volume grande, de forma que a densidade do barco é menor que a da água.

Outra condição para a flutuação é o equilíbrio da carga que o barco suporta. Grosso modo, a distribuição uniforme das arruelas evita que o barco gire, o que faria a água transbordar por um de seus lados.

Os alunos não precisam chegar exatamente a essa explicação, embora as que propuserem devam estar no sentido do conhecimento científico. Assim, as crianças, em geral, não vêem o volume do barco, que pode ser submerso, como a variável determinante para a flutuação. No entanto, ao atribuírem essa propriedade ao tamanho do barco, que identificam com a área do casco, começam a perceber que a massa não é a única variável responsável pela flutuação, sendo a dimensão dos objetos outra condição determinante. Vamos incluir, na seção "Dando as explicações causais", algumas explicações típicas dos estudantes.

## **Agindo sobre os objetos para ver como eles reagem**

*As situações, as falas e os relatos apresentados a seguir referem-se a aula realizada numa classe de terceira série.*

Todos os alunos iniciam a atividade construindo pequenos barcos de mesmo formato: o formato tradicional de dobradura. Esses barcos carregam um número pequeno de peças, aproximadamente duas ou três. Com mais do que isso, eles afundam.

Um aluno resolve construir um barco de casco maior, colocando a folha de papel-alumínio totalmente aberta sobre a água, e observa que ele carrega mais peças que os demais.

Essa etapa exige intensa participação do professor, que deve passar pelos grupos verificando se o problema proposto foi compreendido e se todos os alunos estão tendo oportunidade de manipular o material.

## **Agindo sobre os objetos para obter o efeito desejado**

Um aluno, ao observar o barquinho feito pelo outro grupo e ver que ele dá melhor resposta ao problema,

passa a construir barco semelhante, enquanto seu grupo continua a fazer os tradicionais de dobradura.

Ele fala para seu grupo:

— Agora eu sei fazer, agora eu sei fazer...

O aluno testa o seu barco. O grupo observa atentamente. O barco de casco maior, de fato, funciona melhor. A seguir, todo o grupo participa colocando as pecinhas no interior do barquinho, uma de cada vez, até que ele afunda, desta vez com várias peças.

A partir de então, o grupo constrói apenas esse tipo de barco, tentando fazê-lo cada vez melhor. Quando conseguem construir um barco capaz de carregar todas as pecinhas sem afundar, a alegria é geral.

Nessa etapa, o professor continua passando pelos grupos e pedindo aos alunos que mostrem e contem o que estão fazendo. Com isso, dá-lhes condições de refazer mentalmente suas ações e as explicitar.

Lembre-se de que cada grupo poderá precisar de um tempo diferente para resolver o problema. Não é preciso dar-lhes a solução.

### **Tomando consciência de como foi produzido o efeito desejado**

Para que uma nova fase seja nitidamente instalada — a hora da discussão —, o professor recolhe o material e os alunos se sentam em roda. Pode-se iniciar a discussão, por exemplo, com esta pergunta:

— Como vocês fizeram para construir o barquinho que levava o maior número de peças?

Os alunos respondem com entusiasmo:

— Na primeira vez eu consegui colocar cinco [peças]. Daí, depois, na segunda vez, também foi cinco. Daí, na terceira, eu consegui colocar dez... Na primeira vez eu fiz aquele barquinho comum que os moleques fazem, mas não deu; então, na segunda vez, fiz mais ou menos uma canoa assim — faz com as mãos o formato do barco.

— Eu peguei e fiz uma canoinha... quadradinha, aí eu peguei e coloquei e fui colocando de uma em uma [arruela], aí coloquei nove, aí agüentou o peso. Aí agüentou o peso e ficou boiando.

— Na primeira vez, nós fez um barquinho comum, aí ele conseguiu colocar cinco. Ele colocou duas, afun-

dou... ela colocou duas, afundou, eu coloquei três, afundou. Aí, na segunda vez, nós fez na forma de uma canoa. Ele conseguiu colocar doze, ele dez, ela quinze e eu coloquei quinze. Aí, cada vez que você colocar tem que colocar devagar, senão ele afunda, e tem que deixar lá no fundo [canto da bacia com maior quantidade de água], senão ele vai afundar e não vai agüentar os pesos das peças.

Mais uma vez é importante salientar que as crianças não se contentam com as descrições feitas pelos colegas. Cada uma delas tem necessidade de contar o que fez, ainda que repetindo o que já foi dito. O professor deve estar atento a essa necessidade.

### Dando as explicações causais

Quando o professor pergunta “Por quê?”, nem sempre obtém, como resposta, uma explicação, objetivo das atividades de conhecimento físico. Assim, o professor deve insistir, rerepresentando a pergunta sempre que necessário.

Ele pergunta:

— Por que só quando vocês faziam o barquinho na forma de canoa quadrada, ele conseguia carregar todas as peças?

— Porque na segunda vez eu fiz um quadradinho mais grande e coloquei bem devagar dos lados... Eu fiz ele um pouco mais grande, antes eu tinha feito pequeno e na segunda vez eu fiz ele grande... Eu coloquei as bolinhas [arruelas] uma de um lado e outra do outro e outra de outro — gesticula, indicando a distribuição das peças dentro do barco. — Depois eu fui colocando e quando eu fui colocar acho que doze, ele afundou.

— Primeiro: tem que espalhar bem [arruelas]. Segundo: reforçar ele [barco] bem para não afundar. Terceiro: não colocar muito [arruelas] num lugar só.

O professor insiste:

— Por que colocando [as arruelas] distribuído não afunda?

— Ele fica com o mesmo peso para cada lado e não afunda.

As crianças percebem diversos aspectos envolvidos na solução do problema. Ainda que não se refiram a

“volume submerso” — a variável determinante para a flutuação —, constroem uma primeira relação entre massa e dimensão dos objetos, apontando o fato de o casco do barco ter de ser o maior possível (“Eu fiz ele [o barco em forma de “quadrado”] um pouco mais grande, antes eu tinha feito pequeno”). Reconhecem também e explicam a necessidade de distribuir as arruelas ao longo do casco do barco para que ele não perca a estabilidade (“Ele fica com o mesmo peso para cada lado e não afunda.”).

Por fim, gostaríamos de salientar, como outros autores, que atividades como esta oferecem aos estudantes a oportunidade de fazer Ciência, no seguinte sentido: as crianças constroem explicações e as relacionam com as observações que fazem durante a experiência e, além disso, comunicam e discutem as explicações e observações com os colegas e com o professor.

◁ DUSCHL, 1995.

## Escrevendo e desenhando

Para ilustrar o que as crianças podem dizer e de que forma podem se expressar a respeito dessa atividade, foram selecionados três relatos de autoria de meninas da terceira série.

Os três apresentam estruturas bastante semelhantes: textos acompanhados por desenhos, embora a diferença entre eles reside exatamente na relação entre texto escrito e desenho.

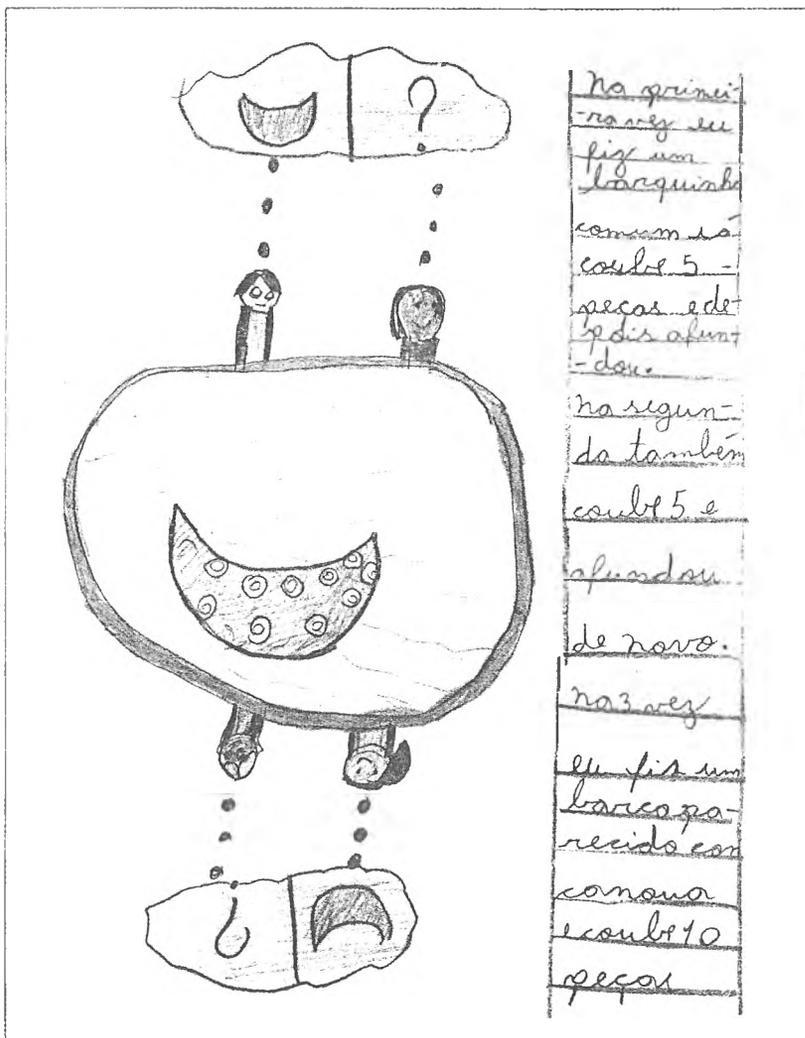
É bom lembrar que a correção ortográfica não é considerada um fator dos mais importantes nessa etapa da atividade. Levamos em conta, principalmente, a capacidade de expressão, de elaboração e o registro do aluno de suas impressões sobre a atividade.

Quando olhamos exclusivamente a parte escrita de cada relato, percebemos que todos são descritivos, ou seja, expõem os passos dados para a solução do problema proposto.

É interessante notar a marca da centralização da criança no texto. Isso está claro nos três relatos, onde quem fala é o **eu**. Apenas a autora do relato 2 fez uma tentativa de explicitar um trabalho em grupo através do emprego da primeira pessoa do plural, logo abandonada.

RELATO 1

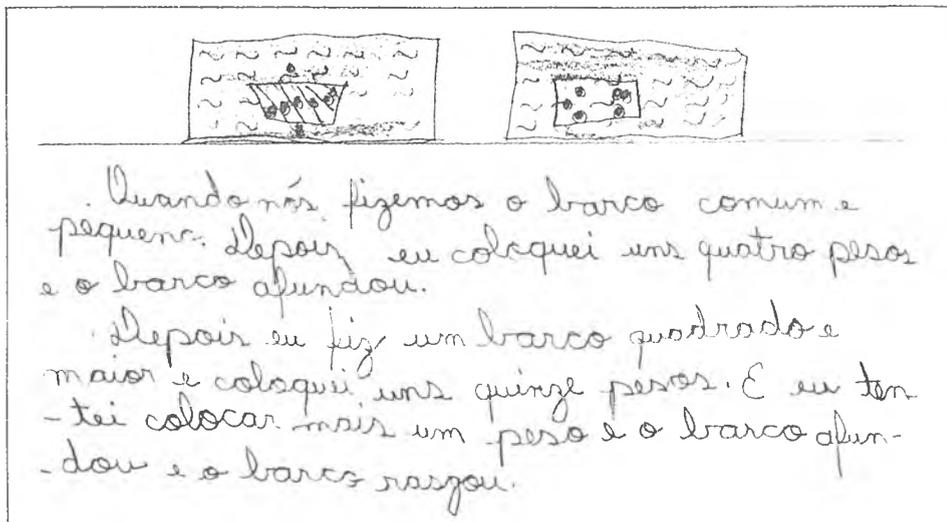
Neste relato, apesar de o texto estar na primeira pessoa do singular, a criança tomou consciência do grupo, pois indicou, no seu desenho, que houve indagações, sugestões e dúvidas em seu grupo de trabalho, mostrou sua participação e uma solução para o problema e registrou tudo em seu desenho.



Relato 1.

## RELATO 2

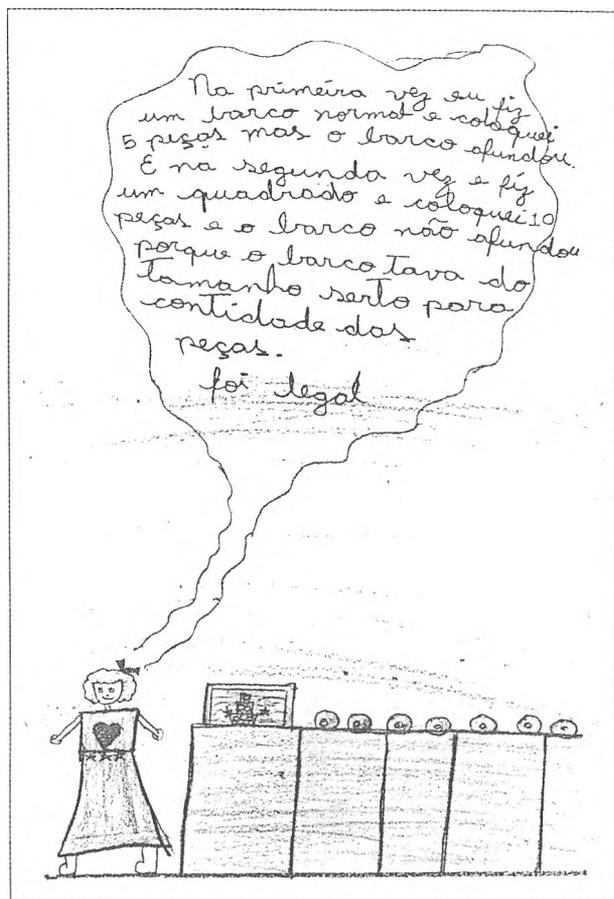
Em relação ao texto deste relato, além da já comentada tentativa de utilizar o nós em lugar do eu, ressaltamos que a autora “estimou” a quantidade eficiente de “pesos” colocada em seu barco, tanto que, ao tentar colocar mais um, seu barco afundou. O desenho dessa menina pode ser dividido em “antes” e “depois” e ilustra o que foi descrito no texto. O “antes” corresponde à primeira parte de seu texto, quando a solução do problema parecia óbvia — e não foi. O “depois” corresponde à solução encontrada para o problema.



Relato 2.

## RELATO 3

Neste relato, dissociar texto e desenho, apesar de possível, seria negar o crédito da criatividade à autora e seu testemunho de integração à atividade realizada. Mais do que nos outros dois, neste relato quem fala é a menina, representada pela figura humana desenhada. Além disso, dos três, é o que está mais próximo do sentido do conhecimento científico. Apesar de não ter sido pedido, a aluna apresentou uma explicação causal, relacionando o tamanho do barco e a quantidade de peças.



Relato 3.

### Relacionando atividade e cotidiano

Peça aos alunos exemplos de situações relacionadas com a atividade que acabaram de realizar. Não estranhe se eles citarem fenômenos bastante diferentes. Promova uma discussão procurando relacionar situações do cotidiano dos alunos que possam ter explicações semelhantes às da atividade realizada. É possível discutir, por exemplo, a utilização das balsas para transportar os carros através de um rio ou de pequenas canoas para transportar algumas pessoas.

O importante é que o professor coordene as discussões para que os alunos relacionem situações de seu cotidiano com o problema resolvido na atividade.

## Atividade 5

### *O problema da pressão*

A área da Física chamada mecânica dos fluidos teve forte impulso no século XVII, cujo início foi marcado pelo trabalho de Galileu Galilei e pela obra de Newton. Considerações tanto práticas como filosóficas foram responsáveis por tal interesse. Finalidades práticas, como a utilização de bombas d'água e sifões, certamente deram ímpeto às investigações sobre as propriedades dos fluidos (como o ar e a água).

◁ *BERG, 1995.*

Quanto à pressão dos fluidos, tema desta atividade, diz a lei de Stevin: a pressão no interior de um fluido aumenta com a profundidade. Essa lei foi expressa da seguinte maneira por Evangelista Torricelli, aluno de Galileu: “Vivemos no fundo de um oceano de ar, que, conforme mostra a experiência, sem dúvida tem peso”, devendo, portanto, exercer a chamada pressão atmosférica sobre os objetos.

◁ *NUSSENZVEIG, 1987.*

Essa mesma idéia vale para a água. Podemos pensar, por exemplo, numa vasilha com um líquido. Nesse caso, a pressão no fundo da vasilha não vai ser apenas a pressão atmosférica, mas também a pressão exercida pelo líquido, que sem dúvida também tem peso. Segundo Arquimedes, “(...) toda porção de um líquido é comprimida pelo líquido que se encontra sobre ela perpendicularmente, quando este tende a cair ou é comprimido por outras porções”.

◁ *Apud MACH, 1949.*

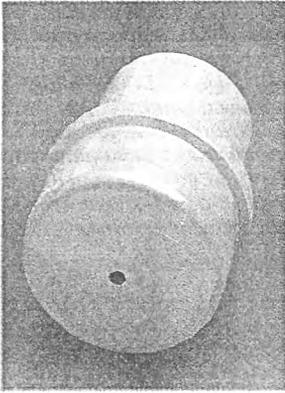
Nessa experiência, os alunos têm de atingir, com um jato de água, um alvo. Para isso, têm de controlar a quantidade de água, relacionando-a com a pressão.

### **O material**

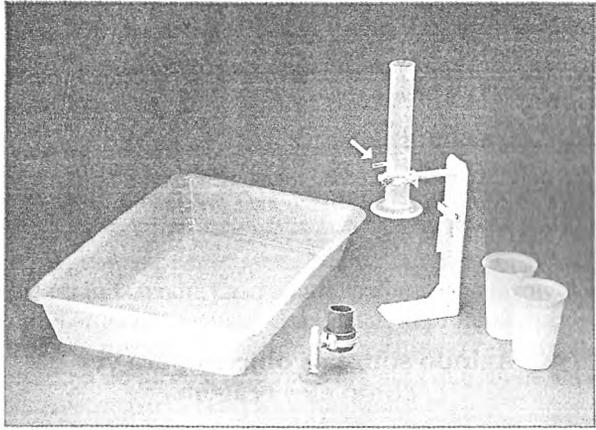
Devem ser distribuídos para cada grupo:

- um recipiente (bacia, etc.) com água;
- um tubo de plástico transparente, semelhante a uma proveta, com um pequeno orifício próximo à base, pelo qual deverá sair a água;
- dois copos de plástico;
- um pote pequeno (iogurte, etc.) furado na base com um prego.

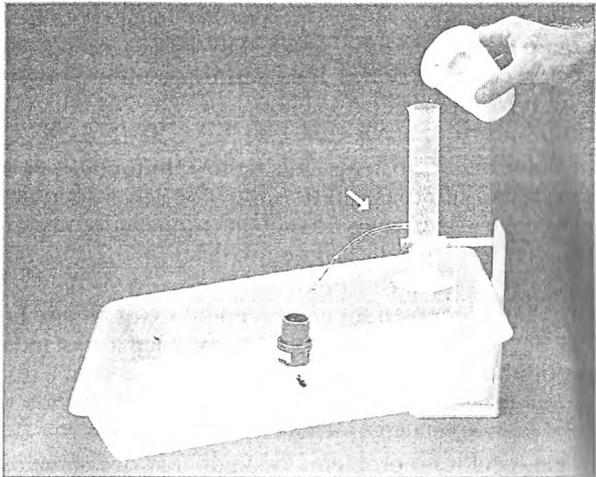
Como em todas as experiências envolvendo água, deverão estar disponíveis papel toalha ou panos para enxugar o local.



*Detalhe do furo na base do pote.*



Fotos: Latreini Pacheco



*O tubo plástico e o pote aparecem aqui presos a um suporte. Eles devem ser colocados dentro da bacia. A seta indica o orifício no tubo plástico por onde sai a água.*

## O problema

O professor propõe o problema para a classe:

— Vamos descobrir um jeito de fazer o potinho ficar sempre cheio d'água. Mas só podemos jogar água no tubo, tá legal?

### **A solução**

*Como o pote pequeno tem um furo na base, para deixá-lo permanentemente cheio, os alunos devem ser capazes de fazer o jato d'água cair exatamente dentro desse potinho. Para tanto, precisam controlar a altura da coluna de água no tubo de plástico.*

### **A explicação física**

*A pressão exercida sobre um ponto no interior de um líquido é dada pela pressão atmosférica na superfície do líquido e pela*

*pressão produzida pela coluna de líquido que está acima desse ponto. Portanto, quanto maior a altura da coluna de líquido dentro do tubo grande, maior será a pressão que faz o jato d'água sair pelo orifício. Quanto maior essa pressão, maior a velocidade com que a água sai e, portanto, maior a distância que ela atinge.*

*Veremos, na seção "Dando as explicações causais", que as explicações que os alunos propõem são no sentido do conhecimento científico, apesar de não corresponderem exatamente à explicação dada por nós.*

## **Agindo sobre os objetos para ver como eles reagem**

Inicialmente, os alunos procuram alinhar o potinho com o orifício do tubo grande. Em seguida, usando os copos, colocam pouca água dentro do tubo e observam o jato que sai pelo seu orifício. Ele não atinge o potinho.

Colocam, então, mais água dentro do tubo e, dessa vez, o jato ultrapassa o potinho. Por isso, procuram afastá-lo cada vez mais do tubo grande, sempre tentando fazer o jato d'água cair dentro dele.

O professor passa pelos grupos verificando se o problema proposto foi compreendido. Nota que muitos alunos acabaram resolvendo o problema afastando o potinho até que sua posição coincidissem com a distância máxima do jato d'água, que ocorre quando o tubo grande está completamente cheio.

Ele recoloca o problema, pedindo que, dessa vez, os alunos procurem manter o potinho cheio d'água sem variar sua posição. O professor põe o potinho numa posição intermediária, entre a distância mínima e máxima do jato d'água.

*As situações, as falas e os relatos apresentados a seguir referem-se a aula realizada numa classe de terceira série.*

## **Agindo sobre os objetos para obter o efeito desejado**

Um aluno vibra, afirmando para os demais:

— Enchemos, enchemos!

No entanto, logo observa que o potinho se esvazia rapidamente.

Os alunos percebem a necessidade de controlar a quantidade de água dentro do tubo grande para que o jato caia no potinho. Um aluno diz para o outro:

— Devagar, devagar.

Os alunos se revezam com os copos, tentando conseguir encher o potinho jogando água no tubo.

Todos os grupos conseguem resolver o problema. É apenas questão de tempo. O professor não precisa fazê-lo pelas crianças. Ele deve, no entanto, passar pelos grupos pedindo-lhes que mostrem e contem o que estão fazendo. Caso algum grupo tenha resolvido o problema muito antes dos demais, o professor pode mudar a posição do potinho (afastando-o ou aproximando-o do tubo) e propor às crianças que tirem suas conclusões para essa nova configuração.

### **Tomando consciência de como foi produzido o efeito desejado**

Após os alunos terem solucionado o problema, o professor organiza a classe para que aconteça uma discussão geral. Para tanto, o material deve ser recolhido, de modo a não desviar a atenção dos alunos, que se sentam em roda.

O professor pergunta:

— Como vocês fizeram para manter o potinho sempre cheio, quando vocês jogavam água no tubo grande?

Os alunos participam:

— Para manter a água no mesmo nível do potinho... quando a água estivesse acabando [no tubo], enchia de pouquinho em pouquinho, para manter ela no mesmo nível para ela cair no potinho. Daí ela ia enchendo e ia colocando devagarinho, devagarinho.

— A primeira coisa que eu fiz, eu peguei a água e coloquei até o nível da marca do caninho [tubo grande]. Conforme a gente colocava água, caía dentro do potinho. Se você colocava água mais que a marca, caía fora do potinho; se você colocava menos, caía pra trás do pote.

— Eu pegava e botava água uns três dedos até encher e esperava ela cair. Quando ela estava quase caindo fora [do potinho], eu botava mais.

— Eu colocava no mesmo nível e quando a água ia baixando [no tubo grande], eu colocava mais.

As crianças têm necessidade de contar o que fizeram. Por isso, cada uma acaba repetindo, com palavras diferentes, a descrição dada pelas demais. O professor deve respeitar essa necessidade, ouvindo-as com atenção.

### **Dando as explicações causais**

A pergunta característica desta fase é “Por quê?”. O professor pergunta:

— Por que, quando eu encho muito [o tubo], ela [a água] passa o potinho e, quando eu encho pouco, ela cai antes?

As crianças participam:

— Por causa da pressão. Quando a pressão aumenta, ela [a água] sempre cai longe.

— Se você pegar um copinho e encher o tubo até em cima, a água passa [o potinho] por causa da força da água... A água tem várias forças, se tiver muita água, ela fica mais forte, e se tiver pouca água, ela fica mais fraca.

— Para ela cair dentro do potinho a gente sempre tinha que sustentar ela no mesmo nível e na mesma força.

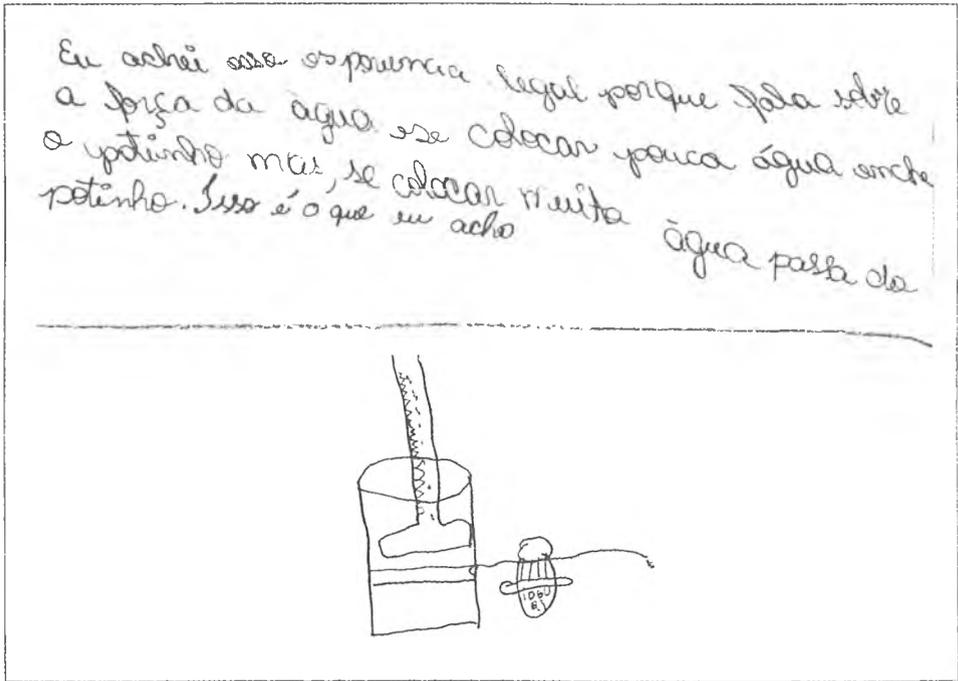
### **Escrevendo e desenhando**

Para ilustrar esta etapa do trabalho, em que os alunos relatam, através de textos e/ou desenhos, aquilo que julgaram mais importante na atividade desenvolvida, escolhemos quatro relatos, todos compostos de textos e desenhos. Veja a partir da próxima página.

## RELATO 1

O desenho deste relato é ilustrativo e mostra a montagem feita para solucionar o problema.

No texto, o aluno afirma ter gostado de fazer a experiência e indica, por suas observações sobre a quantidade de água a ser colocada no tubo e o alcance do jato que sai pelo furinho, estar no caminho do conhecimento científico.



Relato 1.

## RELATO 2

Este relato apresenta alguns erros de concordância; contudo, lembramos mais uma vez que, nesta etapa, o mais importante não é a correção da escrita e sim a capacidade do aluno de expressar suas idéias, de contar o que achou mais relevante na atividade da qual participou. E isso este aluno fez bastante bem. Indicou ter percebido que é necessário manter o nível da água constante e ainda fez uma analogia com as caixas d'água dos prédios.

Seu desenho mostra o aparato empregado na experiência e seu procedimento, com a água caindo além e dentro do potinho.

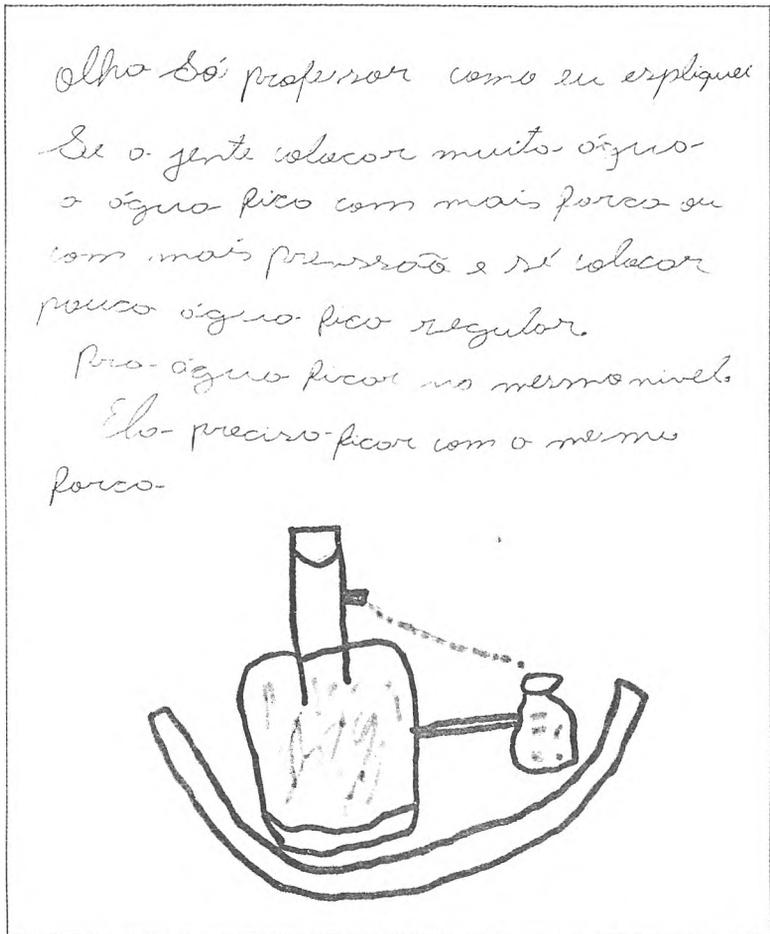


Nós tem que colocar numa marca para  
que podemos encher o pote, é a mesma coisa de que  
a caixa de água nos andares mais altos tem maior  
pressão.

RELATO 3

O que o autor deste relato achou mais importante na atividade desenvolvida em sua classe foi a possibilidade de construir uma explicação para o fenômeno observado através do experimento. E é essa explicação que ele dá no texto para seu interlocutor: o professor. Ele relaciona a quantidade de água com a pressão e, por isso, sua explicação está no sentido do conhecimento científico.

Seu desenho é ilustrativo, não acrescenta nenhuma informação nova ao texto escrito.

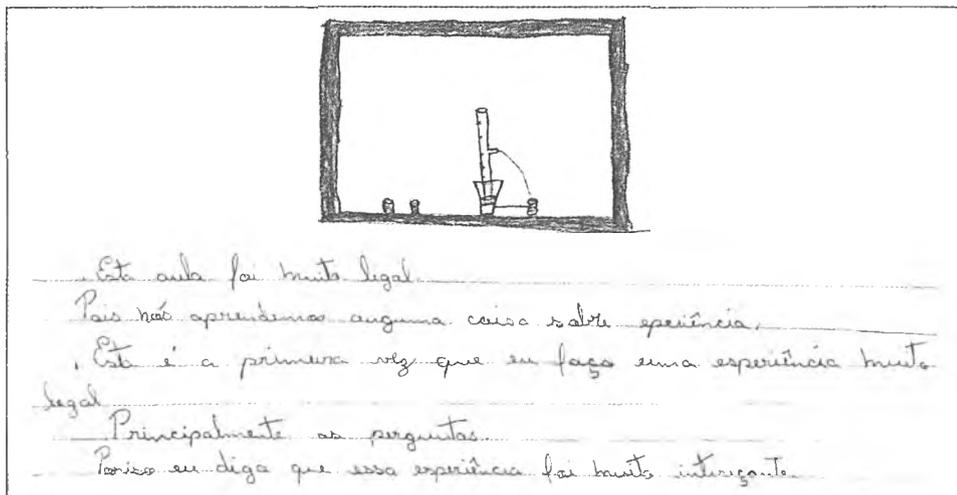


Relato 3.

#### RELATO 4

O autor deste relato, assim como os demais, não tinha de seguir nenhuma padronização ao elaborá-lo. Foi-lhe solicitado apenas que registrasse o que achasse mais importante na atividade. Assim ele o fez.

