

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**

**INSTITUTO DE FÍSICA**

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física

Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física

**Um Currículo de Física para as Primeiras Séries  
do Ensino Fundamental**

**Carlos Schroeder**

Porto Alegre

2004

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**

**INSTITUTO DE FÍSICA**

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física

Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física

## **Um Currículo de Física para as Séries Iniciais do Ensino Fundamental<sup>1</sup>**

**Carlos Schroeder**

Dissertação realizada sob a orientação do Dr. Marco Antônio Moreira, apresentada ao Instituto de Física da UFRGS em preenchimento parcial dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Porto Alegre

2004

---

<sup>1</sup> Trabalho parcialmente financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

## Resumo

A presente dissertação oferece o relato de um programa desenvolvido para crianças de idades entre sete e dez anos, às quais foi oferecida a oportunidade de aprender Física através de atividades experimentais do tipo mão-na-massa (*hands-on*) como parte de um ensino baseado em pesquisa (*inquiry-based*). Este programa foi desenvolvido na Escola Panamericana de Porto Alegre, além de ter incluído, em 2003, uma série de oficinas de Física com uma turma de quarta série do Colégio Bom Conselho, também de Porto Alegre. O referencial teórico que dá suporte a esse trabalho é o Construtivismo, com destaque aos estágios de desenvolvimento de Piaget, a importância da interação social de Vygotsky e os Campos Conceituais de Vergnaud. Os resultados colhidos ao longo desse período de quatro anos mostram, além do entusiasmo da maioria das crianças, um claro desenvolvimento em suas capacidades de observar fenômenos, propor teorias baseadas em suas observações e analisar criticamente essas teorias à luz de novas situações e novos dados observados. Também tem sido observada uma atitude continuamente mais independente por parte dessas crianças, que passaram a tomar a iniciativa de desenvolver projetos de pesquisa, construir modelos e propor testes experimentais às suas próprias teorias. Também são discutidas opções para o desenvolvimento de programas semelhantes em outras escolas.

## **Abstract**

This dissertation reports a hands-on inquiry-based programme of Physics education developed for children aged between seven and ten. This programme was developed at the Escola Panamericana of Porto Alegre and also included a series of workshops of Physics offered to a fourth grade class from Colégio Bom Conselho, also in Porto Alegre. The theoretical background that gives support to this programme is the Constructivism, with especial attention to Piaget's development stages, Vygotsky's relevance of the social interaction, and Vergnaud's Concept Fields. The results gathered through this period show, besides the children's enthusiasm, an increasing capacity to observe phenomena, propose theories based on those observations, and critically analyze those theories from the perspective of new situations and new observations. There has also been observed an increasing independence of these children, who began to take the initiative to inquire, design models, and propose experimental tests for their own theories. Possible options to develop similar programmes in other schools are also discussed.

## Índice

Capítulo	Página
I Introdução.....	5
II Revisão da Literatura e Fundamentação Teórica	
2.1. Piaget, Vygotsky e Construtivismo.....	13
2.2. Os Campos Conceituais de Vergnaud.....	27
2.3. O TIMSS e o Ensino no Japão .....	37
2.4. O Projeto <i>La Main à la Pâte</i> e Outras Iniciativas .....	42
III Atividades por Idade.....	50
Sete e Oito Anos.....	53
Nove e Dez Anos.....	77
IV Resultados e Discussão .....	117
V Considerações Finais.....	147
Referências Bibliográficas.....	159

## Capítulo I - Introdução

O presente trabalho propõe um currículo de Física para as quatro primeiras séries do Ensino Fundamental. Entendo aqui por *currículo* a estrutura geral de um curso, incluindo os objetivos desse curso, referências a respeito de a quem se dirige, materiais e ferramentas didáticas a serem usadas, estratégias de ensino, formas de avaliação aplicáveis, além do conteúdo do curso proposto.

Este currículo está fundamentalmente baseado na minha experiência como professor de Física para alunos com idades a partir de sete anos desde 1999. Antes disso, tive uma rápida experiência como professor em nível universitário. Ao longo desses anos também tenho lecionado Física para o Ensino Médio.

Neste trabalho me propus a oferecer uma maneira de se incluir a Física no currículo das quatro séries iniciais do ensino fundamental, baseada na minha experiência pessoal nessa área. O fato de não poder contar com a colaboração de outros profissionais que tenham experiências semelhantes sempre restringiu e continua a limitar em muito o alcance do meu trabalho.

O ingresso no Mestrado Profissionalizante me possibilitou compensar em parte essa falta, a partir do contato com alguns pesquisadores na área de ensino de Física. Mesmo assim, a ausência de um programa de ensino de Física para essa idade em Porto Alegre que me possibilitasse um intercâmbio proveitoso com outros professores continua a ser o fator que mais restringe a minha experiência profissional. Não somente eu, mas todas as escolas de Porto Alegre poderiam se beneficiar se um programa que visasse a inclusão do ensino de Física nas séries iniciais fosse posto em prática.

As atividades sugeridas no capítulo III não podem, isoladamente, ser consideradas como um currículo completo de Física para as séries iniciais. Essas atividades são a parte de tal currículo destinada a levantar o interesse das crianças para que possam, a partir dessas vivências iniciais, colocar suas próprias questões e se propor a desenvolver projetos nos quais procurem as respostas. A

prática de ensino que desejo propor para outros professores de Ciências não se resume a fazer experimentos com crianças, mas abrir a elas possibilidades, criar dúvidas às quais elas próprias proponham maneiras de explorar, pesquisar e encontrar respostas que elas mesmas possam julgar o quão satisfatórias possam ser.

O meu trabalho com crianças, desde seu princípio, passou por três etapas distintas. Os primeiros dois anos foram o período no qual me limitei a desenvolver atividades experimentais baseadas em livros didáticos brasileiros, norte-americanos, australianos, neo-zelandeses, ingleses e em pesquisa na *internet*. A partir do ano 2000, procurei sistematizar essas atividades em um currículo, embora mantivesse constantemente a procura de novas idéias nas fontes citadas e, de ano a ano, não conseguisse manter uma estrutura curricular constante. Em 2002, comecei a coletar material escrito dos alunos e a procurar manter a seqüência de temas mais constante para o ano seguinte, principalmente porque a divisão de conteúdos e tipos de atividades já possuía uma forma funcional com resultados palpáveis. Também foi muito importante, nesse período, uma série de oficinas que dei para alunos da quarta série do Colégio Bom Conselho, de Porto Alegre.

Por trabalhar em uma Escola Internacional bilíngüe (inglês – português), tenho convivido com professores e alunos de diversos países de todos os continentes. Nessa convivência, constatei pelo menos um ponto em comum no comportamento de crianças e adolescentes em todas as idades e origens, embora com variações quanto à sua evidência: todos gostariam de aprender e entender Física.