O que ele julgou mais importante foi a própria atividade, a proposta do trabalho. Ele gostou das perguntas e afirma várias vezes em seu texto que gostou da aula, da experiência, de aprender. Para esse aluno, o mais importante foi se perceber motivado e instigado pela proposta implementada na classe.



Relato 4.

### Relacionando atividade e cotidiano

Peça aos alunos exemplos de situações relacionadas com a atividade que acabaram de realizar. Vários exemplos podem ser abordados, dependendo muito da realidade de cada um. Se os alunos já regaram plantas com um esguicho, tiveram de acertar o jato de água em um dado canteiro. Se eles moram em apartamentos, é interessante discutir a pressão da água no primeiro e no último andar. Outro problema interessante é discutir por que as caixas d'água estão sempre no alto das casas.



A luz é, indiscutivelmente, o principal agente físico de comunicação com o mundo externo. Compreender a relação entre luz e sombra — entendida esta última como ausência da primeira — é necessário para explicar vários fenômenos freqüentemente abordados nas aulas de Ciências das séries iniciais, como dia e noite, fases da Lua e eclipses. As idéias de luz e sombra são pré-requisitos para a compreensão de tais fenômenos.

Embora considere-se que esse conceito já foi elaborado pelos alunos, a compreensão da relação entre luz e sombra não é algo trivial. Sua construção se inicia pela idéia de que sombra é uma substância e não ausência de luz. Nesse caso, surge a noção de “fonte de sombra”, que pode ser interna (a sombra emana do objeto) ou externa (a sombra vem da noite, das árvores ou de um canto escuro do quarto).

Num segundo momento, as crianças tendem a considerar apenas a “fonte de sombra” interna: a sombra é, para elas, uma substância que emana **do objeto**, sem direção fixa. Assim, nessa etapa, elas não conseguem prever a orientação da sombra de um objeto com relação a uma fonte de luz, como uma lâmpada.

Mesmo quando as crianças prevêm a orientação correta da sombra — no sentido contrário ao da fonte de luz —, a concepção de substância pode ainda estar por trás dessa previsão: a sombra é concebida como uma emanação do objeto, a qual “foge” da luz e é atraída pela escuridão e, **por isso**, é obrigada a se orientar do lado oposto à fonte luminosa.

Na primeira etapa encontrada por Piaget, as crianças não concebem a necessidade de uma fonte de luz para a produção de sombras, por considerarem que elas são produzidas, por exemplo, pela noite. Já na segunda etapa, chegam a afirmar a impossibilidade de observar sombras à noite. Entretanto, isso não garante que reconheçam a necessidade de luz para **produzir** sombras, mas apenas para **observá-las**.

A partir da terceira etapa, as crianças começam a perceber a relação entre fonte de luz e **produção** de sombra. Ainda assim, as relações que estabelecem podem não ser compatíveis com aquela atualmente aceita pela Ciência: a luz proveniente de uma fonte é barrada por um obstáculo e, conseqüentemente, na região posterior ao obstáculo não há luz.

Segundo Feher e Rice, por exemplo, embora as crianças afirmem a impossibilidade de observar sombras à noite, suas justificativas podem ser, muitas vezes, incorretas: não é possível ver as sombras porque nossos olhos não funcionam sem a presença de luz; não é possível ver as sombras porque a luz é necessária para que o objeto (no caso, a “fonte de sombra”) “libere” ou “lance” sua sombra; não é possível ver as sombras porque a luz é necessária para “carregar” ou “empurrar” a sombra (“A luz empurra a sombra [de uma bola] da mesma forma que uma onda empurra uma bola na água.”).

Essas explicações alternativas são bastante frequentes — as autoras constataram que apenas um quarto das crianças que haviam entrevistado tinha a idéia correta de sombra como ausência de luz.

Portanto, pela dificuldade dos alunos em compreender a relação entre luz e sombra, elaboramos as atividades a seguir. Como é bastante comum as crianças confundirem reflexo (região do espaço onde há luz que foi desviada de sua trajetória por uma superfície refletora) com sombra (região onde não há luz), começaremos discutindo sombras e, em seguida, estudaremos a reflexão da luz por um espelho comum. Dessa forma, julgamos que as crianças entenderão melhor os fenômenos físicos envolvendo luz e sombras que ocorrem à sua volta no cotidiano.

## Atividade 6

### *O problema das sombras iguais*

Elaboramos essa atividade tendo em vista a complexidade que o conceito científico de sombra representa para as crianças e a recorrência da idéia de sombra como substância pertencente a um objeto. Por meio dessa atividade as crianças poderão testar algumas hipóteses associadas à idéia substancialista.

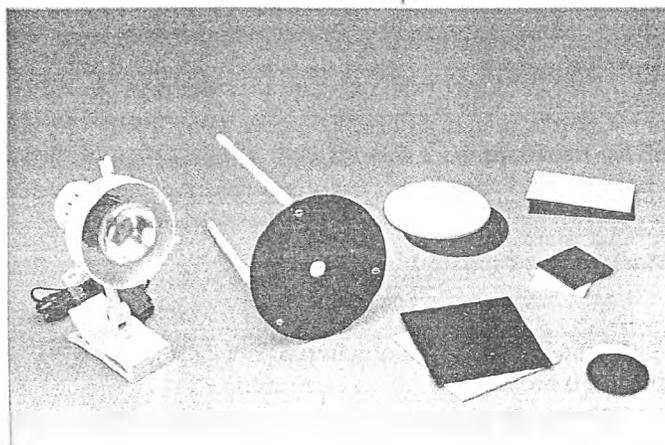
Em primeiro lugar, apresentamos aos alunos objetos de cores diferentes para que pudessem constatar que a hipótese — muito comum entre eles — de que a sombra depende da cor do objeto não é verdadeira. Esses objetos são figuras de formas (círculos, quadrados e retângulos) e dimensões diferentes. Desse modo,

as crianças puderam tomar consciência de que a sombra não depende **unicamente** de características do objeto, como sua forma ou dimensão, e não são seu “reflexo” ou seu “retrato”. Para obterem sombras iguais (este é o problema proposto) com as diferentes dimensões e formas dos objetos de que dispõem, as crianças têm de se valer de duas variáveis, que colocam em evidência a importância da fonte de luz na produção das sombras: a distância entre a fonte e o objeto e a orientação do objeto em relação à fonte. A variação na orientação do objeto em relação à fonte de luz produz **sombras diferentes dos objetos**.

### O material

Devem ser distribuídos para cada grupo:

- uma luminária;
- um anteparo com orifício para a passagem da luz. Ele deve ficar a aproximadamente 15 cm da luminária;
- uma cartolina branca para projetar as sombras, colocada a cerca de 40 cm do anteparo. Pode ser substituída por qualquer superfície clara;
- dois círculos grandes (um preto e um branco) e dois pequenos (um preto e um branco);
- dois pares de quadrados com as mesmas características de cor e tamanho dos círculos;
- dois retângulos grandes, um preto e um branco.



*Luminária, anteparo com orifício (encaixa-se na luminária) e peças pretas e brancas de diferentes formas e tamanhos.*

— São iguais? — pergunta o professor.

— São.

— Diga para mim por que você acha que elas são iguais.

— São redondas.

— Agora pegue o quadradinho e o círculo pequeno.

A criança pega as figuras, ergue-as e obtém uma sombra quadrada e outra redonda.

— As sombras são iguais? — pergunta novamente o professor.

— Não.

— Tem jeito de você fazer alguma coisa para as sombras ficarem iguais? — insiste o professor, retomando o problema proposto.

Este problema é especialmente difícil para as crianças entenderem. Por dois motivos: em primeiro lugar, muitas delas não compreendem o significado da palavra **figura**; em segundo, as crianças, num primeiro momento, não concebem a possibilidade de realizar o que está sendo proposto, devido à idéia, bastante comum, de que a sombra deve ter a forma do objeto.

Por isso, o professor deve verificar se o problema proposto foi compreendido, perguntando, por exemplo: “Vocês entenderam o que é para fazer?” ou ainda: “Contem pra mim o problema que vocês têm para resolver”.

É importante que o professor verifique também se todos os alunos estão tendo oportunidade de manipular o material.

### **Agindo sobre os objetos para obter o efeito desejado**

Algumas crianças usam os círculos branco e preto pequenos. Olham as sombras. Depois, usam quadrados e círculos pequenos e pretos. Pegam também quadrados grandes, o preto e o branco.

Na primeira tentativa, as crianças seguem uma de suas hipóteses, ou seja, utilizam objetos de mesmo tamanho e mesma forma, o que, para elas, garante a sombra como “retrato” do objeto.

O professor passa pelos grupos pedindo aos alunos que mostrem e contem o que estão fazendo. Pode su-

gerir-lhes que comecem pelas figuras mais fáceis, aquelas de tamanhos diferentes e formas iguais. As figuras mais difíceis são as de tamanho e forma diferentes, com as quais as crianças têm de coordenar duas ações: incliná-las completamente e aproximar a figura menor da fonte.

— Mostrem para mim o que vocês fizeram — solicita o professor.

Uma das meninas pega o quadrado e o retângulo e obtém sombras quadradas.

— Será que você consegue com esta e esta? — o professor aponta os círculos grande e pequeno.

A menina ergue o círculo pequeno e mantém o maior embaixo.

— Vamos lá! Você quer subir na cadeira?

A aluna sorri.

— Pode subir. Quer que eu ajude? — o professor segura o círculo maior embaixo e já faz nova pergunta:

— Elas são iguais?

— É quase igual. É mais clarinha.

— No tamanho é igual?

— É.

— Legal! Vamos tentar outras.

Neste caso, a ajuda do professor não se restringiu à sugestão de novas figuras ou à formulação de perguntas que levassem os alunos a compreender melhor o que estavam fazendo. Sua interferência foi importante também ao permitir que a menina subisse na cadeira em sala de aula.

Uma das crianças pega o quadrado grande preto e o retângulo grande branco. Inclina parcialmente o quadrado.

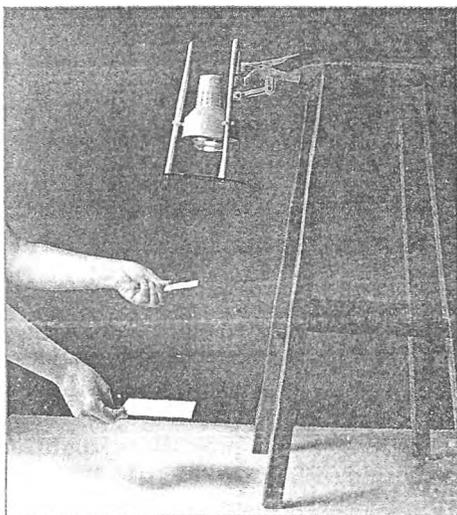
Um colega pega as mesmas figuras, mas com as cores opostas. Inclina-as (formando 90 graus com o chão). Obtém sombras na forma de linhas.

— Olha! — chama a atenção dos colegas. — Eu consegui fazer o quadrado e o retângulo terem sombras iguais!

Quando as crianças acharem que as possibilidades de solução se esgotaram, o professor deve lançar desafios. Às vezes, as crianças **nem tentam** fazer sombras iguais, por exemplo, com um quadrado e um círculo. Julgam, de antemão, tratar-se de uma situação impossível. O professor deve incentivá-las a encontrar soluções progressivamente mais difíceis.

A cartolina deve ser colocada no chão ou sobre uma mesa, e a lâmpada deve estar voltada para ela. O espaço entre a luminária e a cartolina deve ser adequado à altura das crianças, permitindo que interponham as peças entre os objetos para formar sombras.

Fotos Agostinho de Paula



*A luminária pode ficar presa a uma cadeira ou banco colocado sobre uma mesa, numa altura adequada e confortável para o trabalho dos alunos.*

A atividade também pode ser realizada ao ar livre. Nesse caso, o Sol substitui a luminária como fonte de luz. Outra opção é substituir a luminária por uma vela. Nesse caso, a cartolina branca não é necessária, pois os alunos projetarão as sombras na parede (é preciso que a parede seja clara). Trata-se de uma alternativa fácil e barata que, no entanto, pode ser perigosa. Por isso, o professor deve tomar certos cuidados indispensáveis para que as crianças não se queimem: fixar as velas em suportes que os alunos não possam movimentar, afastar papéis, prender cabelos, etc.

### O problema

O professor distribui o material para cada grupo e propõe o problema:

— Vocês vão pegar duas figuras que achem que são diferentes e vão tentar fazer sombras iguais com elas.



*Uma tentativa de fazer sombras iguais com peças de tamanho diferente.*

### **A solução**

*Há muitas soluções para este problema: usar o retângulo e o quadrado grande inclinado para obter sombras de projeções retangulares; erguer o círculo pequeno e manter o grande abaixado, inclinar totalmente o quadrado grande e o círculo grande para obter sombras lineares; usar o quadrado pequeno e o retângulo grande inclinado para obter quadrados pequenos; inclinar totalmente o quadrado pequeno e o círculo grande e, ao mesmo tempo, erguer o quadrado pequeno para obter sombras lineares de mesmo tamanho, etc.*

*Percebe-se que, com qualquer combinação de duas figuras, é possível obter sombras cujas projeções sejam iguais. As variações são obtidas por meio de duas ações: inclinar as figuras e variar sua distância em relação à fonte, erguendo-as ou abaixando-as.*

### **A explicação física**

*As sombras são formadas quando a trajetória da luz é interceptada por um obstáculo. Por exemplo, quando a luz emitida por uma fonte atinge uma parede, nós vemos a parede. Se um obstáculo se interpõe à luz, entre a fonte e a parede, uma região da parede não recebe luz — forma-se uma sombra. Nós só a vemos por causa de seu contorno (as regiões de parede que recebem luz). Dessa forma, quando a fonte de luz está na frente de um objeto, a sombra sempre aparece atrás dele.*

*Para que sombras iguais sejam formadas, são necessários obstáculos iguais em relação à fonte de luz. Assim, objetos diferentes para o observador podem representar obstáculos iguais para a luz emitida pela fonte, dependendo de sua orientação e da distância em relação à fonte de luz.*

## **Agindo sobre os objetos para ver como eles reagem**

*As situações, as falas e os relatos apresentados a seguir referem-se à aula realizada numa classe de terceira série.*

As crianças começam a manipular as figuras, agrupando-as segundo sua cor, forma ou tamanho.

Um menino junta os retângulos branco e preto, formando um quadrado grande. Ergue esse conjunto e um quadrado grande. Olha, na cartolina, as projeções das sombras.

O professor passa pelos grupos verificando se o problema proposto foi compreendido. Caso seja necessário, explica novamente o que as crianças têm de resolver. Por exemplo:

— Você pega duas figuras diferentes e aí você faz elas terem sombras iguais.

— Como assim? — pergunta um aluno que ainda não entendeu o problema.

— Vamos ver? Peguem duas figuras que vocês acham que são diferentes — solicita o professor.

Uma criança pega os dois círculos grandes, de cores diferentes. O professor continua:

— Faça a sombra deles.

A criança coloca as duas figuras sob a luz. Observa as sombras.

Nem todas as soluções, entretanto, são acessíveis, sobretudo para as crianças menores. Apesar do número considerável de soluções encontradas, algumas turmas não conseguem, por exemplo, fazer o quadrado pequeno e o círculo grande terem sombras iguais. Às vezes, a coordenação das duas ações, necessárias para resolver tal problema, não é possível para a criança, que tem, nesse caso, de inclinar as duas figuras e aproximar a menor da fonte de luz.

O professor deve auxiliá-las, sem, no entanto, dar-lhes a solução. Ele deve respeitar as limitações de cada grupo e os tempos diferentes que podem levar para resolver o problema.

### **Tomando consciência de como foi produzido o efeito desejado**

Após a solução do problema, o professor organiza a classe para que aconteça uma discussão geral.

Neste problema, em especial, as crianças têm necessidade de ter em mãos o material para explicar como encontraram uma solução. As falas, sem o auxílio das figuras, tornam-se muito difíceis. Assim, as crianças e o professor sentam-se no chão, numa roda, para discutir e mostrar para os demais aquilo que fizeram.

A pergunta que caracteriza essa fase é: “Como vocês fizeram para...?”. Por exemplo:

— Eu gostaria que vocês mostrassem o que fizeram para conseguir sombras iguais, que figuras usaram.

Um menino mostra como fez os círculos grande e pequeno, brancos, terem sombras iguais. Ele sobe na cadeira e levanta o círculo menor.

— Quem fez outra diferente?

— Ah, eu fiz, mas já esqueci — declara um dos alunos.

— Já?

Outra criança demonstra como fez o quadrado e o retângulo pretos terem sombras iguais. Ela inclina o quadrado e obtém sombras retangulares.

Um menino pega os dois círculos grandes, o branco e o preto, e demonstra.

Outro diz:

— Ah, esse aí é o mesmo.

— Não tem diferença nenhuma entre elas? — o professor pergunta para a classe.

— Não, as duas são bolas!

Outra criança pega os quadrados grande e pequeno e eleva o pequeno.

— Isso nós já fizemos! — diz um colega.

— É a mesma coisa da bolinha e da bolona! — comenta outro.

— O quadrado e a bolona já foram? — interfere novamente o professor.

Uma menina pega o quadrado e o círculo grandes e brancos. Faz a demonstração inclinando ambos.

— Como é que fica parecendo a sombra? — pergunta o professor.

— Um risquinho.

O professor deve permitir que todas as crianças que quiserem falar o façam. Ouvir com entusiasmo todos os relatos não é apenas um compromisso com aspectos socioafetivos relacionados com a aprendizagem, mas uma necessidade para que as crianças dêem, na etapa seguinte, as explicações causais.

### **Dando as explicações causais**

Durante a discussão desta atividade, as crianças falam muito. Contam histórias envolvendo sombras que viram na televisão ou, então, apontam fenômenos do dia-a-dia correlacionados à questão das sombras e fazem perguntas sobre eles, demonstrando grande interesse pelo tema. A resolução e a análise da atividade "O problema das sombras" possibilitam que essas discussões adicionais sejam mais bem fundamentadas, isto é, as crianças utilizam a experiência que acabaram de fazer como referência.

O professor pode aproveitar as falas das crianças para ampliar a discussão e consolidar os novos conceitos e relações construídos por elas.

O professor pergunta:

— O que é uma sombra?

Vários alunos querem falar:

— A luz bate na gente e faz uma sombra.

— A luz bate na figura e bate no chão e aí aparece a figura.

— Não, a figura tampa a luz.

— Quando a gente tá andando, tá o Sol pra cá. Quando o Sol bate na gente, fica mais escuro onde a sombra tá que no resto. A gente tapa a luz e debaixo da gente fica escuro, a luz não passa.

— A sombra não é nada. É só reflexo do Sol que não consegue passar pela gente.

— Por exemplo, a gente põe isso — pega um retângulo e faz sombra com ele —, tapa a luz — aponta para o chão —, daí fica um lugar sem a luz, daí faz a sombra.

As crianças vão completando as falas anteriores e, assim, descrevem corretamente a sombra como região não atingida pela luz, devido a uma barreira qualquer. Além disso, a partir dessa concepção, que a atividade procura sedimentar, os alunos têm possibilidade de prever, corretamente, a posição da sombra com relação à fonte de luz.

Uma criança fala a respeito da sombra de uma lesma. Embora a lesma seja fina, pequena e só ande se arrastando pelo chão, a posição de sua sombra depende da posição do Sol. A criança indica, gesticulando, que o Sol está de um lado e a sombra da lesma aparece de outro.

— E se o Sol estiver do outro lado? — o professor pergunta.

— A sombra fica do outro lado.

— O que é preciso para fazer uma sombra? — continua.

As crianças respondem:

— O Sol.

— A luz.

— Lua também ilumina, muito menos que o Sol.

— Vela.

— Luão.

— Qualquer luz dá.

Uma das crianças descreve a seguinte situação: à tardinha, mesmo com todas as luzes da casa apagadas, mesmo sem sol, ainda há sombras. As explicações sugeridas são as de que sempre sobra um pouquinho de luz do Sol, há as estrelas e a Lua, mas muitos não acreditam que essa situação possa realmente ocorrer.

As crianças reconhecem, claramente, a necessidade da fonte de luz na produção de sombras, o que não garante, conforme as pesquisas mencionadas anteriormente, que sua idéia de sombra não seja a de que elas emanam dos objetos. Entretanto, o fato de trabalharem

◁ FEHER & RICE, 1988, 1992;  
PIAGET, 1934.

com sombras que diferem das formas e dimensões dos objetos deve auxiliá-las a superar o obstáculo da concepção substancialista, já que reconhecem que elas não dependem, unicamente, das características do objeto.

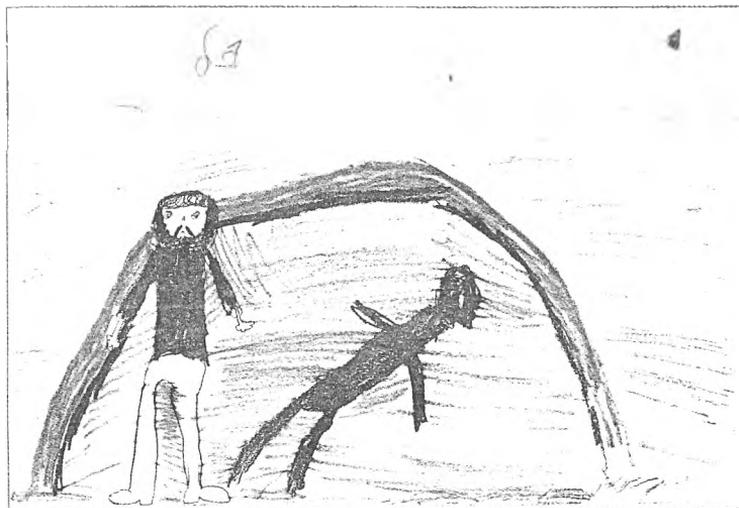
## Escrevendo e desenhando

Para ilustrar o que já foi afirmado — que o importante nessa etapa das atividades é que as crianças se expressem, conseguindo demonstrar, de maneira clara, aquilo que compreenderam e/ou consideraram importante durante a atividade —, selecionamos dois relatos.

O primeiro é um desenho; não há nenhum texto, nem sequer uma palavra, a não ser o apelido de seu autor. O segundo, por sua vez, apresenta um texto simples, correto ortograficamente, composto por uma pergunta bastante objetiva, proposta pelo próprio aluno, e sua resposta.

Em ambos, podemos perceber que, para as crianças, mais importante do que obter sombras iguais foi observar como elas podem ser produzidas. Além disso, como afirmamos na introdução desta atividade, notamos também que a idéia de que a sombra deve ser a imagem do objeto é muito forte (nos desenhos, a forma das sombras é bastante aproximada da dos objetos).

### RELATO 1



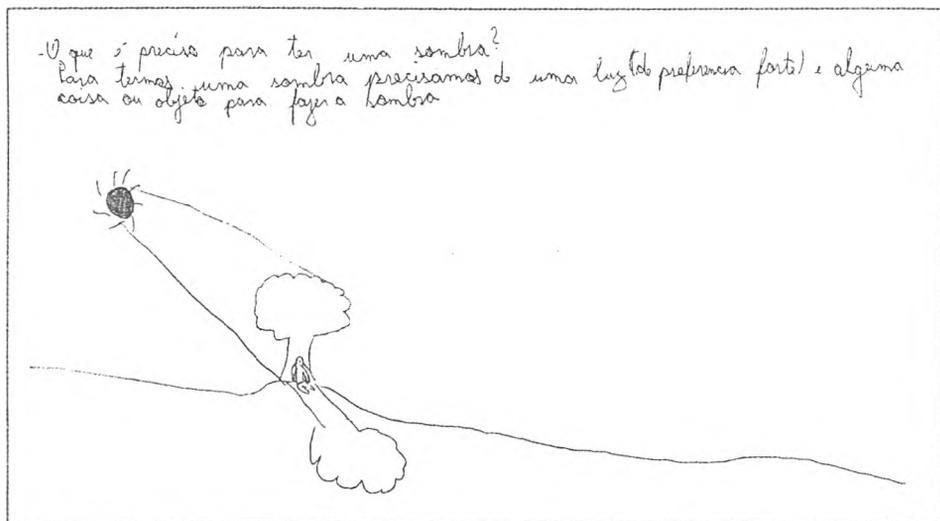
*Relato 1. A sombra é a imagem do objeto.*

O autor deste relato reconheceu a necessidade de uma fonte luminosa e de um objeto que intercepte o caminho da luz para que surja uma sombra.

Podemos notar, pela posição da sombra desenhada, que a criança percebeu que a sombra deve estar do lado contrário à fonte luminosa com relação ao objeto que é a finalidade da experiência.

#### RELATO 2

Para o desenho deste relato, valem as mesmas observações feitas ao desenho do anterior. Em seu texto simples, o aluno responde a sua pergunta de maneira correta.



Relato 2.

### Relacionando atividade e cotidiano

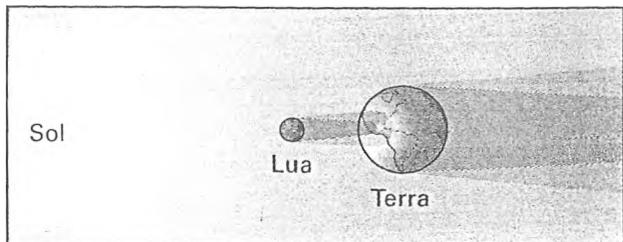
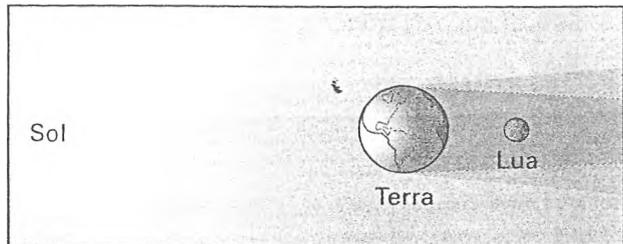
Peça aos alunos exemplos de situações relacionadas com a atividade que acabaram de realizar. Não estranhe se eles citarem fenômenos bastante diferentes. O importante é deixá-los procurar as relações com o cotidiano. É possível propor uma discussão sobre os diferentes tamanhos de sombras em diferentes horas do dia e a construção de um relógio de sol. Pode-se também fazer um teatro de sombras. Essa atividade é

muito estimulante para os alunos e permite integrar Ciências com Artes. É possível discutir e analisar criticamente desenhos animados veiculados pela televisão em que as sombras dos personagens são mais rápidas do que eles.

## Atividade 7

### *O problema da sombra no espaço*

De acordo com o que foi discutido na introdução deste grupo de atividades, as primeiras explicações das crianças sobre luz e sombras são muito diferentes dos conceitos científicos atuais. Nesse sentido, constituem, muitas vezes, verdadeiros obstáculos para a aprendizagem de Ciências. Por exemplo, para que as crianças compreendam os eclipses, é preciso que entendam que a sombra causada por um obstáculo é tridimensional. Tomando o caso do eclipse da Lua: a sombra provocada pela Terra estende-se por uma região do espaço e o eclipse ocorre quando a Lua está nessa região não iluminada pelo Sol, isto é, no cone de sombra da Terra.



*(Representação artística, sem escala)*

Ainda que observemos a sombra apenas através de sua projeção em uma superfície, na verdade ela preenche uma região do espaço desde o obstáculo até a fonte de luz. No entanto, é muito comum que se admita a sombra apenas enquanto projeção — e o mesmo vale para a luz. Piaget encontrou como uma das tendências de pensamento das crianças o fato de elas não admitirem a existência de luz entre uma lâmpada e um círculo de luz produzido por ela sobre uma tela próxima ou afastada. Entretanto, se um objeto for colocado em qualquer lugar entre a tela e a lâmpada, ele também ficará iluminado; portanto, há luz em toda a região.

◁ PIAGET, 1973.

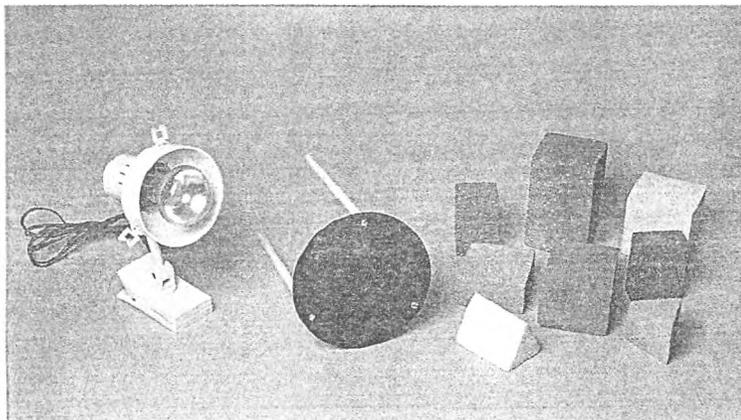
A atividade foi elaborada tendo em vista a necessidade de as crianças compreenderem que as sombras são tridimensionais.

### O material

Devem ser distribuídos para cada grupo:

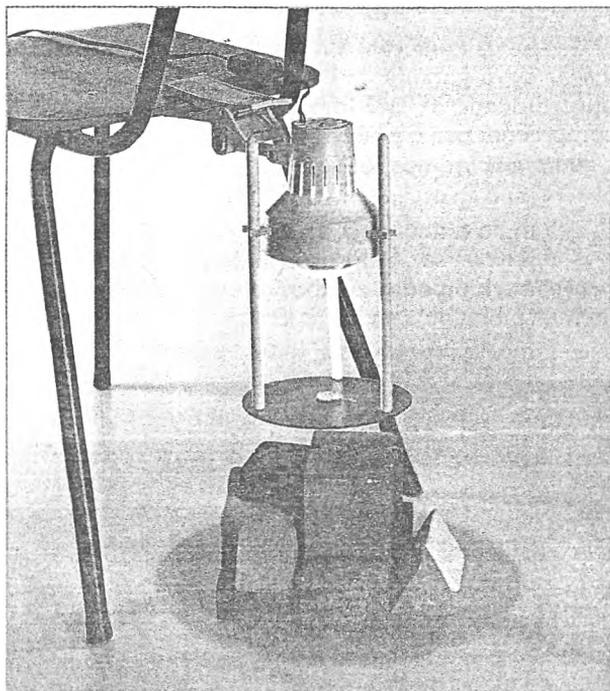
- uma luminária;
- um anteparo sem orifício, colocado a aproximadamente 15 cm da luminária;
- um conjunto de 15 peças de isopor em diversos tamanhos, cores e formatos (em vez de isopor, podem ser usadas caixas vazias de remédio, de fósforo, de suco de fruta, etc.).

Laurenti Boechetto



*Luminária, anteparo sem orifício e peças de isopor.*

A luminária e o anteparo são fixos. Ao acendermos a luminária, se formará uma sombra.



*A luminária pode ficar presa ao assento de uma cadeira colocada sobre uma mesa, para facilitar o trabalho dos alunos. A foto mostra as peças arrumadas na sombra que se forma abaixo do anteparo. O orifício do anteparo está vedado.*

## O problema

O professor mostra o material para a classe e propõe o problema:

— Eu gostaria que vocês descobrissem um jeito de colocar todas as peças, inteirinhas, dentro da sombra.

### A solução

*Para conseguir colocar todas as peças de isopor dentro da sombra do anteparo, os alunos devem empilhá-las umas sobre as outras.*

### A explicação física

*A sombra de um objeto qualquer se forma quando a trajetória da luz é interceptada por algum obstáculo, estando localizada no*

*espaço do lado oposto à fonte luminosa. Quando a trajetória da luz é interrompida pela presença do anteparo, forma-se, então, uma região de sombra no espaço que não recebe luz da luminária.*

*Assim, a sombra de um objeto é tridimensional, pois se encontra no espaço, e não bidimensional, como freqüentemente acreditamos por confundirmos a sombra com sua projeção sobre um plano (por exemplo, uma parede).*

## Agindo sobre os objetos para ver como eles reagem

Os alunos começam a manusear o material. O professor deve garantir que todas as crianças tenham oportunidade de fazê-lo, além de verificar se todos compreenderam o problema proposto.

Num dos grupos, as crianças acendem a lâmpada e observam o aparecimento do círculo escuro no chão.

Um aluno retira as peças de isopor do saco plástico e as coloca na sombra, começando pelas peças maiores (paralelepípedos e cubos) e empilhando-as até a menor (pirâmide).

As crianças repetem isso várias vezes.

*As situações, as falas e os relatos apresentados a seguir referem-se a aula realizada numa classe de terceira série.*

## Agindo sobre os objetos para obter o efeito desejado

Os alunos empilham as peças de isopor colocando as maiores embaixo e as menores em cima, todas dentro da sombra. Sobram algumas peças.

Num dos grupos, um aluno pergunta:

— E agora, cadê a sombra?

Ele mesmo responde:

— A sombra tá aqui, ó — aponta para o círculo escuro no chão. — Coloca aqui. — diz para os colegas do grupo. As peças são então espalhadas no chão.

Ao ver como o grupo ao lado estava resolvendo o problema, esse mesmo aluno diz:

— Olha como eles estão fazendo, coloca aqui, ó — orienta os colegas, que passam a empilhar as peças.

Esse aluno aprendeu observando os demais. Tem, é claro, necessidade de tentar por si próprio, mas, como dissemos no Capítulo 2, a aparente cópia da solução não é prejudicial. Na verdade, segundo Piaget, não há “cola” ou cópia — tudo é recriado. Assim, do mesmo modo como ocorre no trabalho dos cientistas, nessas situações de cooperação entre as crianças a troca de informações e experiências é importante para novas construções.

◀ PIAGET, 1950.

Para que os alunos reflitam sobre o que estão fazendo, o professor passa pelos grupos fazendo perguntas, como no exemplo a seguir.

— Onde é que está a sombra para vocês?

— A sombra tá aqui — os alunos apontam o círculo escuro no chão.

— Esta peça aqui, ela está dentro da sombra ou não? — o professor pergunta apontando para uma pirâmide iluminada que está no topo de uma pilha.

— Não.

— Então coloca ela dentro da sombra pra mim — ele pede ao grupo.

Um aluno coloca o triângulo mais para o centro da pilha de isopor, totalmente dentro da sombra. O professor pergunta:

— E agora, esta peça tá na sombra?

Os alunos hesitam um pouco e respondem juntos:

— Sim.

— Então a sombra está aqui [no chão] ou aqui também [na pirâmide, no topo da pilha]? — o professor continua a instigar os alunos.

— Tá aqui [no chão] — respondem as crianças.

— Se a sombra está aqui, como é que esta peça está na sombra? — insiste o professor.

— É porque a sombra tá cobrindo ele.

— Então a sombra não está só aqui [chão]?

— A sombra tá aqui também [no triângulo no topo da pilha] — é a conclusão das crianças.

Em seguida, os alunos empilham as peças de modo a fazer todas ficarem na região de sombra. Desta vez cabem todas as peças. Eles sorriem. O problema foi resolvido sem que o professor precisasse fazê-lo pelas crianças.

### **Tomando consciência de como foi produzido o efeito desejado**

Para começar a discussão, o professor organiza a classe, recolhendo o material e pedindo que os alunos se sentem em roda. Ele pergunta:

— Como vocês fizeram para conseguir colocar todas as peças inteirinhas dentro da sombra?

As crianças respondem com entusiasmo:

— Eu peguei o isopor e coloquei uma peça em cima da outra até chegar na sombra, daí quando eu coloquei a última peça ela chegou lá na sombra.

— A gente pegamos e colocamos uma pecinha em cima da outra... e depois colocamos um monte ao redor da sombra.

— Nós colocamos as pecinhas deitadas e não conseguimos. Depois disso, a gente colocou as pecinhas em pé, encaixamos bem, e daí a gente conseguiu.

— Eu separei as peças de mesmo tamanho: grande, média e pequena. Depois eu fui empilhando até conseguir colocar todas dentro da sombra.

Como já dissemos, cada criança tem necessidade de contar o que fez, ainda que repetindo o que já foi dito. Esta etapa deve ser respeitada e todos os alunos que queiram falar devem ter oportunidade de fazê-lo; do contrário, quando o professor lhes pedir para explicar os problemas, serão apresentadas, novamente, apenas descrições.

### Dando as explicações causais

É importante que não sejam esperadas, em todas as classes, exatamente as mesmas explicações das crianças. As idéias apresentadas abaixo foram transcritas de uma situação particular de ensino. Assim, em outros contextos, diferentes formas de explicação podem surgir.

Para obter as explicações, o professor pergunta:

— Por que, para conseguir colocar todas as pecinhas dentro da sombra, vocês tiveram que colocar uma em cima da outra?

— ... se eu colocasse espalhado, ocuparia mais espaço; se eu colocasse empilhado, ocuparia bem menos espaço e daí caberia na sombra.

— Tem a lamparina, daí você coloca aquele negócio [o anteparo] e a sombra vai ficar bem ao redor das peças.

— Quando você levantou o círculo, aí ele fica mais grande, aí a sombra vai tá assim — o aluno mostra corretamente com as mãos a posição das sombras no espaço ao redor das peças —, aí você empilha e a sombra fica cobrindo os objetos.

— A sombra, ela tá no chão só que também ela tá no alto — outro aluno mostra com as mãos a região do espaço onde está localizada a sombra.

— Para mim a sombra tá só ao redor das pecinhas.

— A gente coloca os objetos dentro da sombra. Aí o reflexo da luz bate naquele círculo [o anteparo], aí aquele círculo fica grande, aí a gente coloca... a sombra fica em todo lugar aonde a gente colocou os objetos.

A idéia do que é uma sombra já foi discutida na atividade “O problema das sombras iguais”. No entanto, o professor pode retomar a questão, perguntando explicitamente para os alunos:

— O que é uma sombra?

— ...pra mim é simplesmente quando eu olho pela rua e, se tiver muito Sol, a sombra tá ao meu redor, mas ela não tem a mesma cor da roupa da gente.

— Sombra é quando a gente tá andando no Sol, assim no recreio, eu tô correndo, daí eu vejo a sombra.

— O Sol é uma luz, daí tem uma árvore. Então o Sol bate na árvore, a árvore é a mesma coisa que o papel [anteparo], então ela [a luz] bate e vai ficar sombra. A árvore não tá deixando o Sol passar pra ficar Sol lá embaixo.

— A bola [o anteparo] não deixa a luz passar, e daí faz uma sombra.

## Escrevendo e desenhando

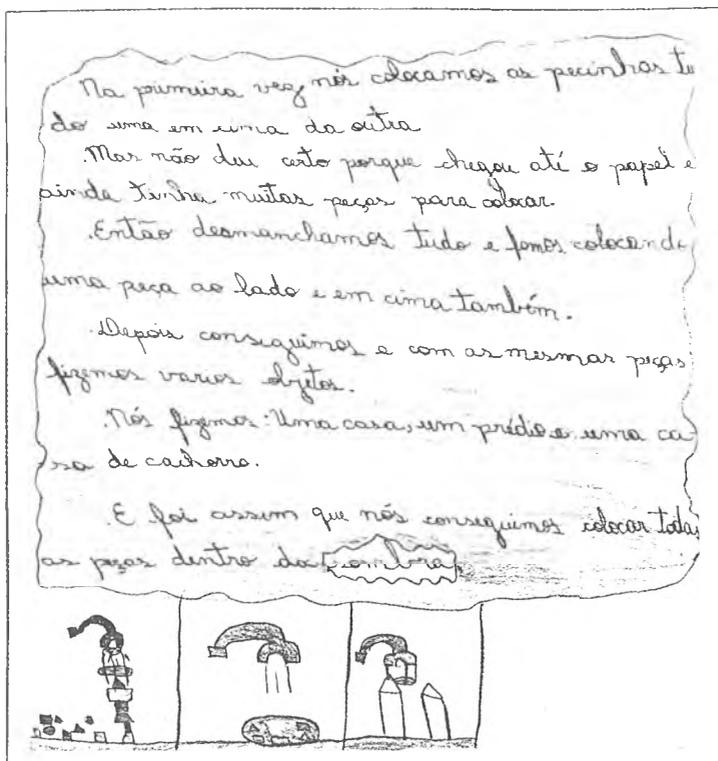
Como exemplo de relatos dessa atividade foram selecionados três trabalhos de alunos da terceira série.

Os três têm estrutura semelhante: trazem textos e desenhos. Os textos são bem elaborados, com parágrafos respeitados e poucas incorreções ortográficas.

Nos relatos 1 e 2 as crianças empregam a primeira pessoa do plural, indicando que o trabalho realizado em grupo foi compreendido e interiorizado.

### RELATO 1

O aluno descreve, neste relato, o procedimento seguido, com suas idas e vindas, e afirma que conseguiu resolver o problema proposto, além de registrar a brincadeira, a fantasia, através das várias construções descritas. Seu desenho ilustra as etapas seguidas para alcançar a solução do problema.



Relato 1.

## RELATO 2

Este relato apresenta uma abordagem diferente do primeiro, seu autor não se limita a descrever o procedimento seguido: a partir da descrição do “aparelho” de experimentação, ele conclui que o papel intercepta a luz causando a sombra do outro lado.

Por seu desenho, podemos afirmar que esse aluno sabe o que causa a sombra e percebeu que a ausência da luz se faz em todo o espaço, ou seja, que a sombra é tridimensional.

## RELATO 3

Diferentemente dos outros dois, neste relato o autor “conversa” com o leitor, explicando-lhe um eclipse. Percebemos um salto significativo do aluno no sentido da generalização. Ele elaborou sua conceituação, con-

cluindo que a sombra é provocada pela ausência de luz, e indicou o que é necessário para obtê-la: fonte de luz e objeto. Além disso, aplicou seu conhecimento para explicar um fenômeno natural que, em geral, apresenta grandes dificuldades de compreensão para crianças de sua faixa etária: o eclipse.

Quando não chegou a sombra  
 tinha um papel no meio.  
 Foi a luz, bateu no papel, então  
 do papel veio a sombra.  
 Mas não veio a sombra atrás do  
 papel porque o papel não deixou a  
 luz ir para trás.



Relato 2.

É claro que todo mundo já viu eclipse  
 na eclipse a lua entra na frente da sol  
 e escurece.

SOL                      exemplo                      LUA

Quando a lua entra na frente do sol  
 ela não deixa a luz passar então forma uma  
 sombra

---

A sombra é a ausência de luz

---

Para obter a sombra é preciso ter luz e  
 algum objeto

Relato 3.

## Relacionando atividade e cotidiano

Peça aos alunos exemplos de situações relacionadas com a atividade que acabaram de realizar. Não estranhe se eles citarem fenômenos bastante diferentes. Após essa atividade, se o fenômeno do eclipse não aparecer nas discussões, é interessante que o professor pergunte, por exemplo, em que condições temos um eclipse solar.

O importante é que o professor coordene as discussões para que os alunos relacionem situações de seu cotidiano com o problema resolvido na atividade.

### Atividade 8

#### *O problema da reflexão da luz*

Investigações acerca da propagação da luz e de sua reflexão remontam às mais longínquas origens do saber humano, pois nenhum fenômeno físico foi capaz de despertar interesse tão grande como a luz. A Bíblia, por exemplo, já menciona os espelhos; os espelhos metálicos foram encontrados nas tumbas egípcias.

Para a maioria de nós e, especialmente, para as crianças, os espelhos são simplesmente fonte de muitas brincadeiras. Entre as crianças, é comum a brincadeira de fazer "reflexo" usando espelhos. Por exemplo, muitas delas se divertem produzindo "reflexo" nas paredes ou no rosto dos colegas. Podem fazê-lo apontando vidros de relógio na direção de uma fonte de luz, de modo que a luz, ao atingir diretamente a superfície, seja desviada para a direção desejada.

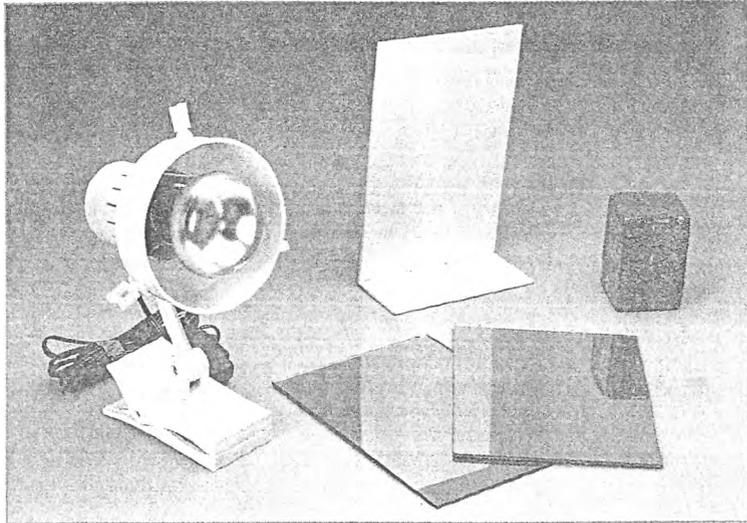
Mas como fazer as crianças, já nas primeiras séries do ensino fundamental, compreenderem a reflexão da luz num espelho como seu desvio?

Elaboramos nossa atividade pensando nessa questão. Nossos alunos devem usar espelhos para "desviar" o caminho original da luz e iluminar objetos que estão no escuro.

## O material

Devem ser distribuídos para cada grupo:

- uma luminária;
- dois espelhos planos, com cerca de 13 cm de largura e 18 cm de altura;
- um anteparo (cartolina, caderno, papelão, etc.);
- um objeto pequeno (pedaço de isopor, caixa de fósforo, apontador, borracha, etc.).



Laurent Fuchs

*Luminária, dois espelhos, anteparo (peça de plástico, neste caso) e objeto (peça de isopor).*

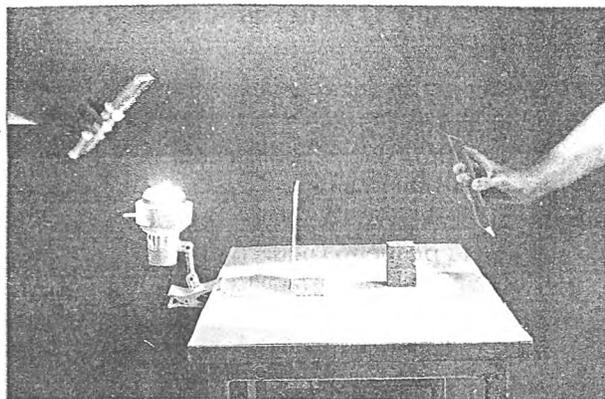
## O problema

O professor propõe o problema para a classe:

— Como é que a gente pode fazer para iluminar este pedaço de isopor que está atrás da cartolina, usando somente estes dois espelhos?

É importante explicar para as crianças que a luminária, o anteparo e o isopor deverão ser mantidos fixos. O problema é iluminar o isopor mexendo apenas os dois espelhos.

A luminária, o anteparo e o objeto devem ser posicionados pelo professor de acordo com a figura a seguir.



*O espelho à direita deve captar a luz refletida pelo espelho sobre a luminária, iluminando o objeto.*

#### **A solução**

*A trajetória da luz será modificada duas vezes: um espelho desvia a luz para o outro, que a desvia para o isopor. Para isso, os alunos devem colocar um dos espelhos na*

*frente da luminária, desviando a luz para o outro, posicionado acima do isopor que está atrás do anteparo, para que ele a desvie em direção ao isopor.*

#### **A explicação física**

*A luminária acesa é um corpo que emite luz. Sempre que a luz, proveniente de uma fonte natural (como o Sol) ou artificial (como a luminária), atinge um corpo qualquer, ela é desviada em todas as direções. Quando incide sobre um espelho, ou sobre qualquer*

*superfície polida, como o vidro, ela é desviada numa direção preferencial, passando a se propagar, quase totalmente, nessa nova direção. Portanto o papel do espelho é desviar a direção de propagação da luz. A esse fenômeno denominamos reflexão da luz.*

### **Agindo sobre os objetos para ver como eles reagem**

As crianças recebem os espelhos e iniciam sua pesquisa.

Os alunos colocam um dos espelhos na frente da luminária e observam a reflexão da luz, projetada ora na parede da sala, ora nos colegas que estão do outro lado da mesa.

Repetem isso várias vezes. Dão risadas, divertem-se.

O professor passa pelos grupos verificando se o problema proposto foi compreendido e se todos os alunos estão tendo oportunidade de manipular o material.

*As situações, as falas e os relatos apresentados a seguir referem-se a aula realizada numa classe de segunda série.*

## **Agindo sobre os objetos para obter o efeito desejado**

Nesta etapa, os alunos começam a coordenar o efeito dos dois espelhos. Procuram ajustar a posição de um deles de forma tal que a luz atinja o outro. Esse segundo espelho, posicionado acima do anteparo de cartolina, é inclinado de modo a iluminar o isopor.

Os alunos se revezam, conseguindo iluminar o pedaço de isopor atrás da cartolina. Como em todas as atividades, as crianças vibram quando encontram a solução para o problema.

O professor deve estimular cada um dos grupos a mostrar e a contar aquilo que está fazendo, para certificar-se de que os alunos entenderam e conseguiram resolver o problema e dar-lhes condições para que refaçam mentalmente suas ações e as verbalizem.

## **Tomando consciência de como foi produzido o efeito desejado**

Para iniciar essa nova etapa, o material deve ser recolhido e a classe, reorganizada, de maneira a permitir a integração de todos os alunos.

O professor deve incentivar o relato de todas as crianças. Para isso, deve perguntar, várias vezes, de maneiras diferentes, como elas fizeram para resolver o problema. Ele pode perguntar, por exemplo:

— Como vocês fizeram para conseguir iluminar o pedaço de isopor que estava atrás da cartolina, usando somente os dois espelhos?

— Eu deixei um espelho na frente da lâmpada e o Eric ficou do outro lado da mesa com o outro espelho, deixando o espelho meio torto assim — o aluno mostra com a mão a inclinação do segundo espelho, colocado acima da cartolina.

— Eu tinha que ver a luz; se eu não via, daí não dava pra ver onde que tava o espelho pra iluminar o isopor. Então, aí, mais pra baixo, mais pra cima. Aí deu: coloquei o espelho e iluminou o isopor — explica outro aluno.

— A gente tinha a lâmpada aqui — a criança mostra a posição da lâmpada —, aí a gente colocou um espelho na frente dela e o outro a gente colocou meio inclinado, quase em cima do isopor.

## Dando as explicações causais

Nesta fase, como já sabemos, é essencial que a criança explicita o porquê do fenômeno observado. No entanto, nem sempre se obtém, de imediato, uma explicação. O professor deve ouvir os alunos pacientemente e, em seguida, refazer a pergunta. Por exemplo:

— Por que, quando vocês colocaram os espelhos naquelas posições, o isopor ficou iluminado?

Os alunos respondem:

— A luz bate no espelho, daí, do espelho, ela bate no outro e vai para o isopor.

— A gente coloca um espelho na frente da luz e faz um reflexo; daí, como a gente pega o outro espelho, o reflexo vai para aquele outro espelho e vai para o isopor.

De certa forma, esta atividade é complementar às de sombras. Note, na fala acima, a utilização que a criança faz da palavra **reflexo**. Essa mesma palavra costuma ser usada em relação às sombras. No entanto, os conceitos envolvidos são diferentes: no primeiro caso, correto, reflexo corresponde ao desvio da luz. Já no caso das sombras, a luz não foi desviada, mas sim bloqueada. Dessa forma, não é um reflexo da luz, mas uma região do espaço não atingida por ela. As atividades se complementam: compreendendo um conceito, as crianças podem utilizar elementos dessa compreensão em outras situações.

## Escrevendo e desenhando

Dos relatos solicitados pelo professor a seus alunos como última etapa desta atividade, selecionamos três. Todos eles são compostos por textos acompanhados de desenhos. No primeiro, o desenho é ilustrativo, enquanto nos outros dois os desenhos são explicativos.

### *RELATO 1*

O autor deste relato nos conta todos os passos dados pelos componentes de seu grupo — existe referência aos colegas — para solucionar o problema proposto. Além disso, descreve a trajetória feita pela luz para iluminar o isopor.

Seu desenho está incorporado ao texto, ilustrando a montagem do experimento. O aluno optou por “economizar” palavras e substituiu a descrição do aparato experimental pelo desenho, a partir do qual elaborou seu texto.

Este negócio se iluminou e isopor foi assim.



então foi assim um colega meu ficou segurando

do um espelho na frente da Luz e no meio da mesa  
tenha uma cartolina dobrada e um pedaço de isopor  
por. E meu outro colega ficou segurando do outro lado  
da mesa sem lanterna e inclinou o de trás o espelho  
para baixo e o da frente para a cima e aí o reflexo  
da luz pegou no espelho da frente e foi para a cartolina  
que refletiu no espelho de trás e iluminou o isopor

Relato 1.

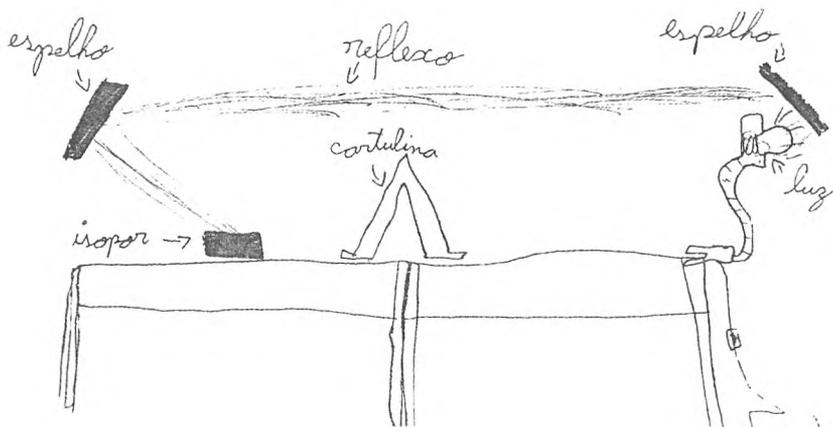
## RELATO 2

Este relato é bastante rico em informações, tanto na parte do texto quanto na do desenho.

No texto, o aluno descreve seu procedimento e o caminho percorrido pela luz entre um espelho e outro até atingir o isopor.

O desenho, bem detalhado, é um esquema claro — principalmente se considerarmos que seu autor é um aluno da segunda série do ensino fundamental —, que mostra a montagem empregada no experimento, a inclinação necessária dos espelhos para solucionar o problema e a trajetória da luz, que ele identifica como reflexo.

Eu fiz a experiência colocando um espelho na frente da luz e o outro espelho atrás da cortalina quando eu liguei a luz e apontei ela para o espelho eu refleti a luz de um espelho para o outro e mirei o espelho que estava atrás da cortalina no isopor e o isopor ficou iluminado.



Relato 2.

### RELATO 3

A correção ortográfica chama a atenção neste relato, embora esse não seja o ponto mais relevante na análise do trabalho dos alunos. O importante é que eles tenham oportunidade de registrar o que acharam mais importante nas etapas anteriores da atividade.

No texto, bastante extenso, está descrito o procedimento adotado para buscar a solução do problema proposto e o motivo pelo qual o aluno o escolheu.

O desenho, além de mostrar o aparato empregado na experiência e a trajetória da luz, nos informa que o trabalho em grupo foi bem aceito e houve colaboração entre seus componentes. O aluno é criativo ao utilizar balões para reproduzir o diálogo entre os colegas do grupo.

Eu consigo fazer a luz iluminar o isopor colocando um dos espelhos na frente da luz e o outro atrás do isopor. O que estava na frente da luz eu fiquei segurando meio inclinado de forma que a luz refletisse no outro espelho que também estava meio inclinado, aí daquele espelho para o isopor.



Relato 3.

### Relacionando atividade e cotidiano

Peça aos alunos exemplos de situações relacionadas com a atividade que acabaram de realizar. Não estranhe se eles citarem fenômenos bastante diferentes. Nossa atividade é muito parecida com a brincadeira infantil de produzir "reflexos" nas paredes, desviando a luz do Sol com vidros de relógios, latas, espelhos e outros materiais refletores. É possível também discutir o reflexo das pessoas em um lago ou em um espelho, embora essas situações sejam mais complicadas, já que, nesse fenômeno, há duas reflexões: a luz do Sol atinge a pessoa, é refletida no lago (ou no espelho) e retorna, finalmente, aos olhos de quem está se observando. Essa reflexão dupla só deverá ser discutida com alunos das últimas séries.



A parte mais antiga da Física, básica para a compreensão de muitas outras partes dessa ciência, tem como objeto de estudo o movimento e o equilíbrio dos corpos. Inicialmente associado à elaboração de instrumentos e dispositivos mecânicos úteis às sociedades antigas, o problema do equilíbrio dos corpos foi um dos primeiros ao qual se dedicaram os estudiosos da natureza. Esse tema está presente, por exemplo, nas obras de Aristóteles (século IV a.C.) e Arquimedes (século III a.C.).

◁ MACH. 1949.

Para começarmos a discutir equilíbrio, podemos pensar num garçom que leva uma bandeja cheia de copos apoiada apenas em uma das mãos. Provavelmente concordamos ser muito importante que o ponto que ele escolhe para apoiar a bandeja seja aquele em que ela fica equilibrada, isto é, seu ponto de equilíbrio.

Podemos pensar, num primeiro momento, que esse ponto coincida com o centro de simetria da bandeja (a bandeja pode ser equilibrada em seu ponto central, nem mais à direita, nem mais à esquerda). Entretanto, isso é verdade apenas quando a massa do corpo está distribuída uniformemente; caso contrário (imagine copos apenas em um dos lados da bandeja), o ponto de equilíbrio não coincide necessariamente com o centro de simetria: o novo ponto de equilíbrio é chamado **centro de massa**.

A noção de centro de massa costuma ser pouco enfatizada no ensino, embora seja solidária a outras que são fundamentais, do ponto de vista tanto dos estudos psicogenéticos quanto da própria ciência. Essas outras noções são: equilíbrio, simetria, partição do todo em partes, integração das partes num todo. Ao pensarmos no ensino posterior, a idéia de centro de massa é o primeiro passo para a compreensão do tratamento abstrato dado pela Física ao objeto, que é representado por uma massa pontual, isto é, concentrada num ponto.

◁ VALLE. 1989.

No ensino elementar, é comum que os alunos construam balanças com o objetivo de comparar pesos. Entretanto, a idéia de comparação de pesos, do equilíbrio entre eles, é necessária para que se possa compreender a balança. Assim, as atividades que desenvolvemos, ao chamarem a atenção das crianças para o ponto de sustentação no equilíbrio, que envolve a dis-

◁ VALLE. 1989.

tribuição da massa, devem favorecer a compreensão de problemas que elas possam identificar numa eventual atividade de construção de balança; são eles, por exemplo: a semelhança das massas dos pratos que serão suspensos, a posição em que devem ser suspensos, o ponto de sustentação da barra na qual os pratos estão acoplados.

KARMILOFF-SMITH & INHELDER, 1975. ▷

A questão do equilíbrio foi tratada por Karmiloff-Smith e Inhelder, que procuravam entender, por meio de entrevistas clínicas com crianças, a maneira pela qual elas constroem idéias sucessivamente mais abrangentes sobre esse tema. Pediam às crianças que equilibrassem blocos de madeira sobre um trilho.

Numa fase inicial, as crianças não costumam fazer previsões quanto ao ponto de equilíbrio; escolhem pontos aleatórios em cada tentativa. Crianças mais velhas ou crianças menores, depois de trabalharem bastante com os blocos, passam gradativamente a apresentar o que as autoras denominam "teoria-em-ação" — uma teoria **implícita**, reguladora das ações. Nesse caso, tentam equilibrar os blocos segundo sua simetria espacial, isto é, acreditam que o centro de simetria é o ponto de equilíbrio dos objetos. Em muitos casos, todavia, as crianças não são bem-sucedidas, já que o ponto de equilíbrio depende da **distribuição** da massa, que pode não ser simétrica.

A existência dessa "teoria-em-ação" foi reforçada pela reação das crianças quando não obtinham sucesso tentando equilibrar os objetos pelo ponto de simetria. Nesse momento, uma atitude comum entre elas era declarar a tarefa "impossível" com blocos que crianças menores — ou então essas mesmas, de olhos fechados — eram capazes de equilibrar. Essa atitude ilustra a disposição (também verificada entre adultos) para a confirmação de idéias preestabelecidas, o que pode levar a uma "cegueira" temporária.

De fato, essa "teoria-em-ação" que as crianças constroem, segundo a qual o centro de massa coincide com o centro de simetria dos blocos, constitui uma idéia muito forte — contra-exemplos não bastam para modificá-la.

Por isso, é preciso que as crianças reconheçam os contra-exemplos como tal e não apenas como meras exceções à sua idéia inicial. Para que isso ocorra, é necessário que se dê um incremento à competência conceitual das crianças com relação ao papel da massa **inclusive** nas situações de equilíbrio, pois elas inicial-

mente reconhecem a massa como variável relevante apenas em situações nas quais é responsável pelo desequilíbrio.

Assim, a Atividade 9 foi elaborada para as crianças analisarem o papel da massa nas situações de **equilíbrio**, abrindo caminho para a Atividade 10, que propicia uma situação em que elas poderão fazer a separação entre centro de simetria e centro de massa. Sabemos que, de certa forma, essa divisão é artificial; embora o processo de construção de um conceito não implique a transferência para novos contextos, talvez seja na presença de situações distintas com as quais o sujeito depara que surja a nova concepção.

◁ VALLE, 1989.

## Atividade 9

### *O problema do equilíbrio*

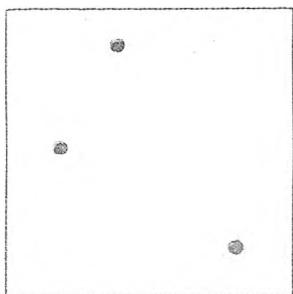
Nesta atividade, as crianças têm oportunidade de refletir e testar suas hipóteses para o equilíbrio dos corpos. A tarefa não é simples: elas são convidadas a equilibrar um quadrado, apoiando-o em pontos que não coincidem sempre com seu centro de simetria. No entanto, são capazes de resolver o problema e, dessa forma, dar os primeiros passos na construção da noção de centro de massa.

### O material

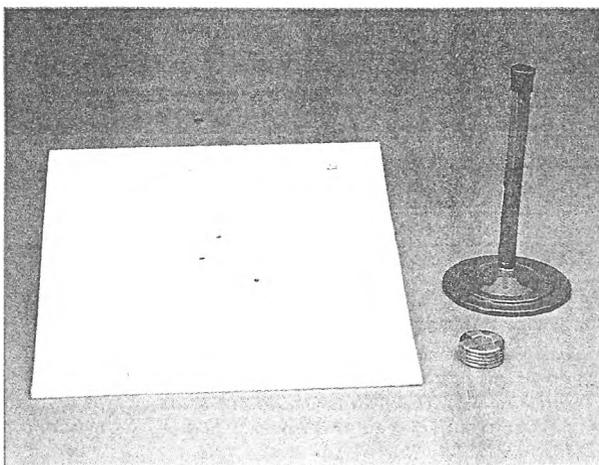
Devem ser distribuídos para cada grupo:

- uma placa quadrada (vinil, plástico, papelão, etc.) com aproximadamente 30 cm de lado. O quadrado tem três marcas (furos), conforme mostra a figura;
- uma haste vertical, com espessura de uma vela, de 15 cm de altura aproximadamente, que servirá de suporte;
- um objeto pequeno para servir de peso (pilha grande, caixa de fósforo cheia de terra, etc.).

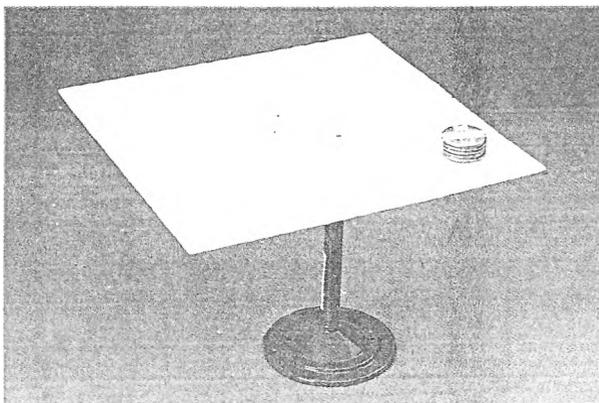
O material deve ser colocado sobre uma mesa para que os alunos possam manipulá-lo com facilidade.



*Detalhe dos furos na placa quadrada. Os pontos de apoio são furados para facilitar a visualização da haste no momento de apoiar.*



Fotos Laurent Fochetto



*Material usado na atividade e, na segunda foto, uma amostra do quadrado equilibrado no bastão com ajuda do peso (neste caso, um bloquinho de arruelas).*

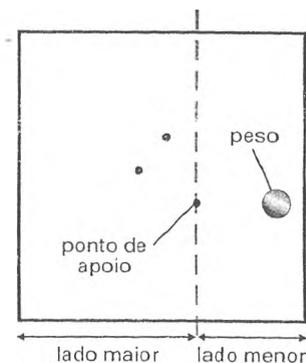
## O problema

O professor propõe o problema para a classe:

— Vocês estão vendo que o quadrado tem três marquinhas? Dêem uma olhada. Eu quero que vocês descubram pra mim como equilibrar o quadrado nesse suporte, apoiando-o cada vez em cima de uma das marquinhas. Se precisarem, podem usar o peso para ajudar a equilibrar o quadrado.