A situação não é, a meu ver, diferente daquela que percebo na música ou nas línguas: praticamente todas as pessoas gostariam de saber tocar algum instrumento e falar um segundo idioma. Desconheço os motivos pelos quais estes desejos permanecem como desejos para a maioria. Conheço, porém, dois pontos a esse respeito que considero importantes: (i) as línguas, os instrumentos musicais e a Física foram construídos por seus usuários (ou praticantes) que não

pensaram em nenhum momento em moldar a língua, o instrumento ou a Física de maneira a torná-los acessíveis a outras pessoas (o alemão, por exemplo, não foi construído de maneira a ser fácil de ser aprendido por quem fala português). Muitas vezes o aprendizado das línguas, da música, ou da Física requer do indivíduo muito esforço e, acima de tudo, capacidade de abrir mão de algumas das suas crenças e aceitar as de outros grupos (não é sem motivo que os cursos de línguas sempre incluem em suas aulas aspectos da cultura onde a língua em questão se originou); (ii) raramente é dada a oportunidade a um indivíduo de aprender uma segunda língua, a tocar um instrumento, muito menos a Física, durante o período no qual sua personalidade é mais flexível, menos resistente às idiossincrasias inerentes às construções humanas e menos apegada às suas próprias.

O ensino de Física no Brasil tem se caracterizado já há bastante tempo pelo rigor teórico e o pouco espaço oferecido aos alunos para se expressar e desenvolver seu pensamento criativo. Já na década de 1950, o físico e ganhador do Prêmio Nobel Richard Feynman se mostrou impressionado com dois aspectos das aulas de Física no Brasil: a relativa precocidade dos alunos (que com quinze anos já estudavam Física, enquanto nos EUA isso só ocorria por volta dos dezessete anos) e a rigidez da forma como o conteúdo era abordado, incluindo a maneira como as avaliações eram realizadas, dando a impressão de que os alunos eram deliberadamente treinados a responder perguntas padronizadas (Feynman, 1985).

Creio que um observador que assistir aulas de Física no Brasil de hoje vá ter uma impressão semelhante. Ainda há um forte componente de rigor teórico nas aulas e nas avaliações de Física do Ensino Médio, refletidos na preocupação demasiada que os estudantes dão às fórmulas, o tempo e a energia que gastam na sua memorização. É muito provável que este comportamento seja consequência da falta de opção dos alunos. Para a maioria, o Ensino Médio se constitui na primeira oportunidade de o já adolescente ser exposto ao questionamento de como a Ciência descreve o mundo físico.

A Física é, acima de tudo, uma criação humana, resultado de um processo histórico lento e cheio de turbulências, avanços incertos e debates nem sempre amistosos (Hellman, 1998). É, também, de suma importância para o processo histórico da Física o surgimento de novidades, tanto na área tecnológica como em outras. Somente com o surgimento e o aperfeiçoamento de aparatos experimentais mais sofisticados e sensíveis, além de novos ramos da Matemática, que se possibilita o desenvolvimento e a adoção de modelos teóricos novos. Também é de grande importância o valor que a comunidade dá à Ciência, tanto na dotação de recursos como na imagem que os cientistas têm na visão dos seus demais membros. Em resumo, nenhum modelo teórico surgiu pronto nem foi instantaneamente aceito; os físicos não trabalham à margem do momento histórico nem adotam novas teorias ou novos modelos automaticamente sem passar por um processo de convencimento (Kuhn, 1992). Não há porque esperar que adolescentes aprendam Física independentemente dos valores dos grupos em que convivem e sem uma motivação sólida.

Historicamente, as provas de Física no vestibular da UFRGS vêm figurando entre as de menor média de acertos. Esse fato evidencia o quanto o ensino de Física vem falhando em formar pessoas capazes de compreender e usar um vocabulário básico de maneira coerente, interpretar e usar equações e fórmulas e, acima de tudo, pensar sobre situações hipotéticas, que constituem a essência dos problemas de Física. Estudos (como de McCloskey, citado por Pinker, 1997) mostram que aquilo que por vezes é denominado como concepção alternativa do mundo físico pode ser, antes, resultado da incapacidade de o sujeito imaginar a situação proposta por um problema, mesmo se a pessoa a respondê-lo for um estudante em nível de pós-graduação em Física. “Quando as pessoas vêm as respostas que deram em lápis e papel transformadas em animação por computador, caem na gargalhada, como se estivessem vendo o Coiote perseguindo o Papa-Léguas sobre um abismo e parando no ar antes de despencar em linha reta” (Pinker, 1997, p. 340).

Os problemas com o ensino de Física até aqui descritos não são exclusivos da educação no Brasil. Testes comparativos realizados em vários países (como o TIMSS - *Third International Math and Science Survey*) têm mostrado que alunos

de todas as idades apresentam dificuldades em interpretar o mundo sob a ótica da Física. Isto quer dizer, simplesmente, que não estão aprendendo Física. As causas levantadas vão desde a baixa expectativa dos professores com relação a seus alunos, passando pelo despreparo de alunos e professores, até a estrutura geral dos cursos, baseados em livros-texto de baixa qualidade e que apresentam excesso de conteúdos, além de propor atividades experimentais que, além de pouco relevantes, não são produtivas, e nas quais os resultados já são sabidos de antemão (Jones, 1998). Além disso, experiências positivas com aulas de Ciências nos primeiros anos de escola têm comprovadamente grande peso na escolha de cursos nos ensinos secundário e superior (Hall e Schaverian, 2001).

Tendo em vista o exposto acima, proponho que a Física seja incluída no currículo do Ensino Fundamental desde a primeira série. Essa inclusão deve ser feita de forma que os alunos sejam estimulados a expressar seus pontos de vista a respeito do mundo físico e a testar e comparar essas percepções, à procura de inconsistências ou méritos. Também é importante que os alunos possam praticar sua capacidade de imaginar situações hipotéticas, que aprendam a usar ferramentas e desenvolvam habilidades necessárias à compreensão da Física (tais como o uso de instrumentos de medida e a manipulação de dados através de tabelas e gráficos) ainda em um estágio de desenvolvimento no qual suas percepções pessoais não estejam criticamente sedimentadas e sua curiosidade natural possa ser estimulada e guiada de maneira que eles cheguem à adolescência com uma bagagem mais apropriada à Física do Ensino Médio.

Há dois pontos sensíveis a serem tratados nesta proposta e que também são percebidos em programas e currículos de ensino de Ciências para crianças pequenas desenvolvidos em outros países, como na Inglaterra (Russell, 1995): (i) a falta de preparo dos professores do Ensino Fundamental para aulas de Física; (ii) o uso generalizado de materiais e procedimentos complexos demais para crianças de idades entre sete e dez anos, geralmente copiando aqueles usados com alunos de maior idade. A proposta de currículo aqui apresentada procura fazer uso de materiais e procedimentos os mais simples possíveis, sem rigor formal. Os modelos teóricos e os métodos experimentais adotados na Física são construídos por adultos com muita vivência nesta área, sem a preocupação de

que sejam estes modelos e métodos acessíveis a crianças ou professores de Ensino Fundamental. Esses modelos são úteis e indistinguíveis da realidade que representam somente para um adulto experiente e não o são para outras pessoas. Para chegar a esse estágio, o indivíduo deve passar por um lento processo de aprendizado no qual possa expressar e explorar inicialmente suas próprias idéias e repensá-las, tornando-as gradativamente mais próximas dos modelos aceitos na Física.