### A solução

Para cada ponto de apoio ou marca (furos no quadrado), teremos uma solução diferente, pois eles estão em posições diferentes. Apesar disso, observamos que as soluções têm algumas características em comum. Quando o quadrado é apoiado sobre a haste na marca central, ele se equilibra sem a ajuda do peso ou colocando-se o peso sobre a marca. Para equilibrar o quadrado sobre a haste nos outros dois pontos de apoio, é necessário usar o peso. Nesses casos, devemos supor uma linha imaginária que passa sobre o ponto de apoio em questão, dividindo o quadrado em duas partes: uma maior e outra menor. O equilíbrio é obtido ao colocarmos o peso no lado menor do quadrado, a uma certa distância do ponto de apoio. Quanto maior for a diferença entre as partes maior e menor do quadrado, maior deverá ser a distância entre o ponto de apoio e o peso.



### Agindo sobre os objetos para ver como eles reagem

Os alunos, já na primeira tentativa, conseguem equilibrar o quadrado na marca central, ainda sem colocar o peso sobre ele. Ao observarem o quadrado em equilíbrio, exclamam:

— Conseguimos! Conseguimos!

*Atenção: seus alunos chegarão a essa solução sem que você precise apresentá-la a eles.*

### A explicação física

Para que um corpo fique equilibrado, é preciso que seu ponto de apoio coincida com seu centro de massa.

No caso da marca central, isso já é verdade. Como esse ponto coincide com o centro de massa, o peso é desnecessário, mas pode ser utilizado, se for colocado sobre o ponto de apoio, de forma que não desloque, desse ponto, o centro de massa do quadrado.

Já no caso das duas outras marcas, como um lado do quadrado é maior do que o outro, o lado maior terá mais massa. Assim, o peso é necessário para equilibrar a massa dos dois lados (ele é colocado no lado menor do quadrado). Quando o quadrado é equilibrado na marca mais próxima da borda, a diferença de massa entre os lados do quadrado é maior ainda. Como, então, é possível equilibrar o quadrado, nos dois casos, com o mesmo peso?

O que possibilita o equilíbrio, nos dois casos, com o mesmo peso, é a distância entre ele e o ponto de apoio do quadrado. Quanto mais distante o peso estiver do ponto de apoio, maior será seu efeito — é por isso que, numa gangorra, as pessoas ficam sentadas nas extremidades. Dessa forma, no caso do ponto de apoio mais próximo da borda, o peso precisa ser colocado mais afastado dele.

Explicações típicas dos alunos serão apresentadas na seção "Dando as explicações causais". É natural que não correspondam exatamente à que acabamos de fornecer.

*As situações, as falas e os relatos apresentados a seguir referem-se à aula realizada numa segunda série.*

Em seguida, os alunos passam a apoiar o quadrado na haste em outra marca. Não conseguem mais equilibrá-lo. Um aluno tenta colocar o peso sobre o ponto de apoio, o que não ajuda a deixar o quadrado em equilíbrio.

Os alunos não obtêm êxito em inúmeras tentativas. Insistem em colocar o peso sobre o ponto de apoio.

Na verdade, não é preciso que as crianças cheguem a uma solução logo nas primeiras tentativas, mas é importante que tenham compreendido o problema. O professor passa pelos grupos fazendo essa verificação e se certificando de que todos os alunos estão tendo oportunidade de manipular o material.

### **Agindo sobre os objetos para obter o efeito desejado**

Um menino coloca o quadrado sobre a mesa e traça uma linha imaginária passando pela segunda marquilha e dividindo o quadrado em duas partes. Afirma:

— Eu sei por que isso aqui não equilibra. Porque aqui — aponta uma das partes imaginárias do quadrado — é menor do que aqui.

Logo a seguir, o mesmo aluno experimenta colocar o peso numa posição que não coincide com o ponto de apoio. Consegue melhores resultados.

Finalmente, as crianças conseguem equilibrar o quadrado. A alegria é geral.

Essa alegria se deve, em grande parte, ao fato de as crianças terem resolvido o problema por si próprias. Durante a resolução, cabe ao professor estimulá-las a mostrar e a contar o que estão fazendo, mas, nunca, fornecer-lhes a solução.

### **Tomando consciência de como foi produzido o efeito desejado**

Para começar esta etapa, o professor organiza a classe, com os alunos em roda, para a discussão geral. Recolhe o material para não desviar a atenção dos alunos e pergunta, por exemplo:

— Como vocês fizeram para achar o lugar para conseguir equilibrar?

Os alunos participam:

— O primeiro que a gente colocou, que foi o último [marquinha na extremidade do quadrado] de acordo com o lugar... a gente tinha que colocar o bastãozinho [haste] no quadrado, tinha que pegar o pesinho colocando no lugar certo, tipo no último... tinha que colocar bem na ponta pra ficar totalmente equilibrado.

— Tinha que deixar o pesinho equilibrando, aí colocava o quadrado e colocava [o peso] na ponta que tava mais pequena para equilibrar do outro lado.

— Colocava [a haste] na marquinha e colocava o peso em vários cantos para ver onde equilibrava.

Ainda que os relatos das crianças possam parecer repetitivos, o professor deve ouvi-los com atenção e garantir que os demais alunos também participem.

### Dando as explicações causais

A pergunta característica desta fase é “Por quê?”. No entanto, nem sempre se obtém, de imediato, uma explicação. Muitas vezes, o aluno torna a contar o que fez. O professor deve ouvi-lo pacientemente e, em seguida, refazer a pergunta. Por exemplo:

— Então vocês tinham que encontrar um lugar para colocar o peso e equilibrar, não é? Mas por que, quando vocês colocavam o peso nesse lugar, o quadrado ficava equilibrado?

— Porque fica pesado... porque o peso é pesado, então, quando coloca, equilibra.

— Porque os dois lados [divisão imaginária do quadrado] ficavam com o mesmo peso.

O que o aluno afirma não é rigorosamente verdade. Se colocamos uma massa menor mais distante do ponto de equilíbrio, ela pode contrabalançar uma massa maior que tenha sido colocada do outro lado, mais perto desse ponto. No entanto, nota-se que as crianças tomam consciência da **massa** nas situações de **equilíbrio**.

É importante observar também que, apesar da relutância inicial (por inúmeras tentativas, os alunos não conseguem obter êxito; insistem em colocar o peso sobre o ponto de apoio), as crianças acabam reconhecendo que a massa adicional pode, e deve, ser colocada fora do ponto de apoio para que o quadrado fique equilibrado.

*Na verdade, em suas falas, as crianças não dizem “massa” e, sim, “peso”. Isso é natural, pois no cotidiano dizemos que uma pessoa tem 50 kg de peso, ainda que, na Física, 50 kg correspondem à massa da pessoa.*

Essa relutância pode estar relacionada à “teoria-em-ação”, segundo a qual o centro de simetria coincide com o centro de massa.

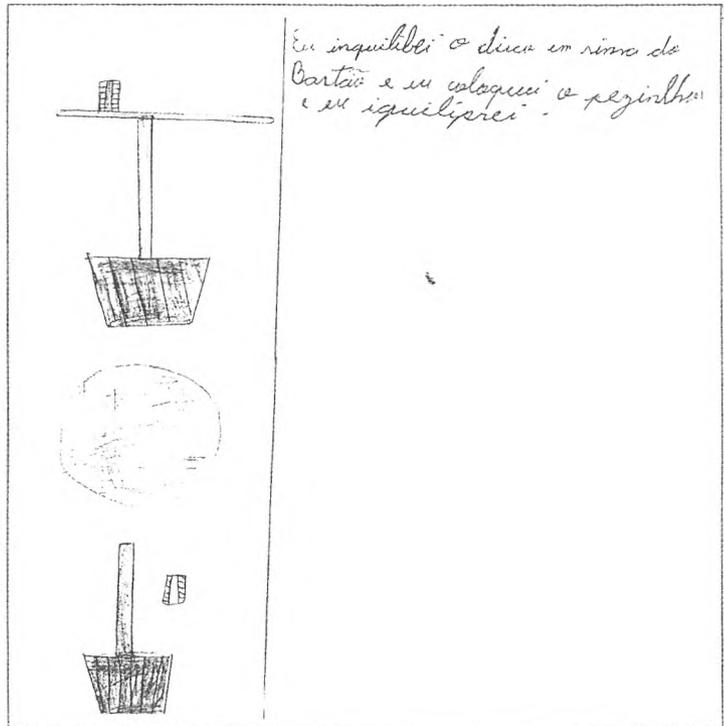
## Escrevendo e desenhando

São três os relatos selecionados para exemplificar o que os alunos destacam como importante nesta atividade.

### RELATO 1

Este relato apresenta um texto bastante breve: o aluno descreve o que fez ao buscar a solução para o problema proposto.

O desenho pode ser dividido em duas partes: na primeira, o aluno representa a solução encontrada e, na segunda, nos mostra os materiais empregados na experimentação.

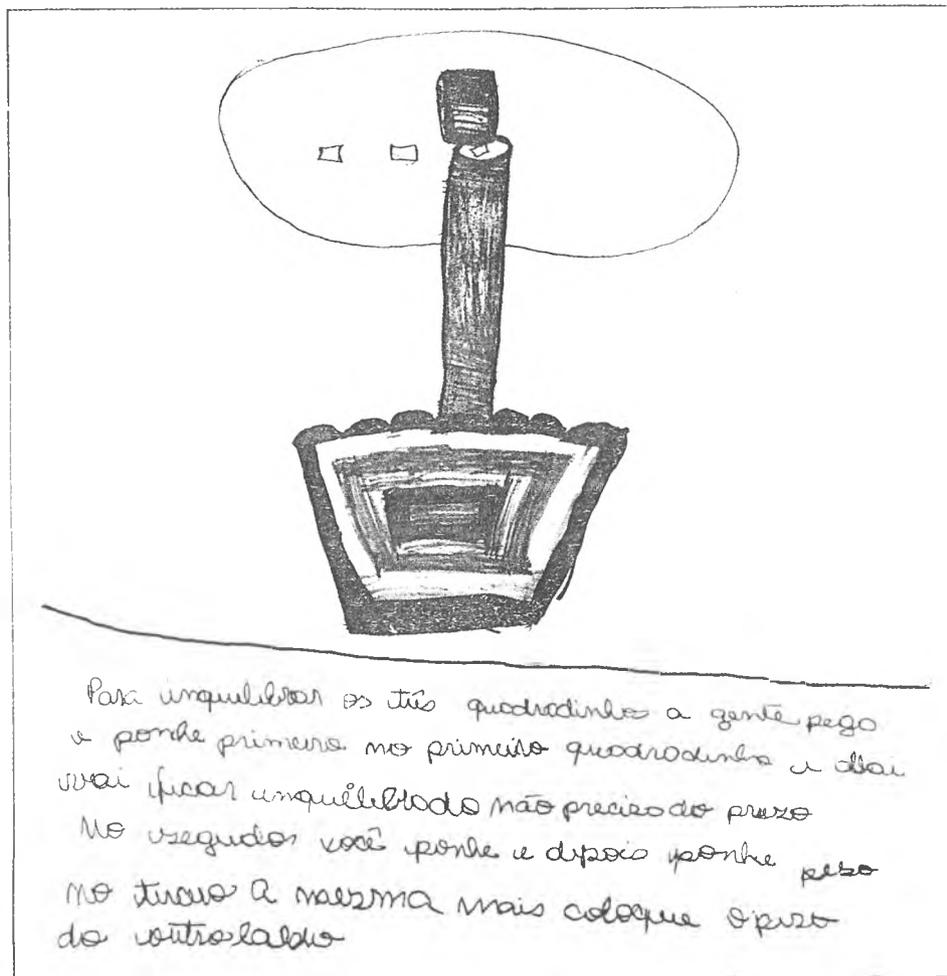


Relato 1.

## RELATO 2

Neste relato, o autor dá destaque ao desenho, que ocupa maior espaço na folha, e representa com detalhes o material utilizado para a realização do experimento.

Em seu texto, o aluno descreve o procedimento que adotou e ao mesmo tempo sugere ao leitor que refaça a experimentação, dando-lhe indicações da posição em que devem ser colocados os contrapesos, o que nos leva a concluir que ele gostou da atividade.

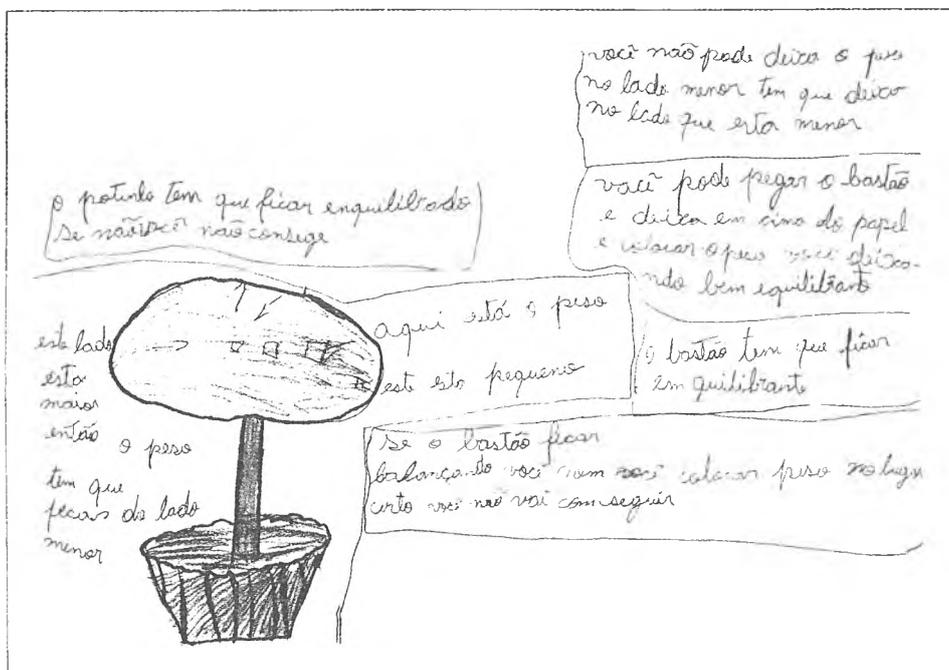


Para equilibrar os três quadradinhos a gente pega  
e põe primeiro no primeiro quadradinho e daí  
vai ficar equilibrado não precisa do peso  
No segundo você põe e depois põe peso  
no terceiro a mesma mais coloque o peso  
do outro lado

Relato 2.

### RELATO 3

Do mesmo modo que os outros dois, este relato é composto por texto e desenho. A estrutura de seu texto, porém, é bastante diversa da comumente empregada por crianças da segunda série do ensino fundamental. Esse aluno expõe suas idéias em tópicos e, algumas vezes, indica as representações feitas no desenho. Alerta sobre a necessidade de manter equilibrado o potinho que serve de base para o aparato experimental e de impedir que o bastão de apoio balance. Isso indica o cuidado com que realizou a parte prática da atividade e a atenção que deu a todos os detalhes que poderiam intervir em sua realização.



Relato 3.

### Relacionando atividade e cotidiano

Peça aos alunos exemplos de situações relacionadas com a atividade que acabaram de realizar. As crianças poderão falar do equilíbrio de uma gangorra ou de uma balança de dois pratos, utilizada em feiras.

O importante é que o professor coordene as discussões para que os alunos relacionem situações de seu cotidiano com o problema resolvido na atividade.

## Atividade 10

### *O problema dos cinco quadrados*

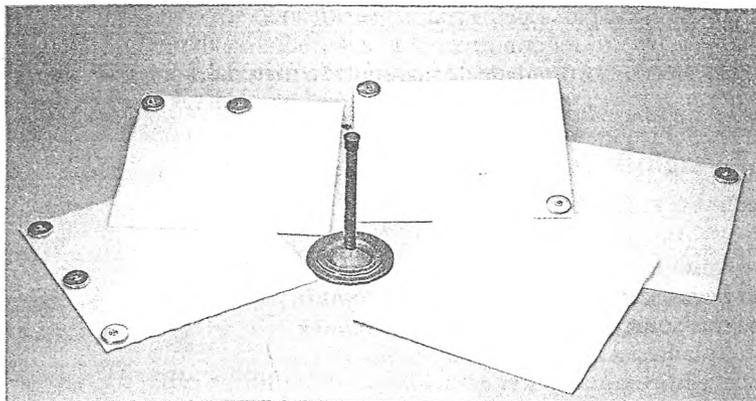
Embora a solução da atividade anterior já contrarie a idéia de que o centro de simetria do objeto coincide com seu centro de massa, as crianças não controlam essa variável, pois as duas marcas que não correspondem ao ponto de simetria já estão colocadas no quadrado. No entanto, elas podem se familiarizar com tal situação e tomar consciência do papel da massa nas situações de equilíbrio.

A Atividade 10 foi elaborada no sentido de enriquecer o processo de integração e construção da idéia de distribuição da massa envolvida no equilíbrio. Nessa atividade, as crianças podem tomar consciência da relação entre as massas e as distâncias em que elas são colocadas de um ponto de equilíbrio. Podem perceber também como uma massa menor mais distante do ponto de equilíbrio contrabalança uma massa maior que tenha sido colocada do outro lado, mais perto dele. Dessa forma, percebem que o ponto de equilíbrio de um corpo pode não coincidir com o centro de simetria e constroem a noção mais geral de centro de massa.

### O material

Devem ser distribuídos para cada grupo:

- cinco placas quadradas (plástico, papelão, etc.), com cerca de 30 cm de lado, sendo que quatro delas têm arruelas fixadas num dos lados de sua superfície, em diferentes pontos: uma com três arruelas, duas com duas arruelas, uma com uma arruela. O quinto quadrado não tem arruelas;
- uma haste, com 15 cm de altura aproximadamente e espessura de uma vela, para servir de base de apoio.



*Quadrados com arruelas fixadas em diferentes pontos da superfície e um sem arruelas (as marcas não têm função nesta atividade).*

## O problema

O professor propõe o problema para a classe:  
— Como fazer para colocar um quadrado de cada vez sobre a base sem deixar cair?

### A solução

*Para conseguir equilibrar os quadrados, muda-se a posição da base de apoio para cada peça.*

*É importante salientar que a solução que apresentamos não deve ser comunicada aos alunos.*

### A explicação física

*Todos os quadrados são idênticos, possuem o centro de simetria no mesmo lugar - em*

*seu centro. No entanto, como cada peça tem uma massa diferente, distribuída de formas diferentes, cada uma delas deverá ser apoiada em pontos diferentes e que coincidam com seu centro de massa.*

*Os alunos não precisam chegar exatamente a essa explicação, embora as que propuserem devam estar na direção do conhecimento científico. Vamos incluir, na seção "Dando as explicações causais", algumas explicações típicas dos estudantes.*

## Agindo sobre os objetos para ver como eles reagem

*As situações, as falas e os relatos apresentados a seguir referem-se a aula realizada numa classe de terceira série.*

Os alunos iniciam a atividade colocando os quadrados sobre a base, apoiando-os em seu centro de simetria. Observam que alguns deles se equilibram e outros, não. Repetem isso várias vezes.

O professor passa pelos grupos verificando se o problema proposto foi compreendido e se todos os alunos estão tendo oportunidade de manipular o material.

### **Agindo sobre os objetos para obter o efeito desejado**

Nesta etapa, os alunos, percebendo que nem todas as peças se equilibram no mesmo ponto, partem para outras soluções. Identificam que o lado mais pesado do quadrado deve ficar mais próximo da base e vão fazendo os ajustes necessários para equilibrar cada uma das peças.

As crianças se revezam para colocar as diferentes peças sobre a base. Não se contentando apenas em observar o colega equilibrando uma outra peça cada um deles expressa a necessidade de equilibrar todas elas.

O professor passa pelos grupos pedindo aos alunos que mostrem e contem o que estão fazendo. Com isso, além de se certificar de que eles entenderam e conseguiram resolver o problema, dá-lhes condições para que refaçam mentalmente suas ações e as verbalizem.

**Atenção:** dê tempo para as crianças resolverem o problema. Não o faça por elas.

### **Tomando consciência de como foi produzido o efeito desejado**

Depois de os alunos terem solucionado o problema, o professor organiza a classe para que aconteça uma discussão geral. O material é recolhido para não desviar a atenção. Os alunos se sentam em roda.

O professor começa perguntando:

— Como vocês fizeram para conseguir equilibrar cada um dos quadrados?

O professor vai mostrando cada um dos quadrados e pede para as crianças contarem como conseguiram equilibrá-los.

— Eu coloquei o quadrado [sem nenhuma arruela] apoiado no meio e ele ficou equilibrado.

— A gente colocou [quadrado com uma arruela] no meio, um pouco mais perto da peça [arruela].

— A gente colocava [quadrado com duas arruelas do mesmo lado] mais perto das peças (...) colocava a base mais perto das peças.

— Eu coloquei [quadrado com duas arruelas do mesmo lado] uma vez no meio e não deu, aí eu coloquei perto dos dois [arruelas] e deu.

— A gente colocava [quadrado com duas arruelas distribuídas simetricamente] no meio dos quadrados [arruelas], no mesmo lugar daquela que não tinha nenhum quadrado [arruela].

É importante salientar que as crianças não se contentam com as descrições feitas pelos colegas. Cada uma tem necessidade de contar o que fez, ainda que repetindo o que já foi dito. O professor deve estar atento a essa necessidade.

### Dando as explicações causais

A pergunta característica desta fase é “Por quê?”. No entanto, nem sempre se obtém, de imediato, uma explicação. Muitas vezes, o aluno conta o que fez. O professor deve ouvi-lo pacientemente e, em seguida, refazer a pergunta.

O professor seleciona os quadrados aos pares e pergunta:

— Por que este quadrado [com duas arruelas distribuídas simetricamente] você equilibrou no meio e este quadrado [com duas arruelas no mesmo lado], mais perto das peças?

Um aluno responde:

— Porque esse aqui [com duas arruelas distribuídas simetricamente] era com o mesmo peso dos lados e aquele outro [com duas arruelas no mesmo lado] era com mais peso de um único lado.

— E por que este quadrado [sem nenhuma arruela] equilibrava do mesmo jeito que este outro quadrado [com duas arruelas distribuídas simetricamente]? — insiste o professor. A seguir, reproduzimos explicações dadas por dois alunos:

— Porque aqui [quadrado com duas arruelas distribuídas simetricamente] os dois lados têm o mesmo peso e aquele lá [quadrado sem nenhuma arruela] também tem o mesmo peso, então não precisa colocar em lugares diferentes se tem o mesmo peso dos lados.

O professor passa pelos grupos verificando se o problema proposto foi compreendido e se todos os alunos estão tendo oportunidade de manipular o material.

### **Agindo sobre os objetos para obter o efeito desejado**

Nesta etapa, os alunos, percebendo que nem todas as peças se equilibram no mesmo ponto, partem para outras soluções. Identificam que o lado mais pesado do quadrado deve ficar mais próximo da base e vão fazendo os ajustes necessários para equilibrar cada uma das peças.

As crianças se revezam para colocar as diferentes peças sobre a base. Não se contentando apenas em observar o colega equilibrando uma outra peça cada um deles expressa a necessidade de equilibrar todas elas.

O professor passa pelos grupos pedindo aos alunos que mostrem e contem o que estão fazendo. Com isso, além de se certificar de que eles entenderam e conseguiram resolver o problema, dá-lhes condições para que refaçam mentalmente suas ações e as verbalizem.

**Atenção:** dê tempo para as crianças resolverem o problema. Não o faça por elas.

### **Tomando consciência de como foi produzido o efeito desejado**

Depois de os alunos terem solucionado o problema, o professor organiza a classe para que aconteça uma discussão geral. O material é recolhido para não desviar a atenção. Os alunos se sentam em roda.

O professor começa perguntando:

— Como vocês fizeram para conseguir equilibrar cada um dos quadrados?

O professor vai mostrando cada um dos quadrados e pede para as crianças contarem como conseguiram equilibrá-los.

— Eu coloquei o quadrado [sem nenhuma arruela] apoiado no meio e ele ficou equilibrado.

— A gente colocou [quadrado com uma arruela] no meio, um pouco mais perto da peça [arruela].

— A gente colocava [quadrado com duas arruelas do mesmo lado] mais perto das peças (...) colocava a base mais perto das peças.

— Eu coloquei [quadrado com duas arruelas do mesmo lado] uma vez no meio e não deu, aí eu coloquei perto dos dois [arruelas] e deu.

— A gente colocava [quadrado com duas arruelas distribuídas simetricamente] no meio dos quadrados [arruelas], no mesmo lugar daquela que não tinha nenhum quadrado [arruela].

É importante salientar que as crianças não se contentam com as descrições feitas pelos colegas. Cada uma tem necessidade de contar o que fez, ainda que repetindo o que já foi dito. O professor deve estar atento a essa necessidade.

### Dando as explicações causais

A pergunta característica desta fase é “Por quê?”. No entanto, nem sempre se obtém, de imediato, uma explicação. Muitas vezes, o aluno conta o que fez. O professor deve ouvi-lo pacientemente e, em seguida, refazer a pergunta.

O professor seleciona os quadrados aos pares e pergunta:

— Por que este quadrado [com duas arruelas distribuídas simetricamente] você equilibrou no meio e este quadrado [com duas arruelas no mesmo lado], mais perto das peças?

Um aluno responde:

— Porque esse aqui [com duas arruelas distribuídas simetricamente] era com o mesmo peso dos lados e aquele outro [com duas arruelas no mesmo lado] era com mais peso de um único lado.

— E por que este quadrado [sem nenhuma arruela] equilibrava do mesmo jeito que este outro quadrado [com duas arruelas distribuídas simetricamente]? — insiste o professor. A seguir, reproduzimos explicações dadas por dois alunos:

— Porque aqui [quadrado com duas arruelas distribuídas simetricamente] os dois lados têm o mesmo peso e aquele lá [quadrado sem nenhuma arruela] também tem o mesmo peso, então não precisa colocar em lugares diferentes se tem o mesmo peso dos lados.

— Os dois equilibram no mesmo lugar porque um é mais pesado do que o outro. O que tem rodela [arruelas] é mais pesado do que aquele que não tem, mas só que se você pegar e dividir no meio certinho vai ficar com o mesmo peso, acontecendo com os dois quadrados. Então para equilibrar tem que colocar no meio para ficar com o mesmo peso dos dois lados, para não ficar caindo. Se ficar com mais peso pra cá do que pra lá — o aluno aponta para as duas metades imaginárias dos quadrados —, a peça vai cair pra cá, e se ficar no meio, aqui — aponta uma metade do quadrado —, puxa aqui — aponta para outra metade do quadrado — e fica do mesmo jeito [equilibrado].

É importante que não sejam esperadas, em todas as classes, exatamente as mesmas explicações das crianças. As idéias apresentadas acima foram transcritas de uma situação de ensino particular. Portanto, trata-se de exemplos. Assim, em outros contextos, outras formas de explicação podem surgir.

## Escrevendo e desenhando

Da última etapa dessa atividade foram selecionados três relatos.

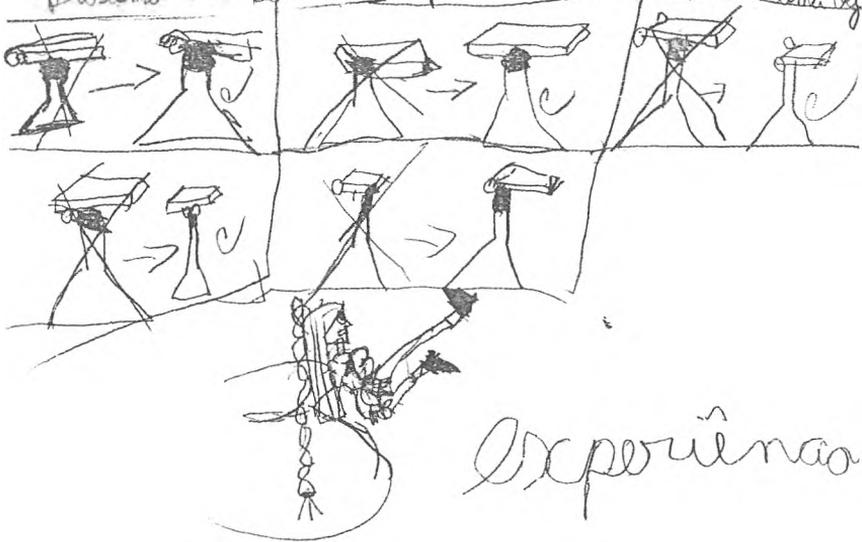
### RELATO 1

Dos três relatos selecionados, este é o mais criativo. O aluno descreve o material usado — os quadrados — por meio de desenhos, integrando, assim, texto e ilustração.

Além da descrição gráfica das placas, comenta, no texto, o procedimento adotado para solucionar o problema.

Em seu relato ainda consta uma parte exclusivamente gráfica. Nos cinco quadros que a compõem, o autor conta seu procedimento. A primeira figura de cada quadro, riscada com um X, indica uma tentativa infrutífera, que o levou a outra, com a qual obteve sucesso.

- Primeiro colocamos essa pessoa  depois colocamos  
 ela no meio dai vemos que não deu certo dai,  
 colocamos mais proximo da pessoa e deu certo  
 depois usamos essa pessoa  e fazemos a mesma  
 coisa depois foi essa  colocamos no meio  
 e deu certo porque  não tem nenhum  
 peso e depois fazemos a mes coisa com este  
 a tinha peso do dois lados lado direito e lado  
 esquerdo depois usamos este  colocamos mais  
 proximo da pessoa e depois colocamos toda de um lado



Experiência

Relato 1.

## RELATO 2

O texto deste relato é bastante longo, bem elaborado e com ortografia correta. O aluno relaciona o material empregado para resolver o problema proposto, seu procedimento e, além disso, justifica o motivo pelo qual encontrou maior ou menor dificuldade em equilibrar cada um dos quadrados.

### Terceira experiência (equilíbrio)

Na terceira experiência tivemos que equilibrar quadrados com rodas de ferro num tipo de bastão.

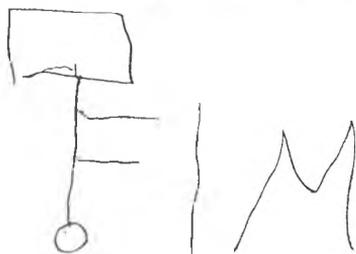
Tinha um quadrado sem roda, outros com uma roda, outros com duas rodas, outros com três rodas, e outros com duas rodas no meio.

O primeiro foi fácil de equilibrar, foi só colocar no no meio pois ele não tem roda de ferro.

O segundo foi mais difícil pois ele tinha uma roda de ferro do lado do quadrado por tanto nós pusemos um pauquinho mais depois do meio.

Porém o terceiro foi mais fácil, porque ele tinha duas rodinhas de cada lado então foi só por no meio dos dois. E o quarto tinha duas rodas de ferro do lado então teve que por mais perto delas.

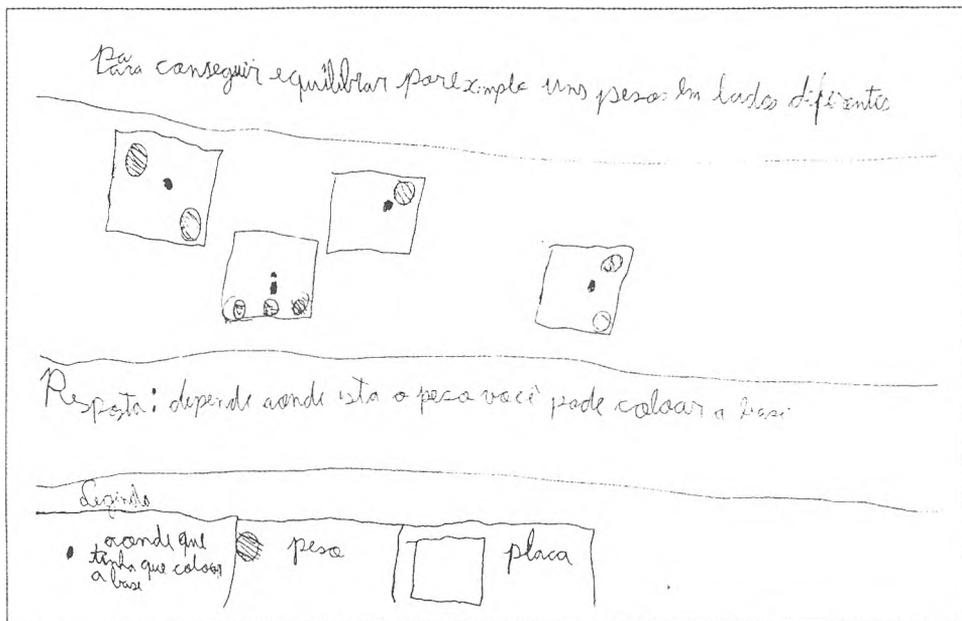
Finalmente o quinto! Esse até que foi fácil, tinha três rodas então só precisava por mais perto ainda.



### RELATO 3

O autor deste relato redigiu apenas duas frases, nas quais afirma que, para equilibrar o quadrado, é necessário conhecer a distribuição das arruelas ou, como ele escreveu, "depende aonde está o peso".