Inicialmente, para desenvolver a idéia do currículo de Física destinado às primeiras séries do Ensino Fundamental, este trabalho apresenta, no capítulo II, uma revisão da literatura sobre o ensino de Ciências para crianças, que inclui o Construtivismo de Piaget, a Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud e a Teoria da Mediação de Vygotsky, que compõem o referencial teórico a partir do qual se justifica a estrutura do currículo proposto. Os pontos principais do referencial teórico deste trabalho são a identificação dos estágios de desenvolvimento cognitivo, as características mais importantes do estágio no qual as crianças se encontram com idades entre sete e dez anos, como o desenvolvimento cognitivo se dá pelo processo de conceitualização e qual o papel do professor numa perspectiva construtivista. O segundo capítulo descreve brevemente o projeto *La Main à la Pâte*, da Academia de Ciências da França, que propõe o ensino de Física já no início do Ensino Fundamental. Também é feito um levantamento do currículo de Ciências dos EUA, Inglaterra e Brasil, incluindo o projeto FOSS (*Full Option Science System*) da Califórnia, uma proposta de currículo de Ciências para crianças baseada no engajamento de alunos em pesquisa científica.

Nesse mesmo capítulo é apresentada uma breve descrição do ensino de Matemática no Japão, conforme levantamento realizado durante a década de 1990 como parte do teste TIMSS (Stiegler e Hiebert, [www.kiva.net/~pdkintl/kappan/kstg9709.htm](http://www.kiva.net/~pdkintl/kappan/kstg9709.htm)). Pretendo mostrar que o enfoque dado às aulas de Matemática no Japão, nas quais problemas são verdadeiramente colocados para que os alunos proponham soluções ao invés de aplicar um algoritmo dado pelo professor, cujo papel é intermediar as discussões a respeito das soluções propostas, parece ser a principal razão pela qual os

alunos japoneses são os de melhor média entre todos os mais de quarenta países que participaram do teste. Justifico, assim, a estrutura das atividades descritas neste trabalho, nas quais a intenção é oferecer um fenômeno a ser observado pelos alunos que devem, então, discutir e propor explicações ao que for observado; a seguir, um segundo fenômeno é oferecido para ser observado, com a intenção de mostrar inconsistências ou méritos nas explicações propostas na primeira fase.

No capítulo III, é apresentado o currículo desenvolvido com base na minha experiência como professor e no referencial discutido no capítulo II. As atividades experimentais estão acompanhadas de ilustrações dos procedimentos e comentários sobre as possíveis discussões que possam surgir durante e após sua realização. São sugeridas uma estrutura geral para as aulas, as formas pelas quais os alunos possam expressar suas idéias, além de modos de detectar e avaliar evidências sobre o andamento do curso. A divisão por idade ali proposta se fundamenta basicamente no tipo de discussão e questionamento entre os alunos que possam ser incentivados pelas situações propostas, além do quanto é relevante explorá-las com atividades posteriores, ou se podem ser elaborados relatórios escritos, ou o quanto é essencial montar tabelas ou gráficos baseados nos resultados que são observados.

No capítulo IV, são discutidos alguns resultados obtidos durante a realização das atividades propostas, quais os tipos de materiais escritos, ou na forma de desenhos, que têm sido apresentados pelos alunos e seus possíveis significados. Esse capítulo apresenta, principalmente, as discussões que foram observadas dos alunos entre si e com os adultos que acompanharam as atividades. Pretendo, nesse capítulo, mostrar que é desejável e possível que o professor participe das discussões sem afunilá-las excessivamente na direção dos modelos aceitos como científicos, evitando que as crianças passem a copiar modelos de discurso que não foram efetivamente incorporados.

No capítulo V é apresentada uma conclusão, discutindo-se as possíveis implicações do presente trabalho ao ensino de Ciência. São também apontadas questões que permanecem em aberto, pontos que possam vir a ser explorados

em trabalhos posteriores, bem como formas de divulgar as propostas deste trabalho.

## Capítulo II – Fundamentação Teórica e Revisão da Literatura

### 2.1. Piaget, Vygotsky e Construtivismo:

Mais do que qualquer outra, a grande contribuição de Jean Piaget ao estudo do desenvolvimento e da aprendizagem que aqui destaco foi mostrar que a criança não é um adulto que apenas sabe menos que os mais velhos. Seu trabalho mostrou que a criança possui uma lógica própria, diferente da lógica formal do adolescente ou do adulto.

O desenvolvimento cognitivo está, para Piaget, dividido em quatro estágios seqüenciais:

- **Sensório-Motor**, que começa desde o nascimento e se estende até aproximadamente os dois anos de idade. Esse período é caracterizado por uma perspectiva altamente egocêntrica, pela ausência da linguagem e pela falta de coordenação das ações da criança.
- **Pré-Operatório**, estágio no qual se encontram as crianças de idade pré-escolar. Apesar de já conquistar a linguagem, a criança a usa sem efetivamente estar consciente disso (é capaz, por exemplo, de usar a palavra “porque” sem entender de relações de causa-e-efeito). A característica mais marcante desse período é, ainda, o egocentrismo: a criança adota seu referencial como absoluto, o que se deve à sua falta de autonomia e ao fato de sua personalidade estar em construção. A consequência dessa constatação é que a criança pré-operatória não possui uma relação social da mesma forma que o adolescente, pois não comunga de um sistema de símbolos e definições em comum com seus interlocutores e nem o seu próprio sistema se conserva durante uma conversa, surgindo contradições que, sob o ponto de vista da criança, não impossibilitam o diálogo (La Taille, 1951).

- Operatório-Concreto, que se caracteriza por uma progressiva descentralização do mundo da criança (aos poucos desenvolve novas perspectivas, onde nem tudo serve a seus propósitos), que Piaget descreveu como a construção da *personalidade*. Este processo se passa aliado ao surgimento de **operações reversíveis**, cuja característica pode ser expressa através da inversão (uma operação inversa anula a original, como por exemplo subtrair e adicionar) ou da reciprocidade (se  $A = B$ , então  $B = A$ ) (Piaget, 1998).

Durante o estágio operatório-concreto, as crianças gradualmente passam de uma etapa de *anomia* (que dura até os seis anos), na qual desconhecem regras (de jogos ou nas atividades da pré-escola), seguida por uma etapa de *heteronomia* (até por volta de dez anos), na qual não concebem regras como convenções e se sentem autorizadas a mudá-las sem consultar os demais envolvidos, até atingir a etapa da *autonomia*, na qual reconhecem as convenções como tais e as seguem (ou não) conscientemente. É muito freqüente se observar crianças mudando suas respostas a questões propostas nas aulas de Física, por exemplo, de acordo com conveniências do momento.