Porém, o mais interessante em seu relato é sua estrutura: as frases são acompanhadas por um desenho, em vista superior, legendado, que permite ao leitor reproduzir com facilidade a experiência realizada e chegar rapidamente à solução do problema.



Relato 3.

### Relacionando atividade e cotidiano

Peça aos alunos exemplos de situações relacionadas com a atividade que acabaram de realizar. Não estranhe se eles citarem fenômenos bastante diferentes. As crianças poderão lembrar-se das condições de equilíbrio quando várias delas querem brincar juntas na mesma gangorra. Outra situação interessante a ser explorada pelo professor são os guindastes das grandes construções.



## MOVIMENTO

Uma das grandes preocupações dos filósofos no século XVII era o fato de todos os objetos em movimento, depois de um certo tempo, perderem velocidade e parar. Essa observação parecia indicar que o movimento total do Universo estava diminuindo e, conseqüentemente, que o Universo estaria morrendo, fato inaceitável, pois, sendo obra divina, o Universo deveria ser eterno. Por esse motivo, vários cientistas e filósofos da época acreditavam na possibilidade de existir alguma grandeza, relacionada ao movimento, que permaneceria **inalterada** enquanto os corpos interagiam, mesmo que alguns deles acabassem por parar.

Desenvolveram-se, então, idéias acerca da conservação da quantidade de movimento, a qual, juntamente com a conservação da energia e da carga elétrica, constitui um dos princípios fundamentais da Física.

Para discutir o significado dessa grandeza, chamada **quantidade de movimento**, poderíamos começar com uma pergunta: "Como provocar movimento num corpo?" Uma possível resposta seria: "Através de sua interação com outro corpo em movimento".

Mas de que depende a modificação do estado de movimento de um corpo quando de sua interação com outro corpo? Galileu, no século XVII, daria uma resposta a essa questão: "...Dois pesos absolutamente iguais, movidos com velocidades iguais, têm o mesmo poder ou o mesmo momento em todas as suas operações".

Descartes, contemporâneo de Galileu, chamaria atenção para a possibilidade de existir a mesma quantidade de movimento em partes diferentes de matéria. Ele dizia que, se considerarmos uma parte da matéria que se move com uma velocidade duas vezes maior que outra parte e se essa outra parte for duas vezes maior que a primeira, então existe movimento igual na maior e na menor. Podemos ver a compensação estabelecida entre velocidades e quantidades diferentes de matéria, contanto que diferentes numa proporção tal que seu produto seja o mesmo.

Percebemos que o que Galileu denomina **momento** e Descartes, **movimento** é uma grandeza ligada simultaneamente à massa e à velocidade de um corpo; essa grandeza é também chamada de **quantidade de movimento**.

◁ ALVARENGA & MÁXIMO, 1993.

◁ In DUGAS, 1950, apud CARVALHO, 1986.

Sabemos que a idéia de quantidade de movimento é fundamental para a Física e que seu estudo na escola se inicia no segundo grau, quando os alunos já articulam as estruturas do pensamento formal. As raízes das noções de quantidade de movimento e impulso (variação da quantidade de movimento), entretanto, já estão presentes nas crianças pequenas. Isso porque elas estão muito ligadas às atividades de toda a criança que, desde muito cedo, produz e observa movimento de objetos.

CARVALHO, 1989; ▷  
PIAGET, 1946.

GONÇALVES & CARVALHO, ▷  
1994c.

Foi então, a partir da importância histórica da noção de quantidade de movimento e de sua variação, além da possibilidade de trabalhá-la com as crianças, que elaboramos as atividades seguintes.

## Atividade 11

### *O problema do pêndulo*

A quantidade de movimento dos corpos pode ser modificada quando eles interagem. Isso se dá, por exemplo, na colisão entre duas bolinhas: uma delas, inicialmente parada, passa a se movimentar após o choque.

Pensando numa colisão desse tipo, poderíamos perguntar: que fatores estão envolvidos no movimento subsequente das bolinhas? Em outras palavras: o que determina a quantidade de movimento que será perdida pela primeira bolinha e adquirida pela outra?

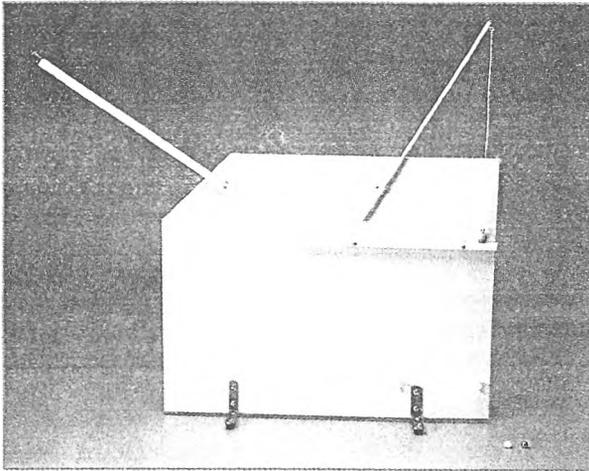
A quantidade de movimento adquirida pela bolinha que estava inicialmente parada depende de sua massa e **também** da massa e da velocidade da bolinha que a atingiu. Por depender da massa e da velocidade da bolinha incidente, bolinhas de massas diferentes, com determinadas velocidades, podem produzir na bolinha parada o mesmo efeito — para tanto, é preciso que se tenha a compensação entre velocidade e massa apontada por Descartes. Quando isso acontece, os físicos (e parte das crianças!) dizem que as bolinhas que estavam em movimento aplicaram **o mesmo impulso** à que estava parada; em outras palavras, a interação das diferentes bolinhas em movimento com a bolinha parada provocou, nesta última, a mesma variação da quantidade de movimento.

## O material

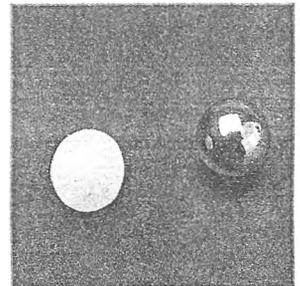
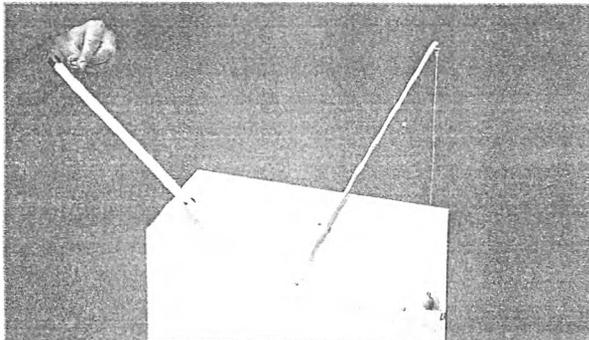
Devem ser distribuídos para cada grupo:

- um trilho (plástico, ferro, etc.) com aproximadamente 1 cm de espessura e 80 cm de comprimento, com uma parte inclinada e outra horizontal. Deve estar preso a um suporte;
- um pêndulo com aproximadamente 40 cm de altura, com uma esfera de madeira do tamanho de uma bola de gude. Deve estar posicionado de forma que a esfera coincida com a extremidade horizontal do trilho;
- duas esferas de mesmo tamanho (cerca de 1 cm de diâmetro) e de massas diferentes (plástico e metal, vidro e metal, etc.).

Fotos: Laurenti Fochetto



*Modelo de trilho com uma parte inclinada e outra horizontal, com um pêndulo acoplado (esfera à direita). Na segunda foto, demonstração da esfera de metal sendo colocada no trilho para atingir o pêndulo.*



*Detalhe das esferas.*

Uma bacia ou caixa de papelão pode ser usada para aparar as esferas colocadas no trilho, impedindo-as de rolar pelo chão e causar confusão ou eventuais acidentes (caso as crianças pisem nas bolinhas e escorreguem).

## O problema

O professor propõe o problema para a classe:

— Vocês vão tentar resolver um problema pra mim. Vocês vão colocar uma bolinha de cada vez no trilho e encontrar uma maneira de fazer com que cada bolinha levante a bolinha pendurada o mesmo tanto. Certo?

*Esse professor achou que os alunos poderiam não estar familiarizados com a palavra "pêndulo" e usou a expressão "bolinha pendurada". Nada impede, porém, que o professor aproveite a oportunidade para ensinar uma nova palavra aos alunos.*

### A solução

*A solução do problema consiste em colocar a bolinha mais leve no alto do trilho e a mais pesada a uma altura menor, mais próxima do pêndulo.*

*Não se preocupe, os alunos não precisam da solução pronta, eles a obterão.*

### A explicação física

*Para que o deslocamento do pêndulo seja o mesmo, isto é, para que ele alcance a mesma altura, as duas bolinhas devem aplicar no pêndulo, que está inicialmente parado, o mesmo impulso. Poderíamos perguntar: "Como é possível o mesmo impulso, se as bolinhas têm massas diferentes?"*

*É possível porque o impulso está ligado, ao mesmo tempo, a duas grandezas físicas: massa e velocidade. Então, pode-se obter um impulso grande com uma velocidade pequena, contanto que a massa do corpo seja grande. Também se obtém o mesmo impulso com uma massa pequena, contanto que a velocidade do corpo seja grande.*

*Esta é a compensação a ser feita no caso das bolinhas: a bolinha de massa maior deve ser colocada numa altura menor que a outra, pois, assim, atingirá o pêndulo com menor velocidade. Para aplicar no*

*pêndulo o mesmo impulso, a bolinha de massa menor deve ter, por sua vez, velocidade maior ao atingi-lo e, para isso, é solta de uma altura maior.*

*Os alunos não precisam chegar exatamente a essa explicação, embora as que propuserem devam estar no sentido do conhecimento científico. Não se espera que as crianças falem sempre em impulso; em geral, elas utilizam termos como movimento, impulsão ou força. Também falam em embalo, referindo-se à velocidade, e não diferenciam peso e massa. Entretanto, o emprego de terminologia específica não é o objetivo da atividade.*

*O que pretendemos é começar a discutir a variação da quantidade de movimento de um corpo (impulso). Para tanto, é preciso que as crianças reconheçam que massa e velocidade estão envolvidas, simultaneamente, no resultado da interação entre os corpos. Os alunos reconhecem a simultaneidade das duas variáveis ao estabelecerem compensações entre elas no intuito de fazer com que o mesmo impulso seja aplicado ao pêndulo, apesar de as massas das bolinhas incidentes serem diferentes. Vamos incluir, na seção "Dando as explicações causais", algumas explicações típicas dos estudantes.*

## Agindo sobre os objetos para ver como eles reagem

Com a entrega das bolinhas, as crianças começam, de imediato, a trabalhar.

Um menino solta uma bolinha do alto do trilho.

O pêndulo oscila. Os colegas observam atentamente o pêndulo. Um menino coloca a bolinha mais pesada no alto do trilho.

— Joga essa bolinha mais devagar porque ela é mais forte — diz um colega.

Um dos alunos coloca uma bolinha, depois a outra, no trilho. O pêndulo não oscila da mesma maneira.

Podemos observar que os alunos agem no sentido de conhecer o material, isto é, de conhecer como o pêndulo reage à ação das bolinhas que têm massas tão diferentes. Essas ações dos alunos não indicam, ainda, que o problema esteja sendo resolvido. Por isso, o professor deve verificar se o problema proposto foi compreendido.

*As situações, as falas e os relatos apresentados a seguir referem-se a aula realizada numa classe de terceira série.*

## Agindo sobre os objetos para obter o efeito desejado

Uma menina coloca uma bolinha no trilho e suas colegas de grupo observam o pêndulo oscilar. Uma delas gesticula, indicando o que a outra deve fazer.

O grupo faz o que a colega sugere. Uma menina coloca a bolinha mais leve no alto do trilho, enquanto outra segura a bacia. O pêndulo oscila e uma aluna marca com o dedo o seu alcance. Outra menina coloca a bolinha mais pesada a pouca distância do final do trilho. O pêndulo oscila, atingindo o ponto marcado pelo dedo da colega.

O problema foi resolvido. Quando os alunos marcam com o dedo o tamanho do movimento do pêndulo, demonstram a necessidade de estabelecer um ponto de referência, de medir, o que nos indica ações já guiadas no sentido de resolver o problema.

Os grupos costumam levar tempos diferentes para solucionar o problema. O professor não precisa se preocupar com isso, podendo estimular os grupos que terminaram primeiro a refletir sobre suas ações.

Enquanto isso, deve dividir sua atenção também com os demais grupos, certificando-se de que eles entenderam e conseguirão resolver o problema.

### Tomando consciência de como foi produzido o efeito desejado

Com o material recolhido, o professor organiza a classe em círculo para que aconteça a discussão geral. Ele pergunta:

— Como vocês fizeram para a bolinha pendurada se movimentar o mesmo tanto?

— A gente foi colocando a preta... as duas, lá de cima — o aluno gesticula. — Aí, a de ferro era mais pesada, né, então, cada vez a gente colocava ela mais perto da bacia, pra ver se ela... se diminuía a distância da bolinha pendurada. Aí, depois, a gente continuava colocando a preta lá de cima e a de ferro bem pertinho da bola [pendurada]. Daí, quando soltava as duas, as duas foram do mesmo jeito que a gente media com a mão.

— A preta eu coloquei lá em cima por causa que a preta ela era mais leve e tinha que pegar mais embalo... por causa que a de ferrugem era pesada e batia na bolinha [pendurada] com mais força e empurrava ela mais longe. Então a gente pôs a preta lá em cima para ver o que dava, né? Daí a de ferrugem a gente colocava embaixo por causa que ela pegava menos embalo. Só que ela batia mais forte, né, então dava na mesma.

A cada ação das crianças, colocando as bolinhas em posições diferentes do trilho, corresponde um deslocamento diferente do pêndulo e a possibilidade de estabelecer relações como: quanto mais pesada a bolinha, mais alto vai o pêndulo; quanto mais alta ou distante do pêndulo for colocada a bolinha, mais alto o pêndulo vai. Através de suas falas, o aluno demonstra ter consciência de suas ações e da reação das bolinhas.

O professor também pode perguntar, por exemplo:

— O que vocês deveriam fazer se a bolinha mais pesada fizesse a bolinha pendurada ir mais que com a bolinha mais leve?

— Colocar mais próximo da bolinha amarela [pendurada] para ela ir com menos velocidade.

*Nas falas dos alunos, eles às vezes se referem à bolinha mais pesada como "ferrugem" ou "de ferro"; à bolinha mais leve, como "preta" ou "de plástico"; e à bolinha do pêndulo, como "amarela".*

Nota-se que esta atividade tem uma particularidade: mesmo nesta etapa do “como”, as crianças já começam a dar as explicações causais. Entretanto, a próxima etapa necessita desta, em que os alunos são encorajados a apenas refletir sobre suas ações, isto é, sobre **como** fizeram para resolver o problema.

Mais uma vez é importante salientar que as crianças não se contentam com as descrições feitas pelos colegas. Elas têm necessidade de contar o que fizeram, ainda que repetindo o que já foi dito. Se esta etapa não for respeitada, na posterior serão apresentadas, novamente, apenas descrições.

### Dando as explicações causais

Mesmo quando o professor pergunta o porquê, as crianças podem descrever, ainda, como resolveram o problema. O professor deve ouvi-las pacientemente e, em seguida, refazer a pergunta:

— Mas por que vocês têm que colocar a bolinha ferrugem embaixo e a bolinha de plástico em cima?

O professor deve avivar sempre a discussão apresentando a pergunta do porquê de maneiras diferentes. Por exemplo:

— Por que, colocando as bolinhas como vocês fizeram, a bolinha pendurada se movimentava o mesmo tanto?

Alguns exemplos de resposta dos alunos:

— Se a gente colocasse a de ferrugem indo mais em cima, ela pegaria mais velocidade, desceria e ia empurrando a bolinha amarela [pendurada] mais pra longe. Daí a gente colocava ela mais embaixo pra ela poder ir mais devagar e empurrar, porque do jeito que ela é mais pesada, ela pode pegar uma velocidade... pode estar em qualquer lugar, mas ela pega uma velocidade forte e, se você coloca ela lá em cima, ela tem uma velocidade mais forte ainda e aquela bolinha preta, que era fraca, mais leve, ela tinha que ir lá em cima para pegar impulso e chegar lá embaixo e ser do mesmo jeito que a de ferrugem.

— Porque a preta é mais leve que a enferrujada e a preta você joga ela lá de cima, ela pega um certo tanto de impulso... bate na bolinha [dependurada]... e a

enferrujada, quando você põe ali, ela pega o mesmo tanto de impulso que a preta vindo lá de cima e a bolinha [dependurada] vai o mesmo tanto.

Podemos perceber que os alunos reconhecem a massa e a velocidade das bolinhas como variáveis relevantes para a modificação do estado de movimento do pêndulo. Além disso, utilizam a operação de conservação em suas explicações. Afirmam que, para o pêndulo alcançar a mesma posição, a ele precisa ser aplicado o mesmo impulso. Para isso, realizam compensações: para que se tenha o mesmo impulso, a bolinha mais leve deve ter maior velocidade e a mais pesada, menor velocidade.

O professor não deve esperar, em todas as classes, exatamente as mesmas explicações dos alunos. Como os problemas propostos são abertos, elas têm possibilidade de apresentar idéias diversas. Além disso, deve-se considerar a variação de série e a evolução cognitiva de cada criança.

## Escrevendo e desenhando

Apresentamos dois relatos desta atividade. Um deles é um texto e o outro, um texto acompanhado de uma pequena ilustração. Os relatos foram solicitados aos alunos com o objetivo de conhecer o que, para eles, foi mais importante na atividade.

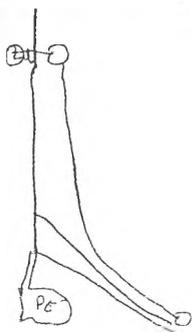
### RELATO 1

Vemos, logo no início deste relato, o registro explícito do trabalho em grupo, mantido ao longo de todo o texto através do emprego da primeira pessoa do plural, indicando que houve de fato um trabalho em grupo e que ele foi importante para o aluno.

Além de descrever a divisão de tarefas entre os componentes de seu grupo, o autor descreve todas as tentativas de solução, afirmando ao final que a experiência foi interessante e divertida.

Seu desenho ilustra, de forma esquemática, o aparato empregado para solucionar o problema proposto.

Nessa quarta um pouco segurando a caixa. O outro  
 colocava a bolinha no trilho e o outro media cada  
 um tentando de um lado depois nos inventamos de  
 colocar a garrafa lá em breves e a de fora em  
 cima e mas deu certo a enfiada foi muito mais  
 fácil depois inventamos colocamos a garrafa em cima e a  
 de fora em breves e deu certo assim que foi mais  
 experiência legal, interessante e divertida



Relato 1.

Eu peguei a bolinha  
 mais leve e coloquei no  
 começo do trilho e soltei  
 mais a lá onde foi e  
 peguei a de peso e soltei  
 no final foi até o mesmo  
 lugar porque ela era  
 mais pesada.

Relato 2.

## RELATO 2

Este relato é mais simples que o anterior. Seu autor não registra o trabalho em grupo, mas o procedimento adotado por ele para solucionar o problema proposto e uma explicação de sua solução. Conclui que a diferença de massa entre as bolinhas e a posição em que devem ser largadas no trilho interferem na solução do problema, o que indica que esse aluno está no caminho do conhecimento científico.

### Relacionando atividade e cotidiano

Peça aos alunos exemplos de situações relacionadas com a atividade que acabaram de realizar. Não estranhe se eles citarem fenômenos bastante diferentes. Inúmeras situações poderão ser apontadas, como as relacionadas com brincadeiras de bolinhas de gude ou com competições de arremesso de bolas — com o mesmo impulso, a mais pesada tem menor velocidade que a mais leve.

O importante é que o professor coordene as discussões para que os alunos relacionem situações de seu cotidiano com o problema resolvido na atividade.

## Atividade 12

### *O problema das bolinhas*

Dada a importância do conceito de quantidade de movimento para a aprendizagem da Física, desenvolvemos mais uma atividade sobre o fenômeno de transmissão da quantidade de movimento de um corpo para outro, utilizando um novo arranjo experimental.

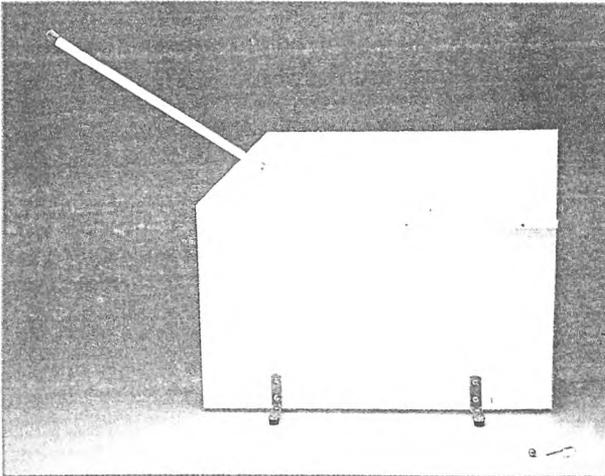
Nessa atividade, em vez do pêndulo usaremos um pequeno bastão como parâmetro, para verificar a quantidade de movimento transmitida. Ele será arrastado a uma certa distância por duas esferas de massas diferentes. A quantidade de movimento adquirida pelo bastão, inicialmente parado, depende de sua massa e também da massa e da velocidade da bolinha que o atingiu.

## O material

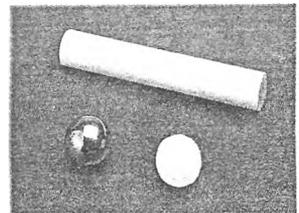
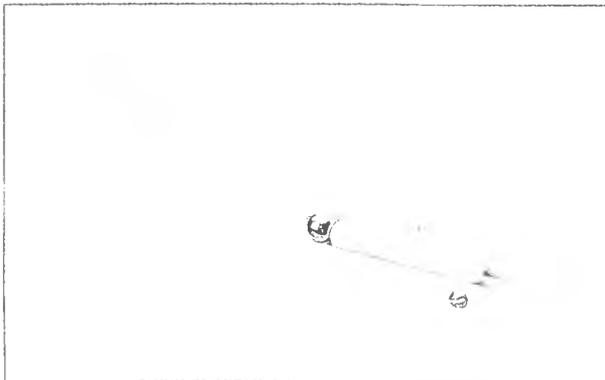
Devem ser distribuídos para cada grupo:

- um trilho (plástico, ferro, etc.) com aproximadamente 1 cm de espessura e 80 cm de comprimento, com uma parte inclinada e outra vertical. O trilho deve estar preso a um suporte;
- duas esferas de mesmo diâmetro (cerca de 1 cm) e massas diferentes (plástico e metal, vidro e metal, etc.);
- um pequeno bastão (pedaço de giz ou de lápis), que possa ser encaixado no trilho e se movimentar dentro dele.

Fotos Laurenti Focchetto



*Modelo de trilho com uma parte inclinada e outra horizontal. Na segunda foto, demonstração de como a esfera atinge o bastão no trilho.*



*Detalhe das esferas e do bastão.*

## O problema

O professor propõe o problema:

— Soltando uma bolinha de cada vez na rampa, vocês vão tentar descobrir como fazer o bastãozinho andar o mesmo tanto no trilho depois que cada bolinha bate nele.

### A solução

*Para fazer com que o bastão se desloque o mesmo tanto após o choque com cada uma das bolinhas, é necessário soltar a bolinha de menor massa de uma altura maior que a de maior massa.*

### A explicação física

*Para que o bastão tenha o mesmo deslocamento após o choque com bolinhas de massas diferentes, é necessário que ele seja sub-*

*metido ao mesmo impulso, de tal modo que a diferença entre as massas seja compensada pelas diferentes velocidades que cada uma adquire.*

*Como explicamos na atividade anterior, é preciso que a bolinha de massa menor, ao colidir com o bastão, tenha velocidade maior que a outra. Por isso, a bolinha de menor massa é abandonada de um ponto mais alto: quanto mais alto o ponto inicial de abandono da bolinha, maior sua velocidade ao chegar à base do plano inclinado.*

## Agindo sobre os objetos para ver como eles reagem

*As situações, as falas e os relatos apresentados a seguir referem-se a aula realizada numa classe de segunda série.*

*Os alunos chamam a bola de plástico de “pérola” devido a sua cor.*

Em suas primeiras ações, os alunos soltam a bolinha de maior massa (ferro) do ponto mais alto da rampa e observam que, após sua colisão com o bastão, este é arremessado para fora do trilho.

Em seguida, eles soltam a bola de menor massa (“pérola”) do mesmo lugar e observam que ela empurra o bastão até uma certa distância, sem que ele saia do trilho. Repetem isso várias vezes.

O professor passa pelos grupos verificando se o problema proposto foi compreendido e se todos os alunos estão tendo oportunidade de manipular o material.

## Agindo sobre os objetos para obter o efeito desejado

Num determinado momento, sentindo necessidade de um padrão de referência, os alunos soltam a bolinha de menor massa do ponto mais alto da rampa e mar-

cam com o dedo a distância que o bastão percorreu no trilho. Recolocam o bastão em sua posição inicial e abandonam a bola de maior massa num ponto abaixo do lançamento da anterior. Conseguem, com isso, fazer o bastão andar quase a mesma distância que no lançamento anterior, com a bolinha de massa menor — e podem dizê-lo com base na marcação feita previamente.

Repetem isso várias vezes, fazendo os ajustes necessários e conseguindo, enfim, fazer o bastão andar a mesma distância após o choque com as bolinhas de massas diferentes.

No entanto, um aluno insiste em abandonar a bolinha de maior massa ainda do ponto mais alto da rampa. Uma das meninas que acabara de resolver o problema diz para ele:

— Daqui, daqui — indica com o dedo a posição correta.

Mesmo assim, o aluno insiste:

— É melhor daqui! — E solta a bolinha da parte mais alta da rampa, não conseguindo resolver o problema.

O professor passa pelos grupos pedindo que os alunos mostrem e contem o que estão fazendo. Com isso, além de certificar-se de que eles entenderam e conseguiram resolver o problema, dá-lhes condições de refazer mentalmente suas ações e as verbalizar.

**Atenção:** dê tempo para que as crianças resolvam o problema, não o faça por elas.

### **Tomando consciência de como foi produzido o efeito desejado**

Para a discussão geral, o material deve ser recolhido, de modo a não desviar a atenção dos alunos, que se sentam em roda.

O professor começa perguntando:

— Como vocês fizeram para conseguir fazer o bastão andar o mesmo tanto, soltando uma bolinha de cada vez na rampa?

As crianças participam:

— A gente marcou de onde a gente ia soltar a pérola e a de ferro. A pérola a gente soltava da ponta e a gente marcou o quanto que deu (distância), aí soltou a de ferro um pouco perto do bastão, daí soltou e deu o mesmo tanto.

— A gente tentou, tentou, tentou, aí no final o Renan falou assim: “a gente tem que pensar um jeito para conseguir”. Aí eu falei assim: “vamos tentar colocar a pérola na ponta e-a de ferro (...) perto do bastão”. Aí a gente tentou e deu quase o mesmo tanto, aí a gente tentou encurtar um pedacinho e deu certo.

— Nós colocamos a bolinha mais pesada quase do meio (...) Aí a leve colocamos lá em cima [na ponta da rampa].

Vários aspectos podem ser explorados pelo professor por meio de perguntas. Um deles é sobre como os alunos sabiam que o bastão havia andado a mesma extensão com ambas as bolinhas. Veja uma das respostas dos alunos:

— A gente marcava com o lápis. A primeira a gente soltava lá de cima. Aonde ela parava a gente marcava com um lápis. Depois jogava a outra mais para o meio e andava o mesmo tanto.

É importante salientar que as crianças não se contentam com as descrições feitas pelos colegas. Elas têm necessidade de contar o que fizeram, ainda que repetindo o que já foi dito. O professor deve estar atento a essa necessidade.

### Dando as explicações causais

A pergunta característica desta fase é “Por quê?”. O professor pode perguntar, por exemplo:

— Por que, quando eu solto uma das bolas lá de cima, eu consigo fazer o bastão andar o mesmo tanto que quando eu solto a outra bola mais ou menos do meio da rampa?

Algumas respostas:

— Porque a mais leve pega mais impulso soltando de cima e a mais pesada pega menos impulso soltando de baixo.

— Por causa do peso. Se a gente soltava a pérola do começo [ponta da rampa], ela pegava mais impulso, ela pegava mais velocidade, aí a gente soltava a de ferro do meio.

— A mais pesada, soltando do meio vai dando menos impulso, e a mais leve, soltando de cima, ela pegava mais velocidade, mas deixava no mesmo ponto, tinha o mesmo impulso que a de ferro.

É importante que não sejam esperadas, em todas as classes, exatamente as mesmas explicações das crianças. As idéias apresentadas acima foram transcritas de uma situação de ensino particular. Portanto, trata-se de exemplos. Em outros contextos, diferentes formas de explicação podem surgir.

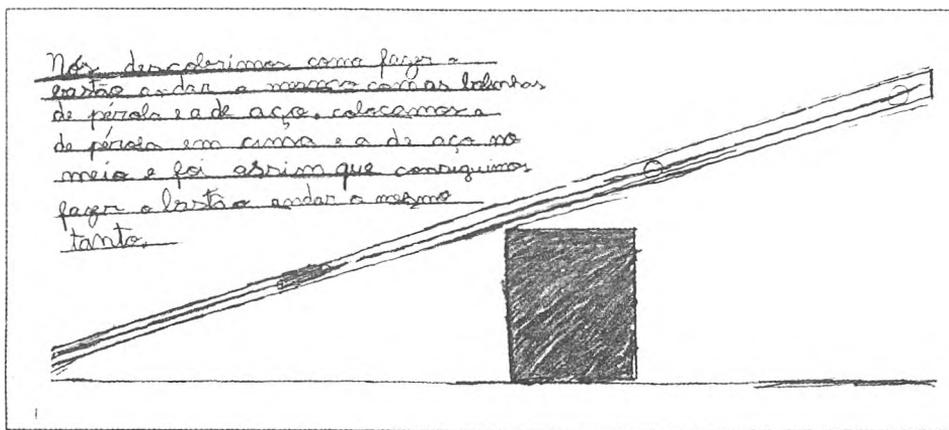
## Escrevendo e desenhando

Para ilustrar essa parte da atividade, selecionamos relatos — compostos de textos acompanhados por desenhos — de quatro alunos.

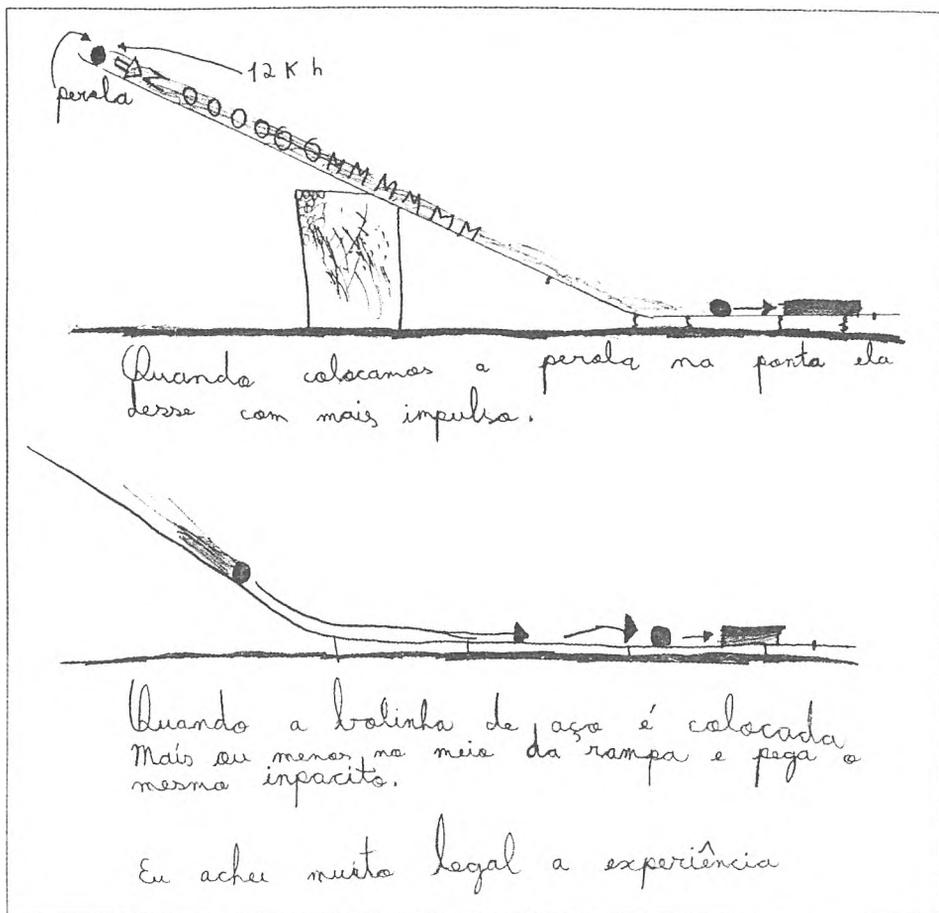
### RELATO 1

Ressaltamos a parte escrita deste relato, pois sua parte gráfica oferece apenas uma ilustração, esquemática, do aparato empregado na busca da solução para o problema proposto.