A criança já pode, nesse período, tirar conclusões de observações, porém é incapaz de formular hipóteses, além disso, suas conclusões carecem da lógica típica de adolescentes e adultos (apresentam contradições visíveis). Situações hipotéticas não são acessíveis, apenas o real pode ser manipulado, daí o nome *concreto*. A interpretação do real fica, assim, subordinada ao que se observa, não ao que se poderia observar. As “ferramentas” disponíveis se limitam a agrupar, seriar e classificar, achando correspondências entre as diversas observações; não há como separar as partes do conjunto (por exemplo, se  $\aleph \subset \aleph$ , então a criança conclui que os dois conjuntos são equivalentes). A exploração de um fenômeno se dá de maneira não-sistemática, vários fatores que podem influenciar o fenômeno são testados simultaneamente, a criança não consegue variar um fator isoladamente, mantendo os demais constantes.

No final desse estágio, a criança começa a se mostrar capaz de dissociar fatores, embora inicialmente ainda não consiga formular hipóteses a partir dessa dissociação. Falta, para uma criança operatório-concreta, o que se pode chamar *evidência crucial*: não se observa uma criança nessa idade aceitando um teste decisivo, pois sempre poderá haver novas possibilidades a serem testadas. Essas crianças, em geral, declaram ter chegado a uma conclusão sem levar em conta todos os dados disponíveis (Crowley, 2001 e Meyer, 1996). Não há, ao contrário do que pode acontecer com adolescentes e adultos, um caso privilegiado, com maior peso que os outros, que poderia reforçar ou refutar definitivamente as concepções adotadas (Meyer, 1996). “[Os] adolescentes (...) procuram cedo ou tarde (e muitas vezes cedo) estabelecer o que implica esse caso privilegiado...” (Piaget, 1976, pág. 13). O tratamento dado a resultados de medidas e experimentos também é bastante diferente daquele feito por adolescentes. A criança crê que uma diferença entre duas medidas, resultado de uma incerteza do procedimento ou instrumento, deve-se ao fato de somente uma das medidas estar correta e a outra, errada (Lubben e Millar, 1996).

- Operatório-Formal, no qual surge a lógica formal, ou a capacidade de pensar sobre situações hipotéticas e mentalmente manipular proposições (fazer deduções).

A grande conquista que vem com o estágio operatório-formal é a possibilidade de pensar sobre o que poderia existir, não o que realmente existe. Se, por exemplo, uma criança no estágio concreto tiver de resolver uma questão sobre qual combinação de material e formato produzirá a barra mais resistente (aço ou alumínio, grossa ou fina), sua resposta dependerá de testar todas as quatro combinações uma a uma e classificá-las (Piaget, 1976). O estágio formal proporciona ao sujeito apresentar a resposta sem testar todas as combinações, o que, num caso mais complexo do que o exemplo citado, seria impossível. Mais do que isso, somente com o desenvolvimento do pensamento formal, é que as leis da Física tais como são se tornam compreensíveis, pois dependem de uma combinação numerosa de fatores.

Embora não se deva interpretar de maneira rígida o período de tempo que compreende o estágio operatório-concreto, é importante que se tenha em mente que o período operatório-concreto começa por volta dos sete anos e se estende até pelo menos os onze anos. É, portanto, dentro desse período do desenvolvimento cognitivo que as crianças se encontram entre a primeira e a quarta séries.

A base daquilo que se deseja ensinar às crianças durante o período operatório-concreto deve, mais do que qualquer outro fator, levar em conta o que a criança pode alcançar, ou quais as situações às quais ela pode dar sentido.

É nesse ponto que outro componente essencial da teoria de Piaget tem papel-chave: os **esquemas de assimilação**. O sujeito dá sentido à realidade quando consegue impô-la a um esquema seu, ou seja, a realidade não tem sentido por si só, é o indivíduo que dá sentido às suas vivências a partir da sua interação com a realidade. Se, por acaso, uma dada situação não se enquadra a um esquema de assimilação pré-existente, pode ser gerada uma situação de desequilíbrio, que leva a criança a modificar o esquema, procurando um novo equilíbrio (equilibração majorante). Uma estrutura cognitiva rica é, então, aquela que possui um largo domínio de validade e permanece suficientemente maleável; o progresso cognitivo se dá através do conflito das estruturas existentes com novas situações. A figura 2.1 ilustra este processo de equilibração e acomodação.

A criança no estágio operatório-concreto tem seus esquemas de assimilação limitados a algumas operações básicas: “classificar, seriar, igualar, encontrar correspondências” (Piaget, 1976, p. 187). Esse período se caracteriza pela estabilidade dos esquemas de assimilação baseados nessas operações. As atividades experimentais propostas a essas crianças devem explorar estes esquemas.

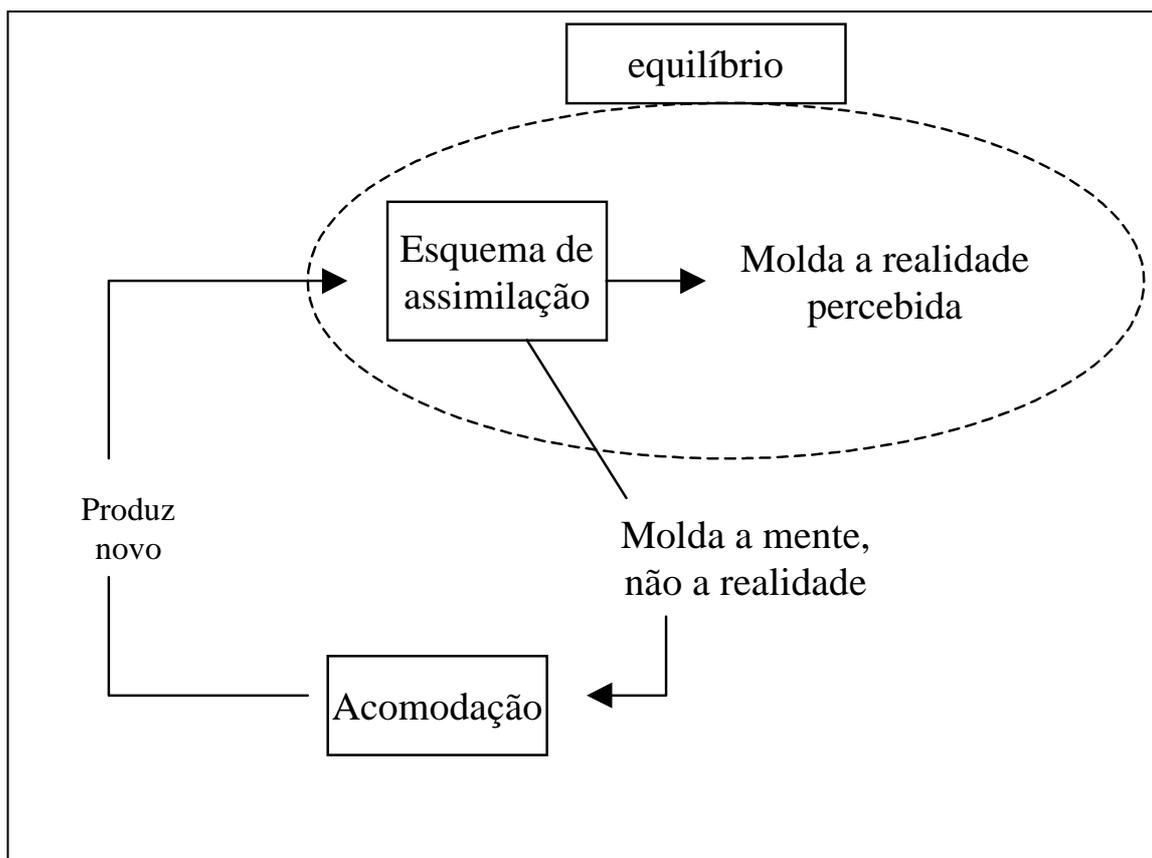


Fig 2.1: os esquemas de assimilação de Piaget. Numa situação de equilíbrio, o sujeito dá sentido à realidade percebida através de um esquema que tenha desenvolvido para tal fim. Se o esquema se mostra incapaz de absorver uma dada experiência (concreta ou hipotética), ocorre uma ruptura até que, por meio do que se chama acomodação, uma nova situação de equilíbrio seja atingida.

Lev S. Vygotsky divergiu de Piaget basicamente na função do egocentrismo da criança. Enquanto Piaget visualizava esse egocentrismo como uma etapa inicial da socialização do sujeito (parte do individual para o social), Vygotsky via o oposto: o egocentrismo como a etapa inicial da individualização (do social para o individual). Uma das evidências que mais apoiaram essa divergência de Vygotsky com Piaget foi a chamada “fala egocêntrica”, observada em crianças de idade pré-escolar, que falam para si próprias ao executar uma tarefa ou brincar. Essa fala não se apresenta quando crianças pensam estar sozinhas, mas são observadas por uma pessoa que elas não vêem; a fala egocêntrica tem, portanto, uma função social. À medida que a idade escolar se aproxima, essa fala desaparece aos poucos, sendo internalizada – sob a ótica de Vygotsky, Piaget considera que a fala egocêntrica simplesmente desaparece por não ter função (Vygotsky, 1993). Vygotsky vê no ato de pensar, portanto, uma função social que se torna individual à medida que a criança amadurece.

Foi também a partir da observação da fala egocêntrica que Vygotsky vislumbrou outro importante ponto de sua teoria de aprendizado: a importância da linguagem. A fala, por seu caráter eminentemente seqüencial (ao contrário, por exemplo, do desenho), força a criança a se tornar analítica, induz a criança a controlar a ação impulsiva, que é característica do estágio anterior à conquista da linguagem. Os signos, ou símbolos, que compõem a linguagem, têm nessa perspectiva um papel central no desenvolvimento e no aprendizado: eles mediam a relação estímulo-resposta. As estruturas da memória e do raciocínio se alteram com o surgimento da fala. O ato de pensar, que para crianças muito pequenas é equivalente a lembrar, passa a ter função superior: lembrar se torna pensar (Vygotsky, 1994).

Se para Piaget o desenvolvimento parece se dar independentemente da história pessoal do sujeito, para Vygotsky este não ocorre sem o aprendizado. Isto é uma consequência direta da importância da fala: o uso de signos não é natural; se não for ensinado, não surgirá espontaneamente. Assim, o aprendizado influencia o desenvolvimento continuamente e vice-versa, embora sejam dois fenômenos separados.

É de grande importância à teoria de Vygotsky a noção da *Zona de Desenvolvimento Proximal* (ZDP). A ZDP define as operações ainda não maturadas, aquilo que o sujeito não é capaz de dar conta sem auxílio de outra pessoa. Nas palavras do próprio Vygotsky, o ensino deve explorar a ZDP, pois “bom aprendizado é aquele que se adianta ao desenvolvimento” (Vygotsky, 1994, p. 117), ou seja, as situações de aprendizado devem expor a criança freqüentemente a material de ensino em nível um pouco superior àquele que a criança possa dar conta sem auxílio de outros.

É a partir da constatação de que o conhecimento é construído individualmente por cada sujeito através da sua interação com o meio e com outros que o Construtivismo se fundamenta. *Construtivismo* é um referencial sobre conhecimento e aprendizagem, não um manual de práticas de ensino. O conhecimento neste referencial é visto, ao mesmo tempo, como resultado de um

processo de construção pessoal e social. As teorias de Piaget e Vygotsky são, sob esse ponto de vista, complementares.

Ao longo da década de 1970, houve um forte movimento em favor de teorias de aprendizado *behaviouristas*, tão criticadas posteriormente por seu caráter mecânico (Novak, 1997). Se, realmente, essa abordagem de ensino não satisfizesse de forma alguma nenhum aspecto do aprendizado, deveria haver registro de uma ou mais gerações de estudantes universitários com deficiências no pensamento criativo ou no uso de conhecimento prévio em novas situações. A falta desse tipo de registro, que seria indubitavelmente alardeado pelos críticos do behaviourismo, mostra que, no máximo, essa linha de ensino falha pela restrita variedade de formas de aprendizado que oferece aos alunos, mas que não sufoca necessariamente sua criatividade. O enfoque construtivista deve, então, ser aquele que oferece a maior diversidade de situações e vivências de aprendizado, desde aulas expositivas, conteúdos passíveis de memorização (nomes, por exemplo), discussões em grupo, pesquisa, até trabalhos dirigidos pelos alunos.

David Ausubel (1978) estabeleceu distinção muito útil entre as formas de aprendizado, que pode ser *mecânico (rote learning)* ou *significativo (meaningful learning)*. O aprendizado é significativo quando o novo se incorpora à estrutura cognitiva do sujeito, podendo ser usado em situações não-familiares (resolver um problema de Física, por exemplo). O aprendizado mecânico, por sua vez, não resulta em uma reacomodação da estrutura cognitiva do sujeito e o conteúdo aprendido mecanicamente só tem utilidade em situações padronizadas (repetição de exercícios de Física com uma estrutura rígida). O fato de um determinado conteúdo ter sido aprendido de maneira mecânica não impede que, a partir de novas situações de aprendizado, possa ser significativamente incorporado. Porém, a visível maior utilidade dos conteúdos aprendidos significativamente deixa claro que essa opção é mais desejável na maioria dos casos (obviamente há casos em que a memorização é mais útil).

Além disso, a oportunidade de expressar o conhecimento de formas variadas também é importante. Uma das formas mais disseminadas nos últimos anos é o uso de portfólios, coleções de trabalhos que os alunos julgam representativos do

seu aprendizado. A idéia é que o próprio aluno possa decidir quais trabalhos devem ser incluídos no seu portfólio, desde que justifique suas escolhas. Espera-se que essa possibilidade abra um debate entre alunos e professores a respeito do aprendizado efetivo desse aluno (Tobin e Trippins, 1993). Tenho observado vários professores que usam os portfólios como uma de suas ferramentas de avaliação e constatado que há risco de uma distorção na avaliação do aprendizado dos alunos: os professores podem muitas vezes sobrevalorizar o portfólio e acabam sendo induzidos, até mesmo constrangidos, a avaliar o aproveitamento do aluno como excelente, mesmo nos casos em que há deficiências claras.