O aluno mostrou que compreendeu bem o problema quando afirmou que seu grupo descobriu “como fazer o bastão andar o mesmo com as bolinhas de pérola e a de aço”. Podemos perceber que ele sintetizou o problema proposto. Além disso, indicou o procedimento seguido pelo grupo para alcançar a solução desejada.



Relato 1.



Relato 2.

## RELATO 2

Este relato é composto por desenhos legendados e pode ser dividido em duas partes: na primeira, o aluno se refere a sua ação sobre uma das bolinhas (a de plástico, que os alunos denominaram pérola); na segunda, refere-se à experimentação realizada com a bolinha de aço.

No primeiro desenho, encontramos a bolinha pérola na parte superior do trilho e a clara indicação de que ela foi largada desse ponto. Podemos perceber que o aluno permitiu que sua fantasia estivesse pre-

cam com o dedo a distância que o bastão percorreu no trilho. Recolocam o bastão em sua posição inicial e abandonam a bola de maior massa num ponto abaixo do lançamento da anterior. Conseguem, com isso, fazer o bastão andar quase a mesma distância que no lançamento anterior, com a bolinha de massa menor — e podem dizê-lo com base na marcação feita previamente.

Repetem isso várias vezes, fazendo os ajustes necessários e conseguindo, enfim, fazer o bastão andar a mesma distância após o choque com as bolinhas de massas diferentes.

No entanto, um aluno insiste em abandonar a bolinha de maior massa ainda do ponto mais alto da rampa. Uma das meninas que acabara de resolver o problema diz para ele:

— Daqui, daqui — indica com o dedo a posição correta.

Mesmo assim, o aluno insiste:

— É melhor daqui! — E solta a bolinha da parte mais alta da rampa, não conseguindo resolver o problema.

O professor passa pelos grupos pedindo que os alunos mostrem e contem o que estão fazendo. Com isso, além de certificar-se de que eles entenderam e conseguiram resolver o problema, dá-lhes condições de refazer mentalmente suas ações e as verbalizar.

**Atenção:** dê tempo para que as crianças resolvam o problema, não o faça por elas.

### **Tomando consciência de como foi produzido o efeito desejado**

Para a discussão geral, o material deve ser recolhido, de modo a não desviar a atenção dos alunos, que se sentam em roda.

O professor começa perguntando:

— Como vocês fizeram para conseguir fazer o bastão andar o mesmo tanto, soltando uma bolinha de cada vez na rampa?

As crianças participam:

— A gente marcou de onde a gente ia soltar a pérola e a de ferro. A pérola a gente soltava da ponta e a gente marcou o quanto que deu (distância), aí soltou a de ferro um pouco perto do bastão, daí soltou e deu o mesmo tanto.

— A gente tentou, tentou, tentou, aí no final o Renan falou assim: “a gente tem que pensar um jeito para conseguir”. Aí eu falei assim: “vamos tentar colocar a pérola na ponta e a de ferro (...) perto do bastão”. Aí a gente tentou e deu quase o mesmo tanto, aí a gente tentou encurtar um pedacinho e deu certo.

— Nós colocamos a bolinha mais pesada quase do meio (...) Aí a leve colocamos lá em cima [na ponta da rampa].

Vários aspectos podem ser explorados pelo professor por meio de perguntas. Um deles é sobre como os alunos sabiam que o bastão havia andado a mesma extensão com ambas as bolinhas. Veja uma das respostas dos alunos:

— A gente marcava com o lápis. A primeira a gente soltava lá de cima. Aonde ela parava a gente marcava com um lápis. Depois jogava a outra mais para o meio e andava o mesmo tanto.

É importante salientar que as crianças não se contentam com as descrições feitas pelos colegas. Elas têm necessidade de contar o que fizeram, ainda que repetindo o que já foi dito. O professor deve estar atento a essa necessidade.

### Dando as explicações causais

A pergunta característica desta fase é “Por quê?”. O professor pode perguntar, por exemplo:

— Por que, quando eu solto uma das bolas lá de cima, eu consigo fazer o bastão andar o mesmo tanto que quando eu solto a outra bola mais ou menos do meio da rampa?

Algumas respostas:

— Porque a mais leve pega mais impulso soltando de cima e a mais pesada pega menos impulso soltando de baixo.

— Por causa do peso. Se a gente soltava a pérola do começo [ponta da rampa], ela pegava mais impulso, ela pegava mais velocidade, aí a gente soltava a de ferro do meio.

— A mais pesada, soltando do meio vai dando menos impulso, e a mais leve, soltando de cima, ela pegava mais velocidade, mas deixava no mesmo ponto, tinha o mesmo impulso que a de ferro.

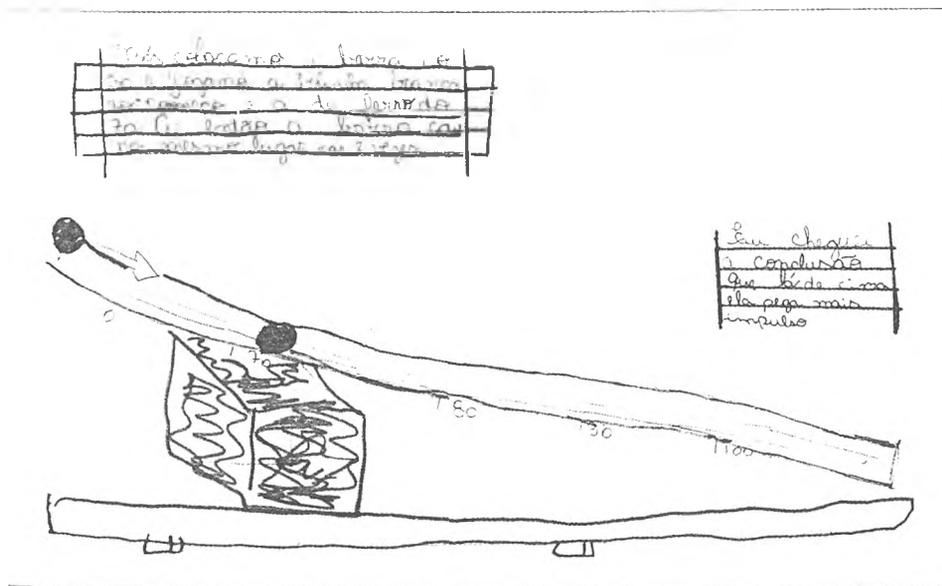
sete durante a experimentação. Ele atribuiu um valor para a velocidade alcançada pela bolinha e tornou a representá-la pela expressão "Zoouooooommmmm", que escreveu sobre o trilho.

No segundo desenho, é descrita a trajetória da bolinha de metal, porém de forma mais esquematizada, menos criativa.

As legendas, se acopladas, mostram que o aluno chegou a solução indicada para o problema.

### RELATO 3

Neste relato é importante perceber que o autor indicou uma origem para o movimento, das bolinhas. A mais leve, que ele chama de branca, foi colocada na posição zero, indicada em seu desenho. Considerando essa origem, a outra bolinha foi colocada na marca 70 e o bastão, na marca 90. Essas marcas e o posicionamento dos elementos utilizados na experiência estão também registrados na parte escrita de seu relato.



Relato 3.

#### RELATO 4

Neste relato, não há, na parte escrita, nenhuma referência ao procedimento seguido por seu autor. Mas o desenho mostra que uma das bolinhas foi largada da parte superior do trilho e outra, de uma posição intermediária.

O ponto mais importante deste relato é sua originalidade. A parte escrita está integrada ao desenho por meio de balões de fala. Uma personagem, quem sabe a própria aluna, conta para o leitor o procedimento utilizado pelo grupo. Eles inferiram os pesos das bolinhas e depois ficaram pensando até conseguir encontrar a solução adequada para o problema.



Relato 4.

### Relacionando atividade e cotidiano

Peça aos alunos exemplos de situações relacionadas com a atividade que acabaram de realizar. Não estranhe se eles citarem fenômenos bastante diferentes. As situações mais comuns trazidas pelos alunos são aquelas relacionadas com o corpo: um menino magro tem de ter maior velocidade que um gordo para derrubar um mesmo obstáculo.

O importante é que o professor coordene as discussões para que os alunos relacionem situações de seu cotidiano com o problema resolvido na atividade.



## CONSERVAÇÃO DA ENERGIA

A idéia de conservação, além de ser importante para o desenvolvimento conceitual da Ciência, é fundamental para a estruturação do indivíduo, pois, como mostra Halbwachs, “a descoberta da conservação de uma determinada quantidade física supre o sujeito de uma noção central que reorganiza todo um domínio do campo de conhecimento e faz aparecer neste domínio relações novas entre as noções”.

◁ HALBWACHS, 1981.

Além disso, segundo Lindsay, o conceito de **energia** é mais abrangente que qualquer outro para a compreensão da experiência humana. Sem exagerar, afirma que todos os aspectos da experiência humana, relativos seja àquilo que observamos no mundo exterior, seja àquilo que fazemos ou sofremos, podem ser descritos adequadamente em termos de transferência de energia de um local a outro ou como uma **transformação** de energia de uma forma em outra.

◁ LINDSAY, 1975.

Por exemplo: ao lançarmos uma bola, **transferimos** energia a ela. Nesse caso, a energia transferida é chamada energia cinética (relacionada à velocidade).

Outro exemplo: a água de uma queda d'água, antes de cair, tem uma forma de energia chamada potencial (relacionada à distância do chão). Quando a água cai, a distância do chão vai diminuindo e, portanto, a energia potencial também. Mas a energia não acaba quando a água atinge o chão! Apenas **muda de forma**: a água, à medida que cai, vai aumentando de velocidade, o que faz aumentar também sua energia cinética (relacionada com a velocidade), ao mesmo tempo que sua energia potencial (relacionada à distância do chão) vai diminuindo. Então, devido à energia cinética, a água é capaz de movimentar as turbinas de uma usina hidrelétrica, que transformam a energia cinética na energia elétrica que chega a nossas casas.

Essa **transformação**, somada à constância ou conservação da quantidade de energia que se tinha inicialmente, representa a essência do conceito de energia. Em outras palavras, a **conservação da energia**, ao longo de sua **transformação**, não representa, simplesmente, um atributo ou propriedade do conceito de energia, visto que, historicamente, esse conceito foi

HENRIQUE, 1996. ▷

definido em associação à idéia de algo que permanece inalterado durante a mudança: "A história da conservação da energia é a própria história da energia. Portanto, não faz sentido 'descolar' o conceito de energia de sua conservação".

Analisando a história da Ciência, constatamos que, já na Grécia Antiga, por volta de 500 a. C., podem ser encontradas noções de **constância em mudanças**. Entretanto, somente no século XIX d.C., ou seja, cerca de 2 300 anos depois, o conceito de energia, tal como a Ciência o entende hoje, emergiu e se consolidou.

Essas informações nos mostram que:

- o conceito de energia é um dos mais importantes da Ciência;
- esse conceito é definido em termos de sua invariância ao longo das transformações de uma forma de energia para outra;
- trata-se de um conceito, historicamente, de difícil estabelecimento.

Podemos apontar algumas conseqüências:

- o conceito de energia deve ser abordado pela educação científica;
- esse conceito deve ser abordado em termos de **conservação** da energia;
- haja vista a dificuldade histórica de sua definição, é importante que, já no ensino fundamental, os alunos estabeleçam os primeiros significados sobre a conservação da energia, preparando-se para abordagens posteriores, então de modo mais sistematizado.

FEYNMAN, 1989. ▷

Assim, em primeiro lugar, salientamos que as idéias acerca de conservações — da energia, da quantidade de movimento e da carga elétrica — constituem os princípios fundamentais da Física. Desses princípios, o da conservação da energia é considerado o mais difícil. Por esse motivo, achamos importante que mais de uma atividade lhe fosse dedicada. Este módulo é, portanto, composto de três atividades centradas na idéia de conservação da energia.

Ainda assim, não esperamos sistematizar com as crianças esse princípio; pretendemos, sim, estabelecer com elas a relação entre altura e velocidade, base dos conceitos e da relação de transformação da energia cinética em energia potencial.

## Atividade 13

### *O problema da cestinha*

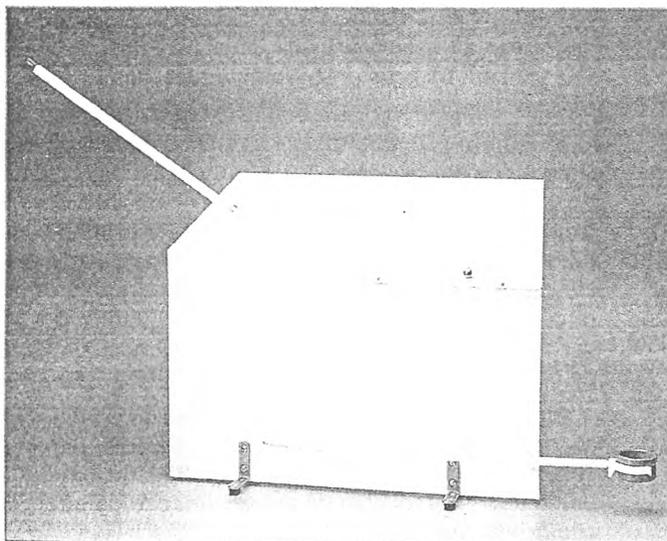
Esta atividade permite que os alunos comecem a estruturar algumas relações referentes à transformação e conservação da energia. Eles irão relacionar as transformações entre a altura de lançamento de uma bolinha e a velocidade adquirida por ela num trilho inclinado.

#### O material

Devem ser distribuídos para cada grupo:

- um trilho (plástico, ferro, etc.) com aproximadamente 1 cm de largura e 80 cm de comprimento, com uma parte inclinada e outra horizontal. O trilho deve ficar preso a um suporte;
- uma cestinha (copinho de iogurte, de café, etc.) alinhada com a extremidade da parte horizontal do trilho. Ela deve ficar a cerca de 25 cm da extremidade, numa posição inferior;
- uma esfera (metal, vidro, etc.) com cerca de 1cm de diâmetro.

Laurent Fochetto



*Modelo de trilho com cestinha acoplada na parte inferior. A esfera colocada no trilho deve cair na cestinha.*

A cestinha deve estar montada de tal forma que a bolinha, ao fim de seu movimento pelo trilho, possa atingi-la, como mostra a figura. Uma bacia ou caixa pode ser usada para aparar a bolinha quando ela não for encestada.

## O problema

O professor propõe o problema:

— A gente vai trabalhar hoje com este trilho, esta rampa, que no final tem uma cestinha. E vocês vão descobrir pra mim onde é preciso colocar a bolinha na rampa para que ela caia na cestinha.

### *A solução*

*A bolinha deve ser colocada a meio caminho, entre o início e o final do trilho. A posição exata depende da distância entre a cestinha e o final do trilho - quanto mais distante estiver a cestinha, mais alta terá que ser colocada a bolinha, isto é, mais longe do final do trilho.*

### *A explicação física*

*A distância alcançada pela bolinha depende da velocidade com que ela sai do trilho;*

*quanto mais rápido sair, mais longe irá. Já a velocidade depende da altura em que a bolinha é solta; quanto mais alto for solta, mais velocidade terá ao sair do trilho. Isso ocorre porque, quando a bolinha está a uma certa altura, essa configuração corresponde a uma quantidade de energia chamada potencial. À medida que a bolinha vai descendo, essa energia vai se transformando em energia cinética. Então, se a energia potencial for grande no início (altura grande), a energia cinética será grande no final do trilho (velocidade grande).*

## Agindo sobre os objetos para ver como eles reagem

*As situações, as falas e os relatos apresentados a seguir referem-se a aula realizada numa classe de terceira série.*

Como em todas as atividades com bolinhas, as crianças são incentivadas, pelo próprio material, a começar a trabalhar.

Um menino pega a bolinha e se vira em direção à rampa, para fazer a primeira tentativa. Dois outros meninos apontam para o topo da rampa:

— Lá em cima, lá em cima.

Geralmente, num primeiro contato com o material, as crianças tendem a soltar a bolinha do topo da rampa. Só então percebem o efeito da altura sobre o alcance que terá a bolinha após sair da rampa.

O professor passa pelos grupos perguntando, por exemplo: “Vocês entenderam o que é para fazer?”. Ou ainda: “Conta pra mim o problema que vocês têm para resolver”.

Além disso, é importante que o professor verifique se todos os alunos estão tendo oportunidade de manipular o material.

### **Agindo sobre os objetos para obter o efeito desejado**

Um menino ajeita a cestinha e a coloca na direção exata do trilho.

Quando a cestinha não está bem alinhada com o trilho, a bolinha pode não atingi-la.

O professor passa pelos grupos pedindo que os alunos mostrem e contem o que estão fazendo. Repara no alinhamento da cestinha e, caso seja necessário, chama a atenção das crianças para esse aspecto.

Ao passar pelos grupos, além de certificar-se de que as crianças entenderam e estão conseguindo resolver o problema, o professor dá-lhes condições para refazer mentalmente suas ações e as verbalizar.

Um menino solta a bolinha mais ou menos do meio do trilho; ela passa a cestinha. Outro menino solta a bolinha um pouco para baixo; ela cai na cestinha. As crianças dão pulos de alegria:

— Êêêê!!

Outro menino do grupo quer soltar a bolinha. Solta, ainda, do ponto mais alto do trilho; a bolinha passa muito longe da cestinha. Passa, também, a sua vez, pois as crianças se revezam. Ele observa. Os outros meninos soltam a bolinha do meio do trilho; alguns encestam, outros quase encestam. Chega, novamente, a vez do primeiro menino. Ele coloca a bolinha no meio do trilho, encesta e sorri.

As crianças já sabem como resolver o problema. Um dos meninos aprendeu bastante observando os outros. Tem, é claro, necessidade de tentar por si próprio, mas essa observação não é prejudicial. Ao contrário, o trabalho em grupo garantiu que todos conseguissem resolver o problema, cada qual a seu tempo, como comentado no Capítulo 2.

O professor continua passando pelos grupos. À medida que as crianças vão resolvendo a situação anterior, ele a modifica, aproximando as cestinhas do trilho. Num dos grupos, o professor pergunta:

— E se eu mudar ela [a cestinha] de lugar?

— Vai dar — diz um dos alunos.

— Vamos ver agora — desafia o professor.

Um dos meninos solta a bolinha do ponto onde estavam soltando com a cestinha na posição anterior. A bolinha passa a cestinha; seu alcance é maior que o necessário.

Outro menino sugere:

— Coloca mais aqui ó — indica um ponto mais baixo no trilho.

Um terceiro menino segue a sugestão e acerta.

Outro membro do grupo volta à posição de acerto para a situação anterior, quando a cestinha estava mais afastada do final do trilho.

Algumas crianças passam a soltar a bolinha, novamente, como no início da atividade, do ponto mais alto do trilho.

A mudança de posição da cestinha constitui, de certa forma, um novo problema para algumas das crianças. Outras generalizam a relação que haviam estabelecido entre altura e alcance da bolinha e enunciam hipóteses, como o menino que sugere “coloca mais aqui ó” e indica um ponto mais baixo no trilho. De qualquer forma, essa variação da posição pode ajudar a consolidar a relação entre altura e velocidade que enfatizamos nesta atividade.

### **Tomando consciência de como foi produzido o efeito desejado**

Depois de os alunos terem solucionado o problema, o professor organiza a classe para que aconteça uma discussão geral. O material é recolhido para não desviar a atenção. Os alunos se sentam em roda. O professor pergunta, por exemplo:

— Como vocês conseguiram fazer a cestinha?

As crianças respondem:

— Soltando de lá de cima não deu... daí ela pulou a cestinha.

## Atividade 13

### *O problema da cestinha*

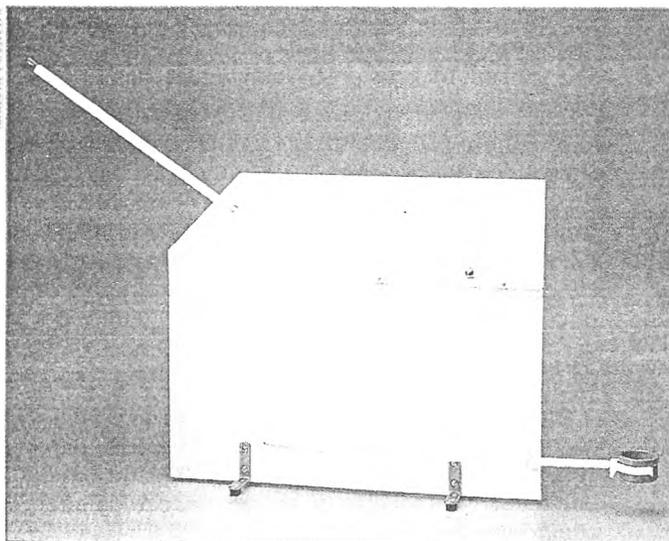
Esta atividade permite que os alunos comecem a estruturar algumas relações referentes à transformação e conservação da energia. Eles irão relacionar as transformações entre a altura de lançamento de uma bolinha e a velocidade adquirida por ela num trilho inclinado.

#### O material

Devem ser distribuídos para cada grupo:

- um trilho (plástico, ferro, etc.) com aproximadamente 1 cm de largura e 80 cm de comprimento, com uma parte inclinada e outra horizontal. O trilho deve ficar preso a um suporte;
- uma cestinha (copinho de iogurte, de café, etc.) alinhada com a extremidade da parte horizontal do trilho. Ela deve ficar a cerca de 25 cm da extremidade, numa posição inferior;
- uma esfera (metal, vidro, etc.) com cerca de 1cm de diâmetro.

Laurent Fochetto



*Modelo de trilho com cestinha acoplada na parte inferior. A esfera colocada no trilho deve cair na cestinha.*

A cestinha deve estar montada de tal forma que a bolinha, ao fim de seu movimento pelo trilho, possa atingi-la, como mostra a figura. Uma bacia ou caixa pode ser usada para aparar a bolinha quando ela não for encestada.

## O problema

O professor propõe o problema:

— A gente vai trabalhar hoje com este trilho, esta rampa, que no final tem uma cestinha. E vocês vão descobrir pra mim onde é preciso colocar a bolinha na rampa para que ela caia na cestinha.

### *A solução*

*A bolinha deve ser colocada a meio caminho, entre o início e o final do trilho. A posição exata depende da distância entre a cestinha e o final do trilho - quanto mais distante estiver a cestinha, mais alta terá que ser colocada a bolinha, isto é, mais longe do final do trilho.*

### *A explicação física*

*A distância alcançada pela bolinha depende da velocidade com que ela sai do trilho;*

*quanto mais rápido sair, mais longe irá. Já a velocidade depende da altura em que a bolinha é solta; quanto mais alto for solta, mais velocidade terá ao sair do trilho. Isso ocorre porque, quando a bolinha está a uma certa altura, essa configuração corresponde a uma quantidade de energia chamada potencial. À medida que a bolinha vai descendo, essa energia vai se transformando em energia cinética. Então, se a energia potencial for grande no início (altura grande), a energia cinética será grande no final do trilho (velocidade grande).*

## Agindo sobre os objetos para ver como eles reagem

*As situações, as falas e os relatos apresentados a seguir referem-se a aula realizada numa classe de terceira série.*

Como em todas as atividades com bolinhas, as crianças são incentivadas, pelo próprio material, a começar a trabalhar.

Um menino pega a bolinha e se vira em direção à rampa, para fazer a primeira tentativa. Dois outros meninos apontam para o topo da rampa:

— Lá em cima, lá em cima.

Geralmente, num primeiro contato com o material, as crianças tendem a soltar a bolinha do topo da rampa. Só então percebem o efeito da altura sobre o alcance que terá a bolinha após sair da rampa.

— Nós soltamos do “meinho” — o aluno refaz o movimento da bolinha com a mão. — Daí ela foi dentro da cestinha.

— Nós conseguimos onze vezes. Jogamos da metade.

— Nós também jogamos da metade — comenta uma menina de outro grupo.

Note que as crianças costumam repetir o que outras já disseram ou reiterá-lo (“Nós também...”). Esse hábito está associado a aspectos socioafetivos e, além disso, à primeira fase do compreender, como discutimos no Capítulo 2. É importante que elas contem o que fizeram para que, na próxima etapa, proponham explicações causais.

### Dando as explicações causais

Após todas as crianças terem descrito seu procedimento, o professor inicia esta nova etapa estimulando-as a dizer o porquê. Ele pergunta, por exemplo:

— Por que é preciso soltar a bolinha no trilho de onde vocês soltaram para que ela faça a cesta?

Um exemplo de resposta dos alunos:

— Quando era no começo, a gente não sabia que era pra ir mais devagar, aí a gente sempre colocava [a bolinha] do começo [do trilho]. Aí a gente... a bolinha... a gente não sabia, aí a gente foi abaixando, abaixando, aí, quando chegou no meio, ela descia assim — a criança refaz o movimento com a mão — e caía na cestinha. Porque no começo, quando era no começo, a bolinha pulava e a gente não sabia que no meio era mais devagar e caía na cestinha.

O menino, que não havia falado na etapa anterior, tem necessidade de fazê-lo. Refaz mentalmente o processo do grupo durante a resolução do problema e, **só então**, apresenta sua explicação: “no meio era mais devagar e caía na cestinha”. Essa fala indica a importância que tem a tomada de consciência das ações — a descrição — para que as crianças possam chegar às explicações causais. A reflexão sobre esse processo deve ser incentivada pelo professor.

As etapas de tomada de consciência e apresentação das explicações causais não são estanques; em algumas atividades, mais que em outras, elas se sobrepõem

em diversos momentos. O professor deve, entretanto, estar atento para que ambas sejam contempladas. Se o menino da fala anterior não tivesse chegado à explicação, o professor poderia perguntar, por exemplo:

— Mas por que, quando vocês soltavam a bolinha de lá de cima, ela passava a cestinha e quando vocês soltavam do meio, não?

Outras explicações podem aparecer:

— De cima ela vai muito rápido e cai muito longe. Do meio ela cai com pouca velocidade e cai na cestinha.

— Porque ela vai sem força, vai mais devagar e, aí, cai dentro da cestinha.

— Porque quando solta do meio ela tem menos força, tem menos energia. Quando solta de cima tem mais, aí cai fora.

— A gente colocou mais pra lá — o aluno indica com a mão, numa rampa imaginária, uma posição mais próxima do final do trilho. — Lá de cima ela tem mais energia pra cair.

Nota-se, nas falas dos alunos, a não-diferenciação dos conceitos de força, velocidade e energia. Não se trata, necessariamente, de simples terminologia. Essa não-diferenciação também pode ser observada entre estudantes de segundo grau, pois, tal como ocorreu na história da Ciência, trata-se, de fato, de conceitos de difícil definição, apresentando características comuns entre si, fortemente relacionadas a **movimento**.

Para o senso comum, força é vista como uma propriedade intrínseca ao objeto: o objeto “tem” mais ou menos força dependendo, por exemplo, de seu movimento. Assim, há uma forte tendência em associar força a movimento. Essa tendência também é forte em relação a energia e movimento: é comum a associação entre a força “dos” objetos que se movem e sua energia.

HENRIQUE, 1996. ▷

Essas grandezas estão intrinsecamente relacionadas quanto às suas origens e naturezas. Assim, historicamente, seu processo de diferenciação e definição ocorreu de forma polêmica. Já no século VI d.C., detecta-se uma concepção de força semelhante à do senso comum: João Filoponos, da Escola de Alexandria, opõe-se à idéia aristotélica de que um projétil seria mantido em movimento pelo ar, propondo a existência de uma força impressa ao projétil, **transferida** a ele pelo lançador, a qual, paulatinamente, se esgotaria no decorrer do movimento. Essa mesma idéia reapareceria nos séculos XIII e XIV.

HENRIQUE, 1996. ▽

Apesar dessas considerações, isto é, apesar da utilização indiscriminada de conceitos que são, para os físicos, muito bem delimitados, a diferenciação não é, realmente, o objetivo desta atividade. O que estamos querendo salientar e consolidar, e o que, de fato, se nota nas falas dos alunos, é a relação entre as variáveis altura e velocidade. A generalização que estabelecem pode ser observada quando o professor, nas etapas de tomada de consciência e das explicações causais, pergunta sobre a mudança de posição da cestinha:

— Se eu mudasse a cestinha de lugar, se eu a colocasse mais perto, era do mesmo lugar que eu tinha que soltar a bolinha para cair na cesta?

Algumas respostas:

— Não. A gente tinha que colocar mais pra baixo.

— Quer dizer que, se eu boto mais perto, eu tinha que colocar...

— Mais pra baixo.

— E se eu colocasse mais pra longe a cestinha?

— A gente tinha que colocar mais alta, porque aí ela ia levar mais impulso pra cair na cestinha.

Tais idéias representam uma primeira aproximação aos conceitos de energia potencial e energia cinética e à relação entre eles. Esses conceitos serão trabalhados mais sistematicamente em etapas subseqüentes do ensino.

## Escrevendo e desenhando

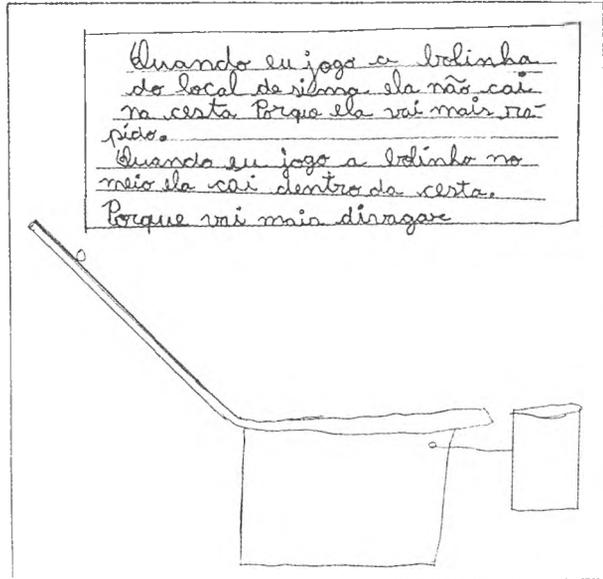
Escolhemos quatro relatos para exemplificar como as crianças podem se expressar sobre a atividade que realizaram. É importante lembrar que esses relatos, que podem ser textos e/ou desenhos, são parte integrante da atividade e, portanto, devem ser feitos em sala. O professor não deve esperar que os alunos relatem **tudo** o que aconteceu, pois eles se detêm nos aspectos que mais chamaram sua atenção.

### RELATOS 1 e 2

Estes dois relatos têm estruturas bastante semelhantes: compõem-se de um texto ilustrado com desenho. Ambos os alunos relatam o que fizeram du-

rante o experimento e indicam que obtiveram sucesso em suas tentativas. O autor do segundo relato, além disso, oferece uma explicação do motivo pelo qual a bolinha largada do meio do trilho caiu na cestinha, relacionando a velocidade atingida pela bolinha com a posição inicial da qual ela é largada.

Como nem todos os alunos consideram importante a causa do fenômeno observado, muitos se restringem a dizer como executaram o experimento para atingir a solução do problema proposto.



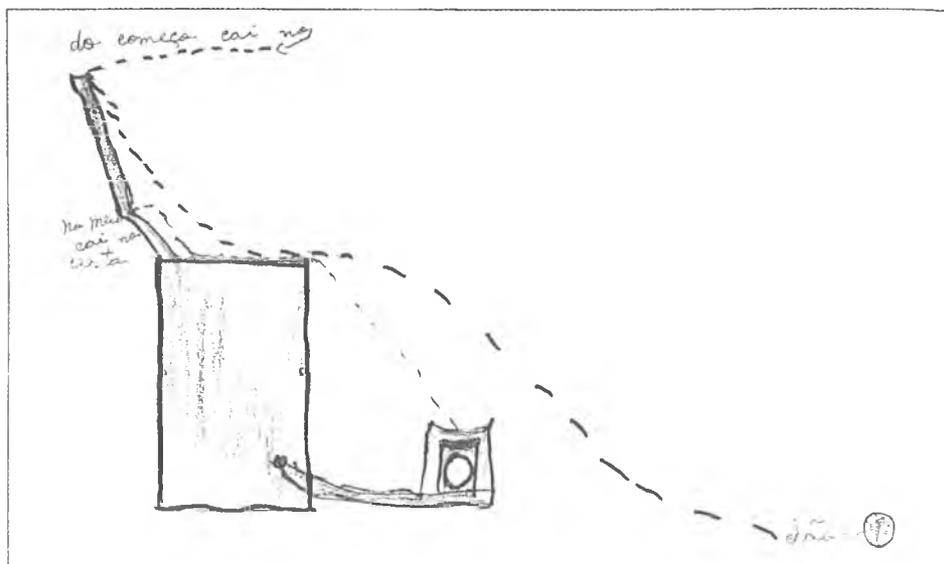
Relato 1.



Relato 2.

### RELATO 3

A parte escrita deste relato é bastante criativa e sucinta. Em seu desenho, fortemente explicativo, vemos claramente a trajetória da bolinha quando é solta do começo do trilho (linha tracejada mais escura) e também quando é solta a meio caminho. No primeiro caso, a trajetória é mais aberta e a bolinha cai no chão, distante da cestinha; no segundo, o objetivo estipulado é atingido. É interessante também a divisão que a criança faz da frase “do começo cai no chão”.

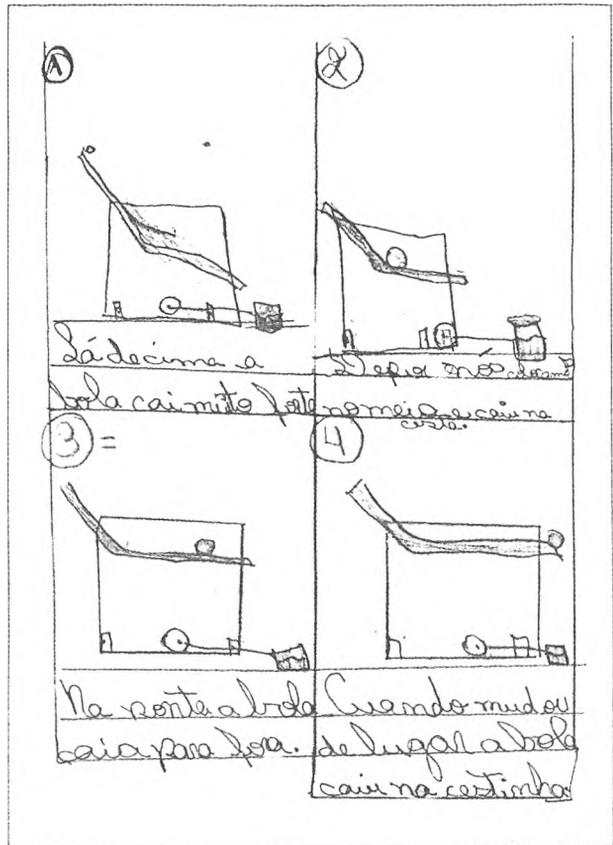


Relato 3.

### RELATO 4

Este relato, tanto quanto o anterior, é bastante criativo. Segue a estrutura de uma história em quadrinhos.

Em cada um dos quatro quadros é relatada, de maneira sintética, cada uma das tentativas realizadas pelo aluno na busca da solução do problema proposto: eles ilustram as posições de largada da bolinha, a posição da cestinha (que variou no decorrer da experimentação) e trazem algumas informações escritas, em frases curtas, relacionadas ao que ocorreu com a bolinha. Por meio dessas frases, o aluno nos conta todo o procedimento seguido.



Relato 4.

### Relacionando atividade e cotidiano

Peça aos alunos exemplos de situações relacionadas com a atividade que acabaram de realizar. Não estranhe se eles citarem fenômenos bastante diferentes. É comum os alunos relacionarem esta atividade com suas brincadeiras — andando de patins, bicicleta, skate, carrinho de rolimã, eles próprios já sentiram o aumento de velocidade à medida que vão descendo uma ladeira.

O importante é que o professor coordene as discussões para que os alunos relacionem situações de seu cotidiano com o problema resolvido na atividade.

## Atividade 14

### *O problema do looping*

Nesta atividade pretendemos continuar trabalhando com a idéia de transformação de energia, a partir das relações entre altura de lançamento e velocidade adquirida por uma bolinha quando jogada em um trilho inclinado que possui um *looping* no final (empregamos o termo *looping* em inglês, já consagrado para descrever a volta de 360 graus que o trilho faz sobre si mesmo).

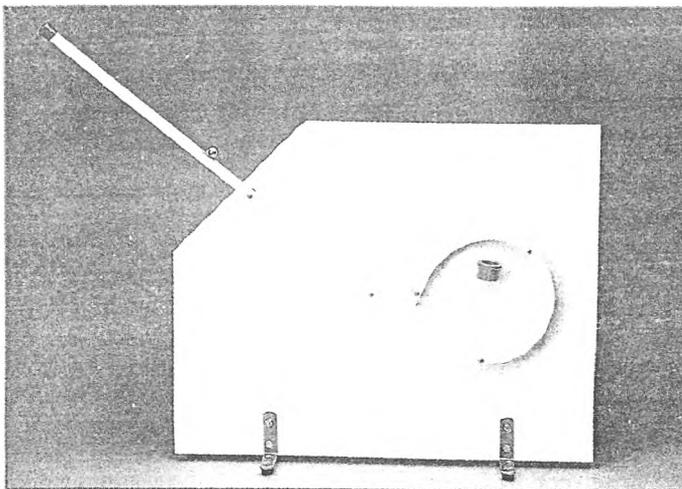
Desenvolvemos um arranjo experimental no qual os alunos terão oportunidade de controlar a velocidade da esfera para que ela faça o *looping* ou caia na cestinha.

### O material

Devem ser distribuídos para cada grupo:

- um trilho (plástico, ferro, etc.) com aproximadamente 1 cm de espessura e 80 cm de comprimento, com uma parte inclinada e outra em forma de *looping*. O trilho deve estar preso a um suporte;
- uma cestinha (copinho de iogurte, de café, etc.) fixada aproximadamente na parte central do *looping*;
- uma esfera (vidro, metal, etc.) com cerca de 1 cm de diâmetro.

Laurenti Fochetto



*Modelo de trilho com parte inclinada e outra formando looping. A cestinha é presa no suporte, na área do looping. A esfera colocada no trilho deve cair na cestinha.*

## O problema

O professor propõe o problema:

— O problema que nós vamos tentar resolver hoje é o seguinte: como será que a gente faz para a bolinha cair dentro da cestinha soltando ela na rampa?

### A solução

*Para conseguir fazer a bolinha cair dentro da cestinha, os alunos devem soltá-la de uma altura tal que ela não tenha velocidade suficiente para fazer o looping, desprendendo-se do trilho e caindo dentro da cestinha.*

### A explicação física

*Quanto maior a altura em que é abandonada a bolinha, maior será a velocidade com que ela entrará no looping. Como já dissemos na atividade anterior, isso ocorre porque, quando a bolinha está a uma certa altura, essa configuração corresponde a uma quantidade de energia chamada potencial. À medida que a bolinha vai descendo, essa energia potencial vai se transformando em energia cinética, que está ligada à velocidade. Então, se a energia potencial for grande no início (altura grande), a energia cinética será grande no final da rampa (velocidade grande), que é o início do looping. A partir daí, a bolinha começa a subir, perdendo velocidade e ganhando altura.*

*Para fazer a volta completa no looping, é necessário que a bolinha tenha uma determinada velocidade mínima - assim ela não perderá toda a velocidade antes de atingir o topo do looping. Mas o problema proposto é que ela não faça o looping, pare antes de completá-lo e caia dentro da cestinha. Assim, a velocidade máxima da bolinha tem de ser menor que aquela com qual a bolinha faz o looping.*

*Para que a bolinha caia na cestinha, ela não pode parar antes de atingir, aproximadamente, sua altura. Assim, as crianças têm de coordenar esses dois aspectos: encontrar a altura para soltar a bolinha de forma tal que ela não tenha velocidade suficiente para fazer o looping, mas tenha velocidade para chegar até a altura que ultrapassa um pouco a da cestinha.*

*Os alunos não precisam chegar exatamente a essa explicação. De acordo com o apresentado na seção "Dando as explicações causais", à medida que as crianças identificam velocidade e altura como variáveis e as relacionam, suas explicações estão no sentido do conhecimento científico, objetivo das ciências no ensino fundamental.*

## Agindo sobre os objetos para ver como eles reagem

*As situações, as falas e os relatos apresentados a seguir referem-se à aula realizada numa classe de terceira série.*

Na aula que descrevemos, os alunos começaram soltando a bolinha do ponto mais alto da rampa e observaram, surpresos, que ela fazia o *looping* e não caía dentro da cestinha.

Em seguida, eles passaram a soltar a bolinha da parte inferior da rampa e observaram que, nesse caso, ela não conseguia sequer chegar até a altura da cestinha.

Repetiram isso várias vezes.

Enquanto isso, o professor foi passando pelos grupos para ver se o problema proposto havia sido compreendido.

### **Agindo sobre os objetos para obter o efeito desejado**

Nesta etapa, os alunos passaram a abandonar a bolinha de uma altura tal que ela passou a cair dentro da cestinha.

Como as crianças têm que se revezar com apenas uma bolinha, em alguns casos é preciso que o professor interfira, solicitando às crianças que deixem todos tentar.

Um dos alunos insistia em abandonar a bolinha do ponto mais alto da rampa. Ao tentar fazer isso novamente, outro aluno, que já conhecia a solução, disse para ele, apontando corretamente para a posição que resolvia o problema:

— Aí não, é melhor aqui.

Enquanto isso, o professor passava pelos grupos pedindo aos alunos que mostrassem e contassem o que estavam fazendo. Ele poderia perguntar, por exemplo, para o menino que ajudava o outro:

— Por que você acha que é melhor aqui?

A turma conseguiu resolver o problema e todos vibraram com a solução encontrada.

Como todos nós, as crianças gostam de resolver problemas por si próprias. Por isso, é importante que o professor não o faça por elas. No entanto, ao passar pelos grupos, além de certificar-se de que os alunos entenderam e conseguiram resolver o problema, o professor estimula a reflexão, fazendo-os tomar consciência de suas ações e começar a propor explicações.

### **Tomando consciência de como foi produzido o efeito desejado**

Após os alunos terem solucionado o problema, o professor recolheu o material e, afastando as carteiras, organizou a classe para que as crianças se sentassem em roda.

Ele perguntou:

— Como vocês fizeram para conseguir fazer a bolinha cair dentro da cestinha?

Algumas respostas:

— Quando a gente soltava a bolinha lá da ponta [altura máxima], ela atravessava a cestinha; quando nós pôs mais de perto [mais para baixo], nós conseguimos fazer a cestinha.

— Eu coloquei a bolinha lá em cima na rampa, ela desceu direto e passou a cestinha. Aí eu coloquei na metade... ela caiu na cesta.

— Nós colocamos lá em cima... aí, ela [a bolinha] vinha descendo e a velocidade era muita — o aluno refaz a trajetória da bolinha com a mão —, aí ela não fazia a cesta... Você colocava mais um pouco embaixo, no meio, aí você fazia a cesta.

As crianças não se contentam com as descrições feitas pelos colegas, repetindo, muitas vezes, o que já foi dito. No entanto, nessas descrições e explicações costumam ocorrer elaborações graduais, isto é, as crianças vão utilizando elementos das falas anteriores para elaborar melhor as suas. Por exemplo, nas descrições que acabamos de apresentar, quando uma das meninas introduz **velocidade** em sua descrição, todas as outras crianças passam a fazê-lo.

### Dando as explicações causais

A pergunta característica desta fase é “Por quê?”. Em alguns casos, a transição entre descrições e explicações ocorre naturalmente. No entanto, nem sempre se obtém, de imediato, uma explicação — ainda que o professor tenha colocado a questão explicitamente. Muitas vezes, o aluno conta o que fez. O professor deve ouvi-lo pacientemente e, em seguida, refazer a pergunta.

O professor pergunta:

— Por que, quando eu solto a bolinha do meio da rampa, ela cai dentro da cestinha, e quando eu solto da ponta, ela não cai na cestinha?

As crianças participam:

— Porque lá de cima ela pega muita velocidade e não cai [na cestinha].

— Quando nós joga a bolinha do meio, daí ela vai — a criança refaz com a mão a trajetória da bolinha —,

ela perde velocidade e cai dentro da cestinha. Quando nós joga lá da ponta da rampa, ela vai e... ganha mais velocidade e passa da cesta.

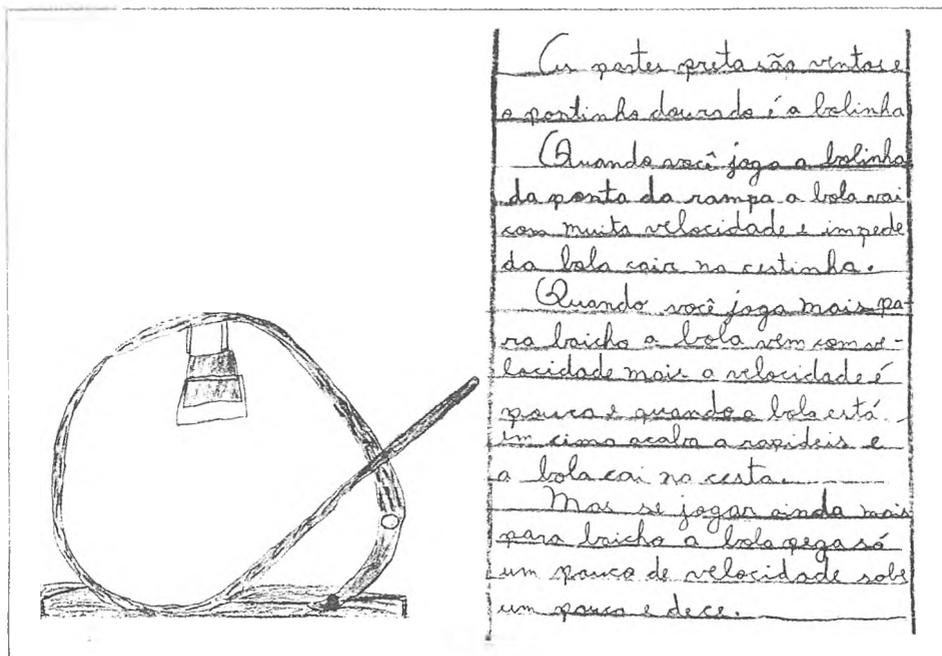
— Quando eu solto ela [a bolinha] do canto [do alto da rampa], ela tem a velocidade máxima de passar [a cestinha], e quando eu solto ela mais embaixo, ela tem a velocidade mínima de fazer a cestinha.

## Escrevendo e desenhando

Para exemplificar esta etapa da atividade, selecionamos dois relatos.

### RELATO 1

Este relato se inicia oferecendo ao leitor uma explicação sobre os códigos empregados no desenho ilustrativo: as partes pretas são vento e o pontinho dourado é a bolinha (o desenho original é colorido). Assim o leitor pode seguir o movimento da bolinha.

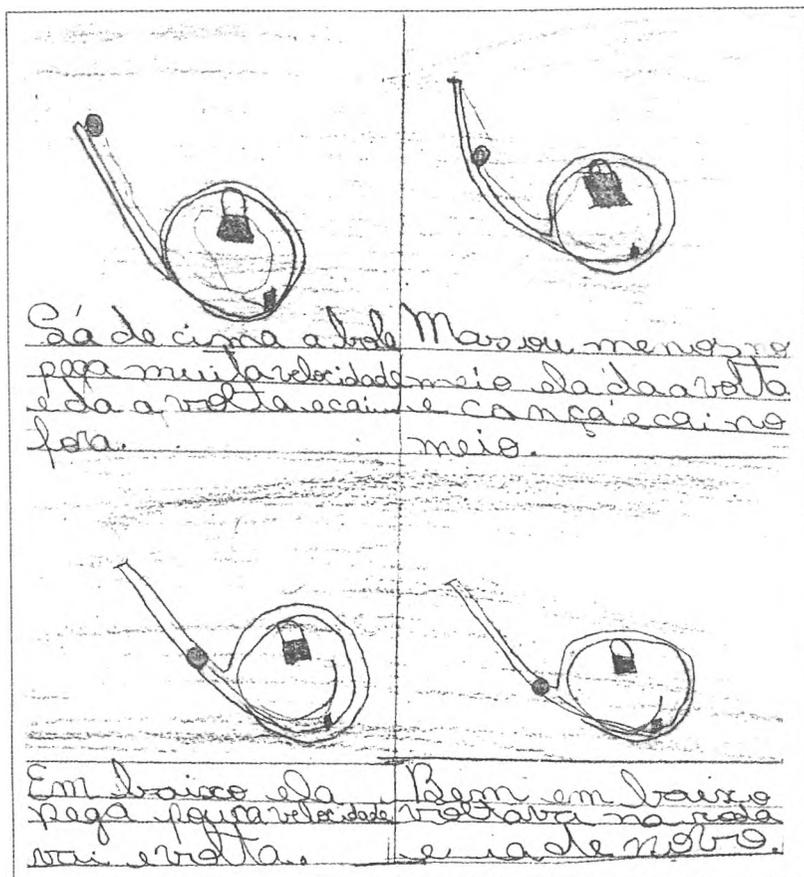


Relato 1.

No texto, bem extenso e elaborado, o aluno descreve seu procedimento e simultaneamente justifica o que acontece. Demonstra conhecer que há uma relação entre a velocidade alcançada pela bolinha, sua posição de largada e a solução do problema.

### RELATO 2

Nos quatro quadros deste relato, bastante criativo, o aluno descreve seu procedimento ilustrando cada um dos passos dados com um desenho auto-explicativo. A relação entre a posição de largada e a velocidade atingida pela bolinha está presente em todos os quadros. O segundo é o que indica a solução do problema: a bolinha "cansa e cai no meio".



Relato 2.

## Relacionando atividade e cotidiano

Peça aos alunos exemplos de situações relacionadas com a atividade que acabaram de realizar. Não estranhe se eles citarem fenômenos bastante diferentes. Após a atividade, é muito difícil os alunos não trazerem para a sala de aula toda uma vivência que tiveram nos parques de diversões ou vendo os desenhos animados na televisão. Uma situação interessante é quando giramos rapidamente um balde com água por cima da cabeça e a água não cai.

O importante é que o professor coordene as discussões para que os alunos relacionem situações de seu cotidiano com o problema resolvido na atividade.

### Atividade 15

#### *O problema do ímã*

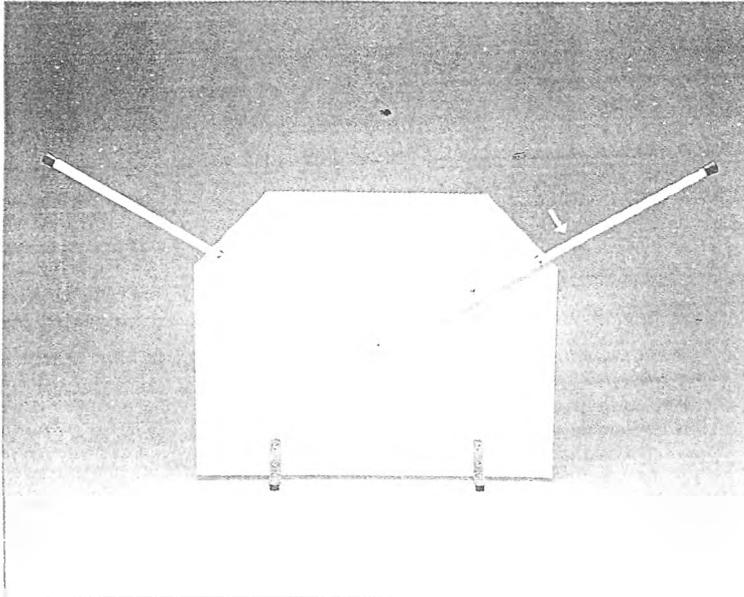
Permitindo que as crianças continuem testando suas hipóteses sobre conservação de energia, propomos aqui um trabalho que envolve uma dupla transformação de energia.

#### O material

Devem ser distribuídos para cada grupo:

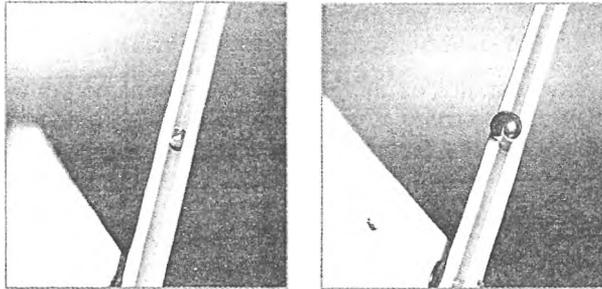
- um trilho (plástico, ferro, etc.) em forma de V, com 1 cm de espessura e 80 cm de comprimento. Deve estar preso a um suporte;
- uma esfera de metal (rolamento) com cerca de 1 cm de diâmetro;
- um pequeno ímã, encaixado no lado direito do trilho, a cerca de 20 cm da extremidade.

O ímã deve ficar no mesmo nível do trilho, sem obstruir a passagem da esfera de metal.



Fotos: Laurent Fochetto

*Modelo de trilho em V. A esfera foi colocada no trilho à esquerda e deverá atingir o ímã que está na outra extremidade (a seta indica sua localização).*



*Detalhe do ímã colocado dentro do trilho. Na segunda foto, a esfera está presa no ímã.*

## O problema

O professor propõe o problema:

— De onde eu preciso soltar a bolinha pra ela parar no ímã? Esse é o problema que eu gostaria que vocês tentassem resolver.

### **A solução**

*Para conseguir fazer a bolinha parar no ímã, os alunos deverão colocá-la na rampa de descida a uma altura equivalente à do ímã que está do outro lado. Dessa forma, quando a bolinha se aproximar dele, sua velocidade será quase zero e a atração será suficiente para retê-la. O professor não precisa se preocupar: as crianças podem chegar a essa solução por si próprias.*

### **A explicação física**

*Quando abandonamos a bolinha no trilho em forma de V, à medida que ela desce, isto é, à medida que perde altura, vai adquirindo velocidade. Dizemos que a energia potencial, relacionada à altura da qual a esfera é abandonada, se transforma em energia cinética, que faz com que ela suba o trilho do outro lado.*

*Ao iniciar a subida do trilho, ocorre o inverso: a bolinha vai perdendo velocidade*

*à medida que vai subindo, até que pára, aproximadamente, à mesma altura em que foi lançada - sua energia cinética converteu-se em energia potencial. Somente quando a bolinha estiver parada, o ímã poderá retê-la.*

*Essa descrição vale se não houver perdas de energia com o atrito da bola com o trilho e a resistência do ar. Como não podemos eliminar essas perdas, a esfera sempre subirá, na verdade, até uma altura ligeiramente inferior àquela na qual foi abandonada.*

*Ainda que esta atividade introduza um novo elemento — o ímã —, a explicação para o fenômeno se dá, como nas demais atividades deste grupo, pela relação entre altura e velocidade, conforme apresentaremos na seção “Dando as explicações causais”. Essa primeira construção será fundamental para a compreensão, em anos posteriores, do princípio de conservação da energia.*

## **Agindo sobre os objetos para ver como eles reagem**

Inicialmente, os alunos lançam a bolinha do ponto mais alto do trilho e observam que ela passa pelo ímã sem ser retida. Testam outras posições e observam o que vai ocorrendo, identificando lançamentos que se aproximam mais da solução.

Muitas vezes, ao fazer um lançamento que não dá certo (a bolinha não pára no ímã), as crianças ficam observando atentamente o movimento de ir e vir que a bolinha executa de um lado para outro do trilho.

O professor passa pelos grupos verificando se o problema foi compreendido e se todos os alunos estão tendo oportunidade de manipular o material.

*As situações, as falas e os relatos apresentados a seguir referem-se a aula realizada numa classe de terceira série.*

## **Agindo sobre os objetos para obter o efeito desejado**

Uma menina coloca a mão ao lado do ímã e a desloca até o outro lado do trilho. Ela “leva” a altura do ímã para o outro lado, procurando determinar o ponto de

onde a bolinha deve ser solta. A realização de medidas indica que as crianças já agem no sentido de resolver o problema. Elas já sabem como as coisas funcionam, isto é, como a bolinha se comporta quando solta de diferentes posições.

Os lançamentos dos alunos já indicam a tentativa de nivelamento com o ímã. Eles se revezam, soltando a bolinha diversas vezes, umas um pouco acima, outras um pouco abaixo do ímã.

Após diversas tentativas, finalmente conseguem fazer a bolinha parar no ímã. A cada novo acerto as crianças comemoram: pulos e gritos de alegria marcam a solução do problema.

Algumas crianças chegaram à solução bastante rápido. No entanto, continuaram trabalhando, o que indica que o problema é intrigante. Conseguir fazer a bolinha parar no ímã não é tudo: por que será que isso acontece?

O professor pode ajudar seus alunos não resolvendo o problema por eles, mas auxiliando-os em sua reflexão, discutindo o que eles mostram e contam que estão fazendo.

### **Tomando consciência de como foi produzido o efeito desejado**

Para esta nova etapa de discussão geral, o professor organiza a classe: o material é recolhido para não desviar a atenção dos alunos, que se sentam em roda.

O professor inicia a discussão perguntando, por exemplo:

— Como vocês fizeram para conseguir fazer a bolinha parar no ímã?

— Eu soltei primeiro do começo da rampinha [trilho] e ela passou direto e ficava balançando — o aluno mostra com as mãos o movimento da bolinha. — Daí eu fui abaixando, abaixando de lugar... daí ela ficou presa no ímã.

— No começo da rampa [trilho] eu joguei a bolinha e passou do ímã, depois eu desci uns cinco dedos e a bolinha ficou presa no ímã... A gente ficava tentando assim, subia um pouquinho [do ponto de lançamento], daí, se passava do ímã, a gente descia um pouquinho [do ponto de lançamento anterior].

## Dando as explicações causais

Depois de todos os alunos terem dito como resolveram o problema, o professor inicia a etapa das explicações causais. Ele pergunta:

— Por que, quando a gente solta a bolinha de um lugar, ela vai até mais ou menos o mesmo lugar do outro lado?

— Se eu jogasse na mesma direção [do ímã], a bolinha ia pegar a mesma força se eu jogasse daquele lado do ímã.

— A bolinha vai rápida demais se a gente colocar ela bem no começo da rampa [trilho]; mas, se colocar um pouco pra baixo, ela vai direto na mira do ímã e pára lá.

É importante que não sejam esperadas, em todas as classes, exatamente as mesmas explicações das crianças. As idéias apresentadas acima foram transcritas de uma situação de ensino particular. Portanto, trata-se de exemplos. Assim, em outros contextos, diferentes formas de explicação podem surgir.

## Escrevendo e desenhando

Dos relatos solicitados pelo professor a seus alunos, selecionamos três para exemplo.

### *RELATO 1*

Neste relato, o aluno descreve sucintamente a parte experimental da atividade, afirma que ela foi divertida e relaciona a variação da velocidade com a parada da bolinha no ímã.

### *RELATO 2*

O autor deste relato elaborou um texto mais extenso e complexo que o anterior. Descreve seu procedimento durante a experimentação, chegando a relacionar a posição de largada da bolinha com a velocidade atingida por ela no final de seu percurso. Esse aluno atingiu em seu experimento a solução que nós indicamos.

A Montanha russa era uma experiência que a bolinha  
desceu para no imã e teve que todas acertar tudo.  
A Montanha russa, uma montanha muito legal e divertida.  
Porque quando a bolinha desceu ela perdeu a velocidade.  
• e parava no imã.

Relato 1 (o aluno se refere à experiência como "montanha-russa").

Nós colocamos a Bolinha na rampa e quando  
nós colocava ela de cima a bolinha ela desce  
com muita velocidade.  
Quando nós colocava ela em um baixo  
ela não chega no imã quando colocava no meio  
ela às vezes passava e às vezes não chegava  
Cê nós colocamos na mesma tomada do  
imã aí o imã conseguiu segurar a bolinha.

Relato 2.

### RELATO 3

Este relato apresenta uma estrutura de texto bastante diversa da dos anteriores. Como já afirmamos, os alunos selecionam aquilo que julgam mais importante na atividade proposta. Este aluno, além dessa seleção, destacou (usando cores diferentes no desenho original), algumas palavras: "experiência", "imã", "rampa" e "conclusão". Esse destaque pode nos indicar que ter realizado uma experiência foi significativo para ele e que, a partir do manuseio adequado dos materiais — imã e rampa —, ele pôde chegar a uma conclusão.

Nós fizemos hoje uma Experiência que tínhamos de saltar a bolina  
para ele se prender no limão que estava preso na rampa.

Na hora de saltar a bolina tentamos primeiro que marcar o lugar  
mas eu não sei na direção que estava o limão.

### Conclusão

Eu jogasse o bolinho do ponto do no mesmo jeito e não se fixar  
nem no ar, nem no chão. Dado a nos deste do que a 2.ª.

Relato 3.

## Relacionando atividade e cotidiano

Peça aos alunos exemplos de situações relacionadas com a atividade que acabaram de realizar. Não estranhe se eles citarem fenômenos bastante diferentes. As crianças poderão trazer várias situações e uma muito comum é a do balanço, que, quando é solto de uma certa altura, nunca atinge, no seu vaivém, uma altura maior que a do lançamento.

O importante é que o professor coordene as discussões para que os alunos relacionem situações de seu cotidiano com o problema resolvido na atividade.

Terceira parte  
Subsídios para  
a elaboração  
de novas  
atividades

Gostaríamos de enfatizar que as atividades apresentadas na Segunda Parte deste livro são apenas exemplos de aulas que tiveram o objetivo de criar condições para que os alunos das primeiras séries do ensino fundamental pudessem resolver problemas e procurar explicações para alguns fenômenos, desenvolvendo seu conhecimento físico.

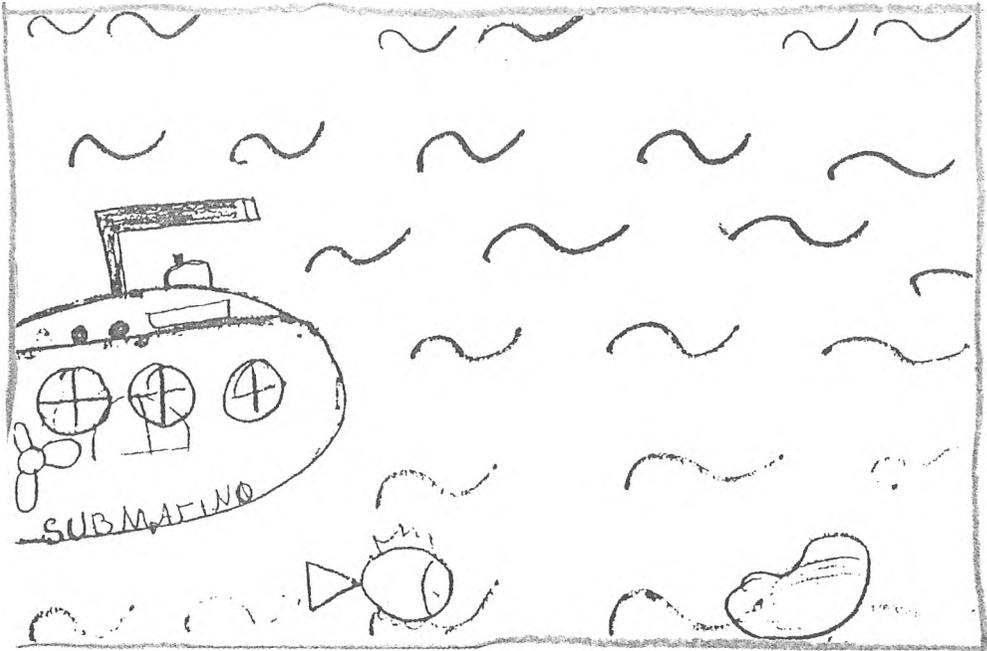
Na verdade, pretendemos mostrar que mesmo os alunos mais novos são capazes de resolver problemas de conhecimento físico. Mais do que isso, eles são capazes de construir suas explicações causais. Com a metodologia que propomos, o aluno aprende muito mais do que o conteúdo específico de Ciências; aprende também conteúdos processuais e atitudinais, essenciais para seu desenvolvimento como integrante de uma sociedade.

Nas duas partes anteriores, propusemos essa nova metodologia de ensino de Ciências, principalmente de ensino de Física, para a escola fundamental, primeiramente mostrando nossa fundamentação teórica e, depois, alguns exemplos. Não esgotamos, de maneira alguma, todo o conteúdo que pode e deve ser ensinado nesse nível de escolarização. Queremos que as atividades da Segunda Parte sejam encaradas como exemplos que podem ser ampliados e, nunca, como receitas a serem seguidas.

O objetivo desta parte do livro é salientar alguns pontos relativos ao modo como construímos as atividades, de forma a ajudar o professor a tornar-se capaz de desenvolver novas atividades de conhecimento físico por si próprio, usando as mesmas fontes e a mesma metodologia. Nossa proposta é aberta, e nela podem ser incluídas muitas outras atividades construídas pelos professores e necessárias para o desenvolvimento de seu trabalho na escola.