O papel dos professores no enfoque construtivista varia conforme a situação proposta. Os professores podem ser espectadores, mediadores, provocadores, autoridade que impõe regras, ou simplesmente participante no mesmo nível dos alunos. Em todos esses casos, os papéis dos professores são condizentes com a de facilitador de aprendizagem. Os professores, então, assumem um ou mais papéis ao longo das atividades, de acordo com a relevância de cada papel frente à situação presente. Os tipos de discussões entre alunos e professores variam de acordo com o tópico ou o enfoque que a discussão tome. Cosgrove e Schaverien (1996) destacam pelo menos quatro tipos:

- “Conversa de cafezinho”, na qual os professores participam no mesmo nível dos alunos, não como autoridade, de um bate-papo informal;
- Discussões como as de Feynman, em que a atenção do aluno é guiada pelos professores em direções que, a seu ver, sejam mais férteis;
- Discussões galileanas, em que as crianças procuram explorar as conseqüências de seus modelos e concepções;
- Conversas filosóficas, nas quais a discussão gira em torno da natureza e da validade do saber.

Curiosamente, tenho constatado que este último tipo de discussão surge mais espontaneamente entre as crianças com idades até oito anos, tornando-se cada vez mais raro nos anos seguintes à medida que a quantidade de informações passadas a elas aumenta em todas as disciplinas. É nessas discussões que se

possibilita levantar e destacar contradições nas concepções dos alunos. Se o aluno é capaz de compreender e admitir a existência dessas contradições, torna-se possível o processo pelo qual esse aluno abandona suas concepções em favor de outras.

As crianças freqüentemente resolvem as contradições simplesmente descartando as situações em que estas aparecem e não tentam conciliar suas expectativas, suas teorias, com o que é observado (Meyer, 1996). Este mesmo comportamento também pode ser observado em indivíduos mais velhos (Hynd et al., 1995). Assim, apontar as contradições existentes nas teorias propostas pelas crianças durante uma atividade experimental não irá necessariamente induzi-las a abandonar suas concepções, pois elas abandonam prioritariamente os resultados observados.

Ainda assim, é de grande importância a vivência de uma situação em que é oferecida à criança a oportunidade de expor suas expectativas e concepções, tornando-as explícitas, claramente expressas, pois essas situações serão responsáveis por manter essas concepções maleáveis por um tempo mais longo. As biografias de um grande número de cientistas famosos, tais como Albert Einstein (Pais, 1994), Richard Feynman (Feynman, 1985), Oliver Sacks (Sacks, 2001) e Carl Sagan (Davidson, 1999), são repletas de registros de oportunidades de explorar, expressar e discutir as suas concepções na infância, geralmente fora da escola (Cosgrove, 1996).

O processo pelo qual um sujeito abandona uma concepção própria (não-científica) e adota outra (que se espera seja mais próxima do modelo científico) é denominado de **mudança conceitual** (Novak, 2002). Posner et al. (1982) propuseram condições para que esse processo ocorra: o sujeito deve se sentir desconfortável com suas próprias concepções, o novo conceito deve se apresentar ao sujeito como compreensível, plausível e útil. A teoria da mudança conceitual não trata propriamente de uma filosofia de ensino, limita-se a estabelecer sob quais condições há substituição de crenças por parte do sujeito (Weaver, 1996). O ponto, a meu ver, mais importante para que o processo de mudança conceitual possa ter começo é o reconhecimento consciente, por parte

do sujeito, de que realmente existe um conflito entre duas concepções. Neste ponto, considero que o foco do ensino em mudar efetivamente as concepções dos alunos será mais frutífero com adolescentes ou pré-adolescentes do que com crianças menores. Tenho observado que dificilmente crianças menores de doze anos conseguem comparar e reconhecer que duas concepções são excludentes. Osborne e Black (1993), e Palmer e Flanagan (1996) também sugerem que este tipo de mudança é mais efetivo em idades maiores.

Zeidler (1997) propõe que o processo de adoção de um modelo científico seja semelhante ao processo reticulado de mudança teórica de Larry Laudan, no qual as mudanças podem se passar ou nas teorias, ou nos métodos, ou nos objetivos da atividade científica em geral. Assim, diferente do que propôs Kuhn (1991), uma mudança não é vista como necessariamente uma revolução, e pode ocorrer apenas em um dos três níveis da “rede triática” que compõem os compromissos da comunidade científica (Pesa, 2002).

Algumas concepções não-científicas são realmente muito difíceis de ser abandonadas. O modelo científico para a visão, por exemplo, dá ao olho um papel extremamente passivo, ele apenas recebe luz. O fato de voluntariamente apontarmos e focarmos objetos com os olhos torna muito complicado que aceitemos verdadeiramente esse modelo (Selley, 1996). Desde muito pequenos, os bebês já entendem que há corpos inanimados, que necessitam de ação para se mover (Pinker, 1997); as vivências posteriores reforçam à criança a impressão de que os objetos só se movem se agimos sobre eles. Assim, dissociar força e movimento é difícil para elas (Palmer e Flanagan, 1997). Esperar uma mudança desse nível em crianças tem pouca chance de sucesso, pois:

As crianças estão fortemente ligadas às suas crenças e não tendem a alterá-las para acomodar o que é observado em sala de aula (Meyer, 1996, p. 332).

O ensino de Ciências, tendo por base a análise de alguns livros didáticos (Badders et al., Figueiredo Neto et al, 2001) tem geralmente focado uma das duas alternativas a seguir:

- O aprendizado dos modelos científicos já prontos, incluindo o vocabulário específico do ramo da Ciência em questão. Por exemplo, em muitos casos, a primeira vez que uma criança (ou adolescente) é levada a pensar o porquê de alguns corpos flutuarem e outros afundarem na água, já o faz simultaneamente com o aprendizado de um número considerável de conceitos, tais como empuxo e densidade. Nesse caso, é necessário aprender o modelo científico inteiro de uma só vez. Assim, expõe-se o aluno a um aprendizado no qual os invariantes e as representações são dados prontos e as únicas situações vividas relacionadas a eles são as de sala de aula ou laboratório. O repertório de situações que o aluno consegue relacionar a um dado conceito é, em consequência, muito pobre, embora esse aluno tenha certamente vivido várias outras situações em sua vida que poderiam ser evocadas e que enriqueceriam enormemente o aprendizado. Esse tipo de aprendizado induz o aluno a simular a incorporação de um conceito de maneira que ressoe com o que é proposto pelo professor. A ausência de questionamento da propriedade do modelo, do quão válido um certo modelo científico pode ser, é um indício forte de que o aluno não está alterando suas próprias concepções implícitas. A alternativa é que:

Os alunos devem começar com seus próprios modelos, usando vários modelos de representação e comparando os méritos e deficiências das idéias de todos os alunos. Somente então a apresentação posterior do modelo científico possui uma chance de ser entendida (Abell, 1995, p. 71).

Deve-se ter em mente que esse tipo de processo é lento e não se adaptaria ao Ensino Médio brasileiro da maneira como está estruturado, especialmente enquanto o ensino de Física, por exemplo, mantiver-se restrito a adolescentes. A estrutura do Ensino Médio, os conteúdos e o nível da abordagem esperados pressupõem que os alunos sejam capazes de incorporar os modelos científicos, quando não pressupõem que esses modelos já estejam incorporados. O Ensino Médio, especialmente no Brasil, possui uma estrutura muito rígida e prazos restritos. Portanto, o tipo de aprendizado descrito acima só tem sentido no Ensino Fundamental,

desde as séries iniciais, a menos que haja uma redefinição dos papéis do Ensino Médio.

- O aprendizado dos processos científicos, ou de competências, comumente referidos em programas de ensino de Ciências do tipo *hands-on*, que levam os professores a depositar confiança excessiva no trabalho experimental, negligenciando conteúdos abstratos (Russel et al., 1995). Geralmente, esses processos incluem observar e acompanhar um fenômeno, formular e testar hipóteses, comparar resultados, etc. Apesar de serem comumente identificados como típicos da atividade científica, são simplesmente senso comum e não necessitam ser ensinados (Meyer et al., 1996). São muito semelhantes aos padrões observados no comportamento das crianças durante os seus jogos.

Não incluo nesta categoria de competências e processos a capacidade de fazer uso consistente de ferramentas como a álgebra, gráficos e tabelas, ou instrumentos de medida. Esse tipo de manipulação deve ser aprendido, praticado e aperfeiçoado constantemente, pois não são auto-evidentes nem surgem espontaneamente da eventual necessidade que apareça em alguma atividade. O que tenho observado é que mesmo pré-adolescentes não demonstram espontaneamente desconforto em apresentar e tratar dados de maneira dúbia. Com o fim de impor o uso de tabelas e gráficos, proponho uma série de atividades de medida a alunos com idade aproximada de dez anos, nas quais eles comecem a usar essas ferramentas. Não há nada que impeça que esse tipo de atividade seja proposto em idades menores. No meu caso em particular, isto é feito nessa idade porque as crianças de dez anos com que tenho trabalhado já têm suficiente vivência de aulas em laboratório e podem se concentrar na prática do uso de tais ferramentas.

O termo *Construtivismo* tem sofrido inegável desgaste por seu uso generalizado como um grande guarda-sol capaz de abrigar praticamente qualquer prática de ensino (Gil-Pérez et al., 2002). Não é impossível que, ao coagir um aluno a

memorizar informação, um professor o leve a, mais adiante, construir conhecimento de forma significativa. Esta pode ser, portanto, uma prática construtivista, desde que seja uma entre várias. A crítica que, creio, deve ser considerada mais seriamente, é feita a um construtivismo radical, que espera que as crianças construam o conhecimento por si mesmas. No caso do ensino da Matemática, que se aplica também à Física, esta crítica afirma:

“[O] construtivismo tem mérito quando se trata das intuições de números pequenos e da aritmética simples que surgem naturalmente em todas as crianças. Mas essa metodologia não faz caso da diferença entre nosso equipamento original de fábrica e os acessórios que a civilização instala posteriormente. Ajustar nossos módulos mentais para trabalharem com material para o qual não foram destinados é *difícil*. (...) O domínio da matemática é imensamente satisfatório, porém é uma recompensa por um trabalho árduo que nem sempre é agradável em si mesmo”. (Pinker, 1997, p.362-363)

Construir conhecimento é um processo no qual quanto mais se conhece mais se abrem novas possibilidades de aprendizado. Este processo, portanto, não possui um fim. Estabelecer objetivos concretos e restritos para um curso significa colocar à disposição do público a que se dirige este curso uma lista contendo quais conceitos e processos se espera estejam dominados no final deste curso. Este procedimento oferece, mais do que qualquer outra coisa, a oportunidade de saber de antemão qual comportamento deve ser simulado e estimula a aprendizagem mecânica. Além disso, por mais que o conflito de concepções seja o requisito básico para que o processo de adoção de um modelo científico seja iniciado, o excesso de polarização sempre leva o sujeito a adotar uma postura evasiva que torna o processo inútil (Zeidler, 1997). Portanto, não se deve desestabilizar demais as crenças dos alunos, sob pena de não se obter resultado algum, apesar de ser dever do ensino propor tal desestabilização.

Creio que a apresentação de conteúdo excessivamente formal não deixa ao aluno alternativa que não seja memorizar e simular o aprendizado. As crianças podem adotar rapidamente padrões de comportamento que julgam ser esperados delas, muitas vezes por necessidades afetivas. Afirmar que a Terra é redonda, por exemplo, pode muito bem ser mera repetição de um dado memorizado, sem que se saiba realmente o que isso implica (Arnold et al., 1995).

As atividades descritas no capítulo III formam uma parte essencial do currículo de Física que venho desenvolvendo nestes últimos anos. É a partir dessas atividades que as crianças podem ter a oportunidade de iniciar uma reflexão sobre o mundo físico para que possam propor teorias e discuti-las entre si e com os professores. Essas discussões podem gerar mais dúvidas para as quais as crianças proponham modos de encontrar respostas e julgar o quanto essas respostas possam ser satisfatórias.

O objetivo do currículo de Física aqui proposto, portanto, é oferecer aos alunos com idades entre sete e dez anos a possibilidade de vivenciar as situações que podem ser vivenciadas na sua idade, dar os passos que estas crianças podem dar na construção do conhecimento, sem preocupação com rigor teórico ou conceitual. Além disso, a intenção é propiciar o melhor espaço possível para que as crianças expressem e desenvolvam suas idéias, mantendo um espírito crítico a respeito do que observam.

## **2.2. Os Campos Conceituais de Vergnaud**

A Teoria dos Campos Conceituais de Gerard Vergnaud tem por princípio que a conceitualização é o núcleo do desenvolvimento cognitivo. Por conceito, não se entende aqui um termo que tenha uma relação biunívoca com a idéia ou objeto que representa, no sentido que conceito seria o nome de uma idéia. Conceito seria parte de uma estrutura maior denominada Campo Conceitual. Conceitos se estruturam em três instâncias que possuem igual importância:

- As **Situações** vivenciadas por cada indivíduo, que irão dar sentido a um determinado conceito. A resposta de um indivíduo frente a uma nova situação dependerá em muito da capacidade deste indivíduo de relacioná-la com situações anteriores. “Em um campo conceitual, existe uma grande variedade de situações e os conhecimentos dos alunos são moldados pelas situações que encontram e progressivamente dominam” (Moreira, 2002). São as vivências dos alunos que os levam a moldar conceitos.
- Os **Invariantes Operatórios** são, primeiramente, parte do que Vergnaud chama de *Esquema*, ou aquilo que é invariante no comportamento do indivíduo frente a uma situação ou classe de situações. Há uma importante distinção entre o que Vergnaud chama de esquema e os esquemas de assimilação de Piaget (Piaget, 1976): os esquemas de ação são parte integrante de uma estrutura maior – o campo conceitual – e se relacionam a esta estrutura; são, por isso, mais abrangentes do que os esquemas de Piaget, estruturam-se de acordo com o campo no qual se inserem.