# 6

## Fontes de inspiração para a construção das atividades



Saber propor novos problemas é uma habilidade importante a ser desenvolvida pelos professores e, apesar de não ser trivial, é possível colocá-la em prática, principalmente se houver condições de realizar um trabalho coletivo nas escolas. A troca de experiências e o aprofundamento teórico são requisitos necessários para o crescimento de todo profissional.

Ao planejarmos atividades de conhecimento físico, temos de ter um cuidado fundamental: todas as experiências elaboradas deverão levar os alunos ao sentido do conhecimento científico. Assim, por mais seguros que estejamos na proposição de um novo problema, é necessário, ao introduzi-lo pela primeira vez em uma aula, verificar cuidadosamente se os alunos não apenas se envolvem com entusiasmo na procura de sua solução, mas também, se por meio de suas falas, de suas reflexões, conseguem chegar a uma explicação coerente com a proposta de ensino.

Por mais difícil que possa parecer a construção de um novo problema, todo trabalho é recompensado pelo riso de satisfação de um aluno quando consegue resolvê-lo. Esse riso vale todo o esforço, individual ou coletivo, do professor que busca um aperfeiçoamento profissional.

Para auxiliá-lo, queremos, aqui, mostrar as várias fontes que nos inspiraram na construção de nossas atividades.

## LIVROS DIDÁTICOS E PARADIDÁTICOS

De maneira muito ampla, ao propormos atividades de Ciências para os primeiros anos da escola fundamental, temos de nos guiar pelas propostas curriculares elaboradas para essas séries. Essa também foi uma de nossas fontes de inspiração. Como conteúdos mais frequentes nessas propostas encontramos: ar e água. Para elaborar alguns dos problemas desse grupo, buscamos inspiração nos livros didáticos e paradidáticos.

Em um livro publicado pela Unesco, encontramos uma experiência que ensinava os alunos a construir um modelo de submarino utilizando materiais simples, a partir de um roteiro detalhado que mostrava como ele funcionaria. Procuramos modificar a expe- <math>\triangleleft</math> UNESCO, 1969.

riência dando ênfase ao conhecimento físico em contraposição à habilidade de seguir instruções. Assim, o objetivo não seria a construção do submarino em si, mas a resolução de um problema sobre o qual os alunos se debruçassem, procurando fazer o objeto que lhes oferecemos subir e descer na água — como um submarino — e, conseqüentemente, refletindo sobre condições de flutuação dos corpos.

Outra atividade que teve sua inspiração em livros didáticos foi a do copo, tradicionalmente proposta para provar que o ar ocupa lugar no espaço. O que fizemos foi transformar essa demonstração em um problema: conseguir pôr um papel no copo, emborcá-lo na água e não molhar o papel.

Essas são transformações puramente metodológicas, possíveis de realizar com outras experiências propostas para o ensino fundamental, bastando criatividade na elaboração do problema.

## LACUNAS NO CONHECIMENTO ESPECÍFICO DOS ALUNOS

Como professores, precisamos ficar atentos às dificuldades dos alunos, a fim de entendermos por que eles não compreendem o que pretendemos ensinar. Muitas vezes faltam-lhes conhecimentos específicos prévios indispensáveis para compreender o mundo. São esses conhecimentos prévios que devemos lhes proporcionar com os problemas de conhecimento físico. Citando Piaget & Garcia: "o sujeito se constrói na medida em que constrói os modelos de mundo".

Por exemplo: um conteúdo sempre trabalhado nos primeiros anos do ensino fundamental e dificilmente entendido pelos alunos são os conceitos astronômicos de dia, noite, fases da Lua e eclipses. Para que compreendam esses conceitos, é preciso que os alunos tenham construído o conceito de sombra e, principalmente, que saibam que a sombra é tridimensional (para poder entender, por exemplo, um eclipse).

Sabendo da dificuldade que tais conceitos representam para os alunos, elaboramos duas atividades. A primeira delas visa construir a noção de sombra, cuja resolução se centra numa contradição: o fato, muito comum entre as crianças, de julgar que a projeção de

uma sombra tem sempre o mesmo desenho do objeto que a gerou (Atividade 6). Já a segunda atividade leva os alunos a tomar consciência da sombra no espaço (Atividade 7). Na verdade, os problemas geram muitas discussões, ampliando bastante os objetivos inicialmente almejados.

Para entender as dificuldades dos alunos, procuramos estudar artigos e livros que mostram como eles constroem o conhecimento de certos conteúdos de Ciência. Esses trabalhos são importantes, pois além de nos inspirarem na elaboração de problemas interessantes mostram características do caminho percorrido pelas crianças na construção do conhecimento, o que muito nos auxilia a propor questões intermediárias que as ajudem a construí-lo.

Muitas das pesquisas sobre psicogênese dos conceitos de Física e mesmo os artigos sobre concepções alternativas nos dão pistas importantes ao revelarem as dificuldades das crianças na construção de alguns conceitos. Por exemplo, os trabalhos de Piaget e de Feher e Rice nos ajudaram muito na elaboração de “O problema das sombras iguais” (Atividade 6). “O problema do pêndulo” (Atividade 11) e “O problema das bolinhas” (Atividade 12) foram criados a partir de nossas pesquisas sobre como as crianças e os adolescentes constroem a noção de quantidade de movimento. “O problema do equilíbrio” e “O problema dos cinco quadrados” (Atividades 9 e 10) tiveram suas origens na pesquisa de Valle e também no trabalho de Karmiloff-Smith e Inhelder. O estudo desses dois últimos trabalhos nos permitiu entender as dificuldades das crianças na construção da noção de equilíbrio e nos deu subsídios importantes para a construção do material experimental. Essas influências estão relatadas com maiores detalhes na Segunda Parte deste livro.

◁ *PIAGET, 1934.*  
*FEHER & RICE, 1988, 1992.*

◁ *CARVALHO, 1986.*

◁ *VALLE, 1989.*

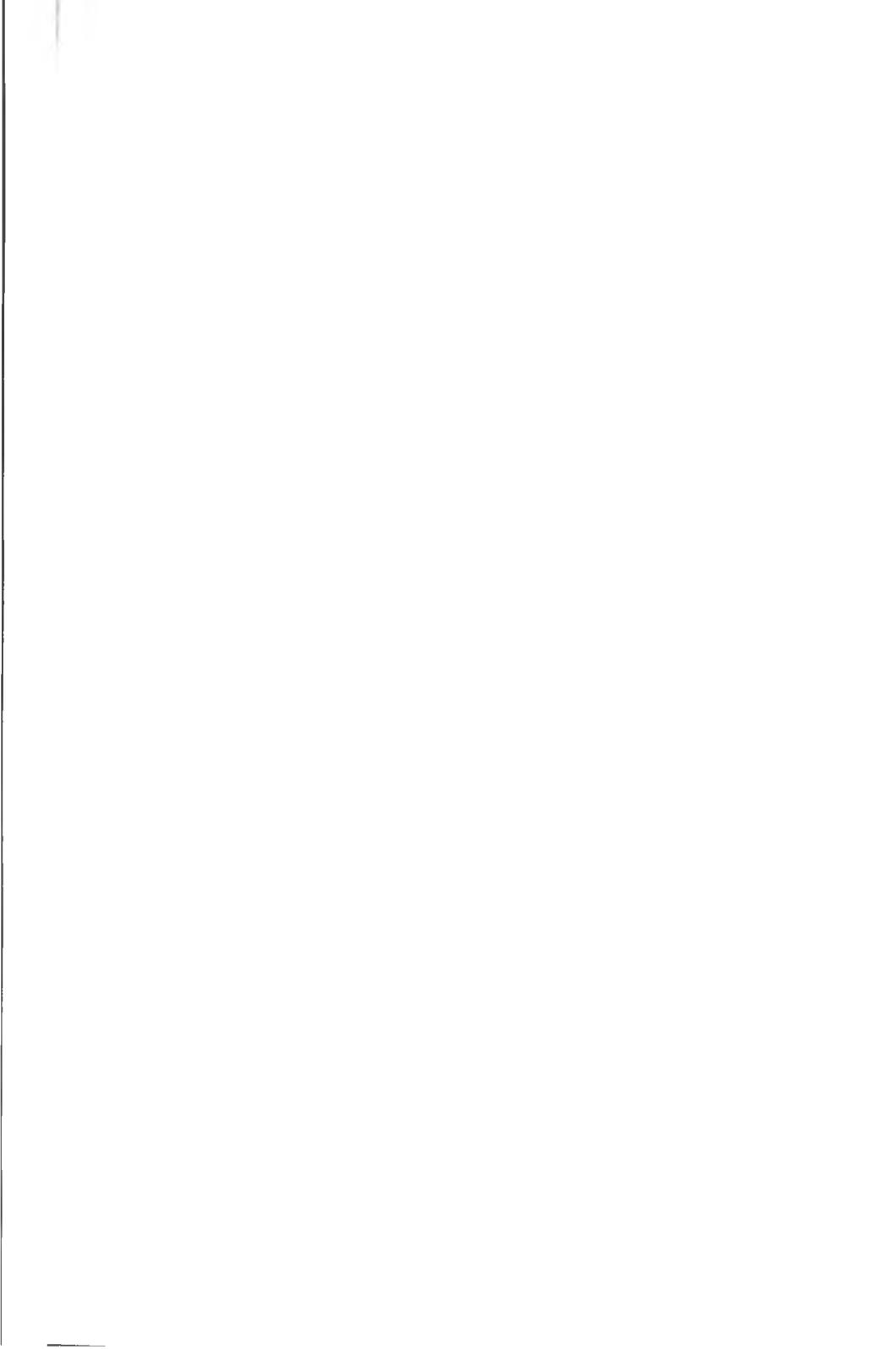
◁ *KARMILOFF-SMITH & INHELDER, 1975.*

## NOVOS CONTEÚDOS

Muitas vezes os professores querem propor a seus alunos novos conteúdos que acham interessantes e necessários. Esse foi o caso das atividades de conservação da energia. Esse tema é fundamental para o desenvolvimento da Física e achamos que, desde os primeiros anos, os alunos deveriam construir as rela-

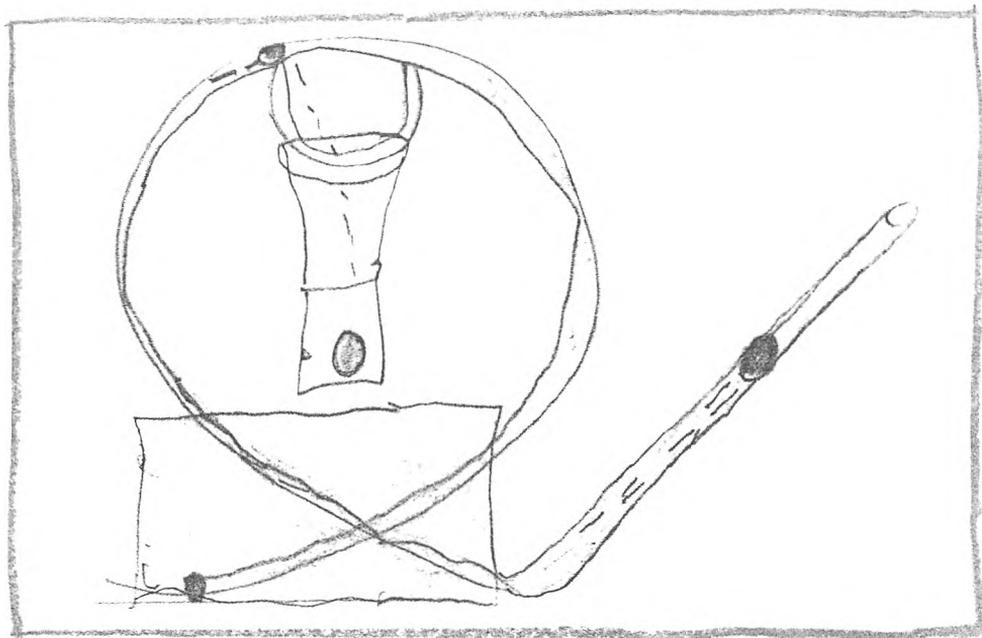
ções que envolvem essa conservação. No nível correspondente às primeiras séries do ensino fundamental, é suficiente que os alunos relacionem a altura de queda de um corpo (no caso, algumas bolinhas) com a velocidade alcançada de acordo com a variação dessa altura. Por ser muito importante que os alunos discutam esse tema, organizamos “O problema da cestinha”, o “O problema do *looping*” e “O problema do ímã” (Atividades 13, 14 e 15).

Muitas podem ser as fontes de inspiração para a construção das atividades de conhecimento físico, mas o importante é elaborar problemas que estimulem os alunos a fazer várias coisas, a pensar sobre os diferentes resultados possíveis e a trocar idéias uns com os outros. Lembramos que a abordagem do conhecimento físico não privilegia apenas a manipulação; além dela, a resolução de um problema pela experimentação envolve reflexões sobre o que foi feito, relatos, discussões, ponderações e explicações, pois se trata, para os nossos alunos, de uma investigação com características científicas.



# 7

## Critérios para selecionar as atividades



**T**endo o conteúdo e a idéia para elaborar uma atividade de conhecimento físico, temos de organizar nossos experimentos de forma a possibilitar aos alunos agir sobre os objetos e observar a reação deles. As crianças iniciam a estruturação de suas observações sobre as propriedades dos objetos agindo sobre eles e observando a regularidade de suas reações.

Com relação à manipulação, Kamii e Devries propõem quatro critérios, que nortearam a construção de nossas atividades. São eles:

◁ *KAMII & DEVRIES, 1986, p. 24.*

**1. O aluno, ao resolver o problema, deve ser capaz de produzir o fenômeno pela sua própria ação.** Como já foi dito, o fundamental das atividades sobre conhecimento físico é a ação da criança sobre os objetos e sua observação da reação do objeto; portanto, é essencial que o fenômeno escolhido seja tal que o próprio aluno possa produzi-lo.

**2. O aluno deve ser capaz de variar sua ação.** Quando, variando a ação, o aluno observa alterações correspondentes de reação do objeto, tem a oportunidade de estruturar essas regularidades. Se isso não ocorre, isto é, se não há uma correspondência direta entre as variações nas ações e reações, um fenômeno oferece pouca oportunidade para estruturação das ações do aluno.

**3. A reação do objeto deve ser visível.** Devemos ter o cuidado de escolher fenômenos em que a reação do objeto possa ser perfeitamente visível para os alunos, para que eles tenham condições de observar as regularidades das reações.

**4. A reação do objeto deve ser imediata.** É muito mais fácil estabelecer correspondências quando a reação do objeto é imediata. Esse é um dos motivos pelos quais as atividades envolvendo movimentos são as mais interessantes para os alunos dos primeiros anos do ensino fundamental.

A esses quatro critérios estabelecidos por Kamii e Devries, nós ainda acrescentamos mais um:

**5. Segurança e higiene nas experiências.** O trabalho experimental não está isento de problemas e por isso a segurança é um aspecto fundamental, principalmente quando se trata de crianças pequenas. Os

professores não devem ser levados a pensar que “estimular a iniciativa dos alunos” justifica permitir que façam o que quiserem sem levar em conta sua própria segurança, assim como a dos colegas. A segurança nas experiências e a ética no cuidado com os alunos é um tema de reflexão de construtivistas da atualidade.

TIPPINS *et al.*, 1993. ▷

Vamos exemplificar como esses cinco critérios são seguidos em nossas atividades. Tomemos, por exemplo, “O problema do submarino” (Atividade 3). Para resolvê-lo, os alunos têm de sugar o ar de dentro do recipiente, observar que fica cheio de água, colocá-lo dentro da bacia e verificar que afunda. Têm também de assoprar e verificar que, então, o submarino fica cheio de ar e bóia (critérios 1 e 2). O recipiente e a mangueirinha que usamos são transparentes para que o critério 3 seja obedecido. Assim que os alunos chupam o ar, a água entra e o submarino começa a afundar, e, ao contrário, quando os alunos assopram, a água sai e o submarino sobe (critério 4). Para evitar a transmissão de doenças, as biqueiras são individuais e modificamos o arranjo inicial (de um vidrinho para um recipiente de plástico) para evitar possíveis acidentes com as crianças (critério 5).

- FEHER, E. & RICE, K. Children's conceptions of color. *Journal of Research in Science Teaching*, Nova York, 29 (5): 505-20, 1992.
- \_\_\_\_\_. Shadows and anti-images: children's conception of light and vision II. *Science & Education*, Londres, 72 (5): 637-49, 1988.
- FEYNMAN, R. P. *O que é uma lei física?* Trad. Carlos Fiolhais. Lisboa, Gradiva, 1989.
- GIL-PÉREZ, D. & CARRASCOSA, J. What to do about science misconception? *Science & Education*, Londres, 74 (4), 1990.
- \_\_\_\_\_; CARRASCOSA, J.; FURIÓ, C.; MARTINEZ-TORREGROSA, J. *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona, Horsori, 1991.
- \_\_\_\_\_ & Martinez-Torregrosa, J. *La resolución de problemas de física*. Madrid, MEC, 1987.
- \_\_\_\_\_; TORREGROSA, J. M.; RAMIREZ, L.; CARRÉE, A. D.; GOFARD, M.; CARVALHO, A. M. P. de. Questionando a didática de resolução de problemas: elaboração de um modelo alternativo. *Cadernos Catarinenses de Ensino de Física*, Florianópolis, 9 (1): 7-19, 1992.
- GONÇALVES, M. E. R. *O conhecimento físico nas primeiras séries do primeiro grau*. São Paulo, USP, 1991. Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de Física e à Faculdade de Educação.
- \_\_\_\_\_ & CARVALHO, A. M. P. de. As atividades de conhecimento físico: um exemplo relativo à sombra. *Cadernos Catarinenses de Ensino de Física*, Florianópolis, 12 (1): 1996.
- \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. Conhecimento físico nas primeiras séries do 1º grau: o problema do submarino. *Caderno de Pesquisa*. São Paulo, (90): 72-80, 1994a.
- \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. Um exemplo de atividade de conhecimento físico nas primeiras séries do primeiro grau; o problema do submarino. *Cadernos de Pesquisa*, São Paulo, (20): 72-80, 1994b.
- \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. Uma atividade sobre impulso e quantidade de movimento para a escola primária. 1º Simpósio de Pesquisa da Faculdade de Educação da USP. *Estudos e Documentos*, São Paulo, 31: 401-13, 1994c.
- HALBWACHS, F. Apprentissage des structures et apprentissage des significations. *Revue Française de Pédagogie*, Paris, 5: 25-31, 1981.
- HENRIQUE, K. F. *O pensamento físico e o pensamento do senso comum: a energia no 2º grau*. São Paulo, USP, 1996. Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de Física e à Faculdade de Educação.
- HOFFMANN, J. *Avaliação: mito e desafio*. 19. ed. Porto Alegre, Mediação, 1996.
- KAMII, C. & DEVRIES, R. *O conhecimento físico na educação pré-escolar: implicações da teoria de Piaget*. Porto Alegre, Artes Médicas, 1986.
- KARMILOFF-SMITH, A. & INHELDER, B. If you want to get ahead, get a theory. *Cognition* 3 (3): 195-212, 1975.
- LAHORE ALBERTO, A. Lenguaje literal y connotado en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, 11 (1): 59-61, 1993.
- LEE, O. & ANDERSON, C. W. Task engagement and conceptual change in middle school science classrooms. *American Educational Research Journal*, Washington, 30 (30): 585-610, 1993.

- LINDSAY, R. B., ed. *Energy: historical development of the concept*. Stroudsburg: Dowden, Hutchinson & Ross, 1975. p. 369.
- MACEDO, L. de. *Ensaio construtivistas*. São Paulo, Casa do Psicólogo, 1994.
- MACH, E. *Desarrollo histórico-crítico de la mecánica*. Buenos Aires, Editora Espasa Calpe Argentina, 1949.
- MEC. *Parâmetros curriculares nacionais para o ensino fundamental - documento introdutório*. Brasília, 1995.
- NUSSENZVEIG, H. M. *Curso de física básica*. São Paulo, Edgard Blücher, 1987. v. 2.
- PIAGET, J. *A tomada de consciência*. São Paulo, Melhoramentos, 1977.
- \_\_\_\_\_. *Construction du réel chez l'enfant*. Paris, Delachaux, 1950.
- \_\_\_\_\_. *Fazer e compreender*. São Paulo, Edusp, 1978.
- \_\_\_\_\_. *La causalidad física en el niño*. Madrid, Calpe, 1934.
- \_\_\_\_\_. *Les notions de mouvement et de vitesse chez l'enfant*. Paris, PUF, 1946.
- \_\_\_\_\_. & GARCIA, R. *Las explicaciones causales*. Barcelona, Barral Editores, 1973.
- \_\_\_\_\_. & \_\_\_\_\_. *Psicogénesis e história de las ciencias*. México, Século XXI, 1981.
- \_\_\_\_\_. & INHELDER, B. *Da lógica da criança à lógica do adolescente*. São Paulo, Pioneira, 1976.
- PINTRICH, P. R.; MARX, R. W.; BOYLE, R. S. Beyond cold conceptual change. The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, Washington, 63 (2): 167-99, 1993.
- TIPPINS, D. J.; TOBIN, K. G.; HOOK, K. Dealing with dilemmas of laboratory science: making sense of safety from a constructivist perspective. *International Journal of Science Education*, Londres, 15 (1): 45-54, 1993.
- UNESCO. *Manual de la Unesco para la enseñanza de las ciencias*. Paris, Unesco, 1969.
- VALLE, M. R. F. *Estudo psicogenético da noção de centro de massa*. São Paulo, USP, 1989. Tese de doutorado apresentada à Faculdade de Educação (FEUSP).
- VANNUCCHI, A. I. *História e filosofia da ciência: da teoria para a sala de aula*. São Paulo, USP, 1997. Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de Física e à Faculdade de Educação.
- VIENNOT, L. *Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire*. Paris, Herman, 1979. Tese de doutoramento.
- VIGOTSKY, L. S. *A formação social da mente*. São Paulo, Martins Fontes, 1984.
- WHEATLEY, G. H. Constructivist perspectives on Science and Mathematics learning. *Science & Education*, Londres, 75 (1): 9-21, 1991.

#### **Materiais mencionados no texto**

Laborciência Tecnologia Educacional  
 Av. Senador Casemiro da Rocha, 129  
 Mirandópolis - SP - 04047-000  
 Fone-fax: 5581 5010  
 e-mail: laborciencia@interclubnet.com.br

# Você encontra os produtos da Editora Scipione nos seguintes endereços

## ACRE

**RIO BRANCO**  
 Livrarias Palm - R. Rio Grande do Sul, 331 - Centro  
 CEP 69903-420 - Cx. Postal 441  
 Tels.: (068) \* 224-3438/224-8972/224-3065  
 Fax (068) 224-7528

## ALAGOAS

**MACEIO**  
 H. C. Distribuição de Livros Didáticos Ltda  
 P. Dr. Mizeal Domingues, 45  
 Centro - CEP 57020-600  
 Tel.: (082) \* 223-3716 - Fax (082) 223-4039

## AMAZONAS

**MANAUS**  
 Livraria Concorde  
 P. Henrique Mármis, 453  
 Centro - CEP 69010-010  
 Tels.: (091) \* 633-3133/633-3709/236-1094  
 Fax (091) 633-3133 - R. 31

## BAHIA

**SALVADOR**  
 Editora Scipione  
 R. da Independência, 21/13 - Nazaré  
 CEP 40060-340 - Tel.: (071) \* 321-4225  
 Fax (071) 321-3759

## CEARÁ

**FORTALEZA**  
 Distr. de Livros Soares e Soares Ltda.  
 Av. 13 de Maio, 2072 - Loja 67  
 CEP 60040-511 - Tel.: (085) \* 281-7123  
 Telefax: (085) 281-6951

## JUAZEIRO DO NORTE

Casa do Professor  
 Rua Delmiro Gouveia, 67 - Centro  
 CEP 63050-220 - Tel.: (088) \* 511-1647

## DISTRITO FEDERAL

**BRASÍLIA**  
 Centauro Distr. de Livros - SIG - Quadra 3 - Bloco C - Lote 5  
 S. 57 - Estrada 66 - Salas 102 e 108 - Setor Grafico  
 CEP 70610-400 - Tels.: Fax: (061) \* 344-989/344-1277  
 344-3110

## ESPIRITO SANTO

**TORRÁ**  
 Terra Distr. de Livros Ltda - P. Humberto de  
 Paula, 21 - Praia do Sua  
 CEP 29055-100 - Tels.: (027) \* 345-0794  
 Fax (027) 345-0907

## GOIÁS

**Goiânia**  
 Centauro Goiás Distr. de Livros - R. Oto, 22  
 Sator Central  
 CEP 74113-030 - Tels.: (062) \* 212-4190/221-2929/  
 222-4072 - Fax (062) 212-4193

## MARANHÃO

**SÃO LUIS**  
 Distribuidora de Livros Maranhense  
 Av. Getúlio Vargas, 66 - Apeadouro  
 CEP 65040-000 - Tel./fax: (068) 249-0776

## MATO GROSSO

**CUIABÁ**  
 Livrosbrás Distr. de Livros Ltda.  
 R. Cândido Mariano, 533  
 1º andar - Centro  
 CEP 78005-340 - Tels.: (065) \* 624-3423  
 Fax (065) 624-3036

## MATO GROSSO DO SUL

**CAMPO GRANDE**  
 Distr. de Livros Sul-matogrossense Ltda  
 R. Pedro Celestino, 2379 - Centro  
 CEP 79002-372 - Tel.: (067) \* 724-5583  
 Fax (067) 724-7612

## MINAS GERAIS

**BELO HORIZONTE**  
 Editora Scipione - R. Alvaros Maciel, 31  
 Santa Efigênia - CEP 30150-330  
 Tels.: (031) \* 241-3662 - Fax (031) 241-1113  
**UIZ DE FORA**  
 VIC Distr. de Livros Ltda.  
 R. Antônio Dias, 486 - Centro  
 CEP 36010-370 - Tels.: (033) \* 215-8861  
 Fax (032) 216-1641

## UBERLÂNDIA

Livraria Henriques Ltda. - Av. Cipriano Del Favero,  
 921 - Centro  
 CEP 38400-048 - Cx. Postal 228  
 Tels.: (034) \* 236-9253/236-2566/236-4074  
 Fax (034) 236-4074

## VARGINHA

Sigma Distr. de Livros Ltda.  
 R. Wenceslau Braz, 672A - Centro  
 CEP 37002-060 - Tel.: (035) \* 222-2532  
 Fax (035) 221-7237

## PAPAÍ

**BELEM**  
 Livraria Linkings - R. dos Tamoius, 1592  
 Balista Campos  
 CEP 66025-540 - Tels.: (091) \* 241-8666/241-7785  
 Fax (091) 241-1299

**Casa do Professor**  
 R. dos Manducutus, 1567 - Balista Campos  
 CEP 66025-540 - Tel.: (091) \* 241-8666

## PARAIBA

**CAMPINA GRANDE** - Casa do Professor  
 R. Major Juvenio do O, 133 - Centro  
 CEP 58101-020 - Tel.: (083) \* 222-5530

## JOÃO PESSOA

Polly Distr. de Livros Ltda.  
 Av. dos Tabajaras, 1086 - Centro  
 CEP 58013-270 - Tel.: (083) \* 221-7146  
 Fax (083) 221-4312

**Casa do Professor** (083) \* 221-9791

## PARANÁ

**CURITIBA**  
 Livrarias Curitiba Ltda.  
 Av. Marçal Floriano Peixoto, 1742 - Rebouças  
 CEP 80230-110 - Cx. Postal 2858  
 Tel.: (041) \* 322-6455 - Fax (041) 232-5511

## LONDRIANA

Distr. Acadêmica de Livros Ltda.  
 R. Porto Alegre, 553 - Centro - CEP 86020-110  
 Tel.: (043) \* 330-7575 - Fax (043) 321-1851

## PARANAGÁ

Casa do Professor  
 R. Bialvo Scharnuck 366 - sala 1 - Zona 1  
 CEP 87013-190 - Tel.: (044) \* 222-3351

## PERNAMBUCO

**RECIFE**  
 Editora Scipione  
 Av. Visconde de Suassuna, 634 - Santo Amaro  
 CEP 50050-540 - Tel.: (081) \* 421-6026  
 Fax (081) 231-7287

## PIAUÍ

**TERESINA**  
 Livraria Consco - R. Alvaro Mendes, 1310  
 Centro - CEP 64000-050  
 Tel.: (086) \* 221-4845 - Fax (086) 221-3717

## RIO DE JANEIRO

**CAMPOS DOS GOITACAZES**  
 Casa do Professor  
 Av. Dr. Felipe Uebe, 371 - Parque Califórnia  
 CEP 28013-140 - Tel./Fax: (0247) \* 21-4386

## RIO DE JANEIRO

Editora Scipione  
 R. Teodoro da Silva, 1004 - Vila Isabel  
 CEP 20560-061 - Tel.: (021) \* 577-1444  
 Fax (021) 577-6864

## RIO GRANDE DO NORTE

**MOSSORÓ** - Casa do Professor  
 R. José de Alencar, 74 - Centro  
 CEP 59600-000 - Tel.: (084) \* 321-7297

## NATAL

DPL - Av. Rio Branco, 825 - Cidade Alta  
 CEP 59025-003 - Tels.: (084) \* 212-2328/212-1092/  
 212-2012 - Fax (084) 221-4851

## RIO GRANDE DO SUL

**PORTO ALEGRE**  
 Distr. de Livros Nascimento Ltda.  
 Av. Maranhão, 251 - São Gerardo  
 CEP 90720-041 - Tels.: (051) \* 337-6004  
 Fax (051) 337-6641

## RONDÔNIA

**PORTO VELHO**  
 Loja do Livro - Av. Rogério Weber, 1987 - Centro  
 CEP 78916-090 - Cx. Postal 853  
 Tels./Fax: (069) \* 224-7684/224-7893

## SANTA CATARINA

**FLORIANÓPOLIS**  
 Livrarias Calatinense  
 R. Fulvio Aducci, 416 - Estreito  
 CEP 88075-000 - Cx. Postal 795  
 Tel.: (048) \* 248-6766 - Fax (048) 244-6305

**Casa do Professor**  
 R. Conselheiro Maíra, 421 - Centro  
 CEP 88010-101 - Tel.: (048) \* 248-6766

## SÃO PAULO

**ARARAQUARA** - Casa do Professor  
 R. Voluntários da Pátria, 151 - São José  
 CEP 14900-350 - Tel.: (016) \* 22-3781

## BAURÁ

Sem Limites - R. Prof. José Raniere, 4 - 28  
 Centro - CEP 17015-350  
 Tels.: (014) \* 273-5423/274-6730/272-1768/272-1769  
 Fax (014) 274-6730

## CAMPINAS

**Casa do Professor**  
 R. Barros Monteiro, 327 - Jardim Guaraná  
 CEP 13073-240 - Tel.: (019) 242-5964  
 Fax (019) 242-1377

**PRESIDENTE PRUDENTE** - Casa do Professor  
 Empório das Letras - R. Dr. José For, 168 - Bosque  
 CEP 13015-040 - Tel.: (019) \* 223-3911

## RIBEIRÃO PRETO

Editora Scipione  
 Av. da Saudade, 554 - Campos Eliseos  
 CEP 14085-000 - Tel.: (016) \* 636-8088  
 Fax (016) 610-6397

## SANTOS

Casa do Professor  
 R. Dr. Antonio Benin, 25 - Vila Mathias  
 CEP 11075-860 - Tel.: (013) \* 234-9034

## SÃO JOSÉ DO RIO PRETO

Casa do Professor  
 R. Lúcio Antonio da S. eira, 1531 - Boa Vista  
 CEP 15025-020 - Tel.: (017) \* 234-4534

## SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

Casa do Professor  
 R. José Malav, 262 - Jardim São Dimas  
 CEP 12245-450 - Tel.: (012) \* 341-6474  
 Fax (012) 341-5884

## SÃO PAULO - CAPITAL

Editora Scipione - Nova  
 Praça Carlos Gomes, 49 - Uberlândia  
 CEP 01501-040 - Tels.: (011) \* 239-1700/  
 239-2265 - Fax (011) 607-9511  
 e-mail: scipione@brnet.com.br

## Vendas

R. Gago Coutinho, 238 - Lapa  
 CEP 05075-020 - Tels.: (011) \* 239-1700/  
 239-2265 - Fax (011) 607-9511

## SEHORÉ

**ARACAJU** - Casa do Professor  
 R. Dom José Thomez, 551 - São José  
 CEP 49105-090 - Tel.: (079) \* 211-7510  
 Fax (079) 274-1365

## TOCANTINS

**GURUPI** - Casa do Professor  
 R. Antonio Lisboa 23 Cruz, 1610 - sl. 05 - Ed. Paulo  
 Henrique  
 Jantiga rua 04, quadra 12 - lote nº 16 - Centro  
 CEP 77405-100 - Tel.: (063) \* 712-1104

\* Contato: DDD