Os invariantes operatórios (*teoremas-em-ação* e *conceitos-em-ação*) constituem uma base conceitual implícita para os esquemas de ação. “O desenvolvimento cognitivo é, pois, equivalente ao desenvolvimento de um vasto repertório de esquemas de ação”(Moreira, 2002). Acima de tudo, os esquemas permitem ao indivíduo antecipar o resultado de uma

ação. Ao se defrontar com uma situação não-familiar, vários esquemas podem ser acionados, de forma simultânea ou sucessiva, na busca de se dar sentido ao que se observa. No ato da leitura, por exemplo, a informação não-visual, ou seja, aquilo que o leitor já sabe a respeito do que está lendo e evoca à medida que avança no texto é tão ou mais importante do que aquilo que lê. De acordo com Frank Smith:

A informação não-visual é qualquer coisa que possa reduzir o número de alternativas que o cérebro deve considerar(...)Os especialistas – seja na leitura, na arte, no xadrez ou engenharia – podem ser capazes de entender toda uma situação em um único olhar.(Smith, 1989, p.104)

- As **Representações**, símbolos que representam as situações e os invariantes. Ao defrontar-se com esses símbolos, o indivíduo evoca as situações vividas e os invariantes construídos a partir dessas vivências, acionando um ou vários esquemas de ação.

Um problema proposto a um aluno é, sem dúvida, uma situação à qual este aluno irá dar sentido fazendo uso de todos os recursos de que disponha. Esses recursos irão possibilitar ao aluno enquadrar a situação nova junto a outras anteriores, a partir do momento que reconheça conceitos e teoremas (invariantes) válidos tanto nas situações anteriores quanto na nova. Dentro da perspectiva de Vergnaud, a representação de um conceito se torna parte integrante desse conceito, pois a maneira de se identificar quais os invariantes reconhecidos pelo aluno como válidos à nova situação só se torna explícita com o uso dessas representações. De acordo com Vergnaud o uso de palavras e outros símbolos é parte compulsória da conceitualização.

Dominar um conceito é, portanto, dominar os processos a ele relacionados: suas representações e as ferramentas (físicas e mentais) relevantes. Também é necessário possuir um arsenal de situações que o indivíduo possa relacionar a este conceito de forma não-arbitrária, ou seja, situações que possuam relações que sejam aceitas como válidas pela comunidade em questão (professores de Ciências, por exemplo). Dessa maneira, o aprendizado de um conceito não se distingue do domínio progressivo das suas representações e das ações, uso de

ferramentas de medida, manipulação de equações algébricas, vocabulário, ou qualquer outro meio necessário ao uso coerente (ou não-arbitrário, como já definido acima) desse conceito.

A figura 2.1 abaixo resume de forma esquematizada a estrutura de um Campo Conceitual, primordialmente um conjunto de situações cujo domínio requer a capacidade de lidar com vários conceitos de natureza distinta.

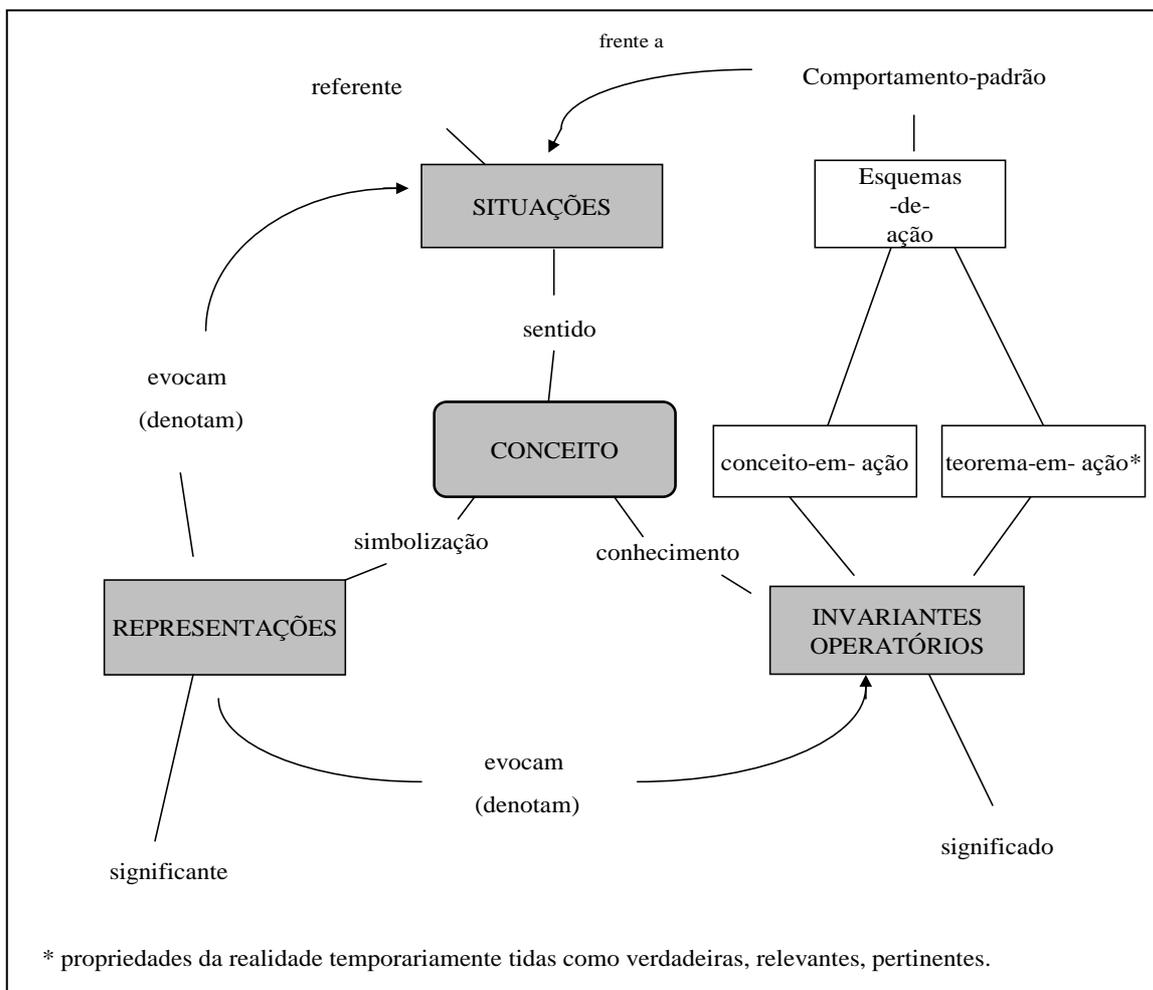


Fig. 2.1: resumo esquematizado da estrutura de um Campo Conceitual. Um conceito envolve os invariantes, que geram esquemas de ação (conceitos e teoremas), ou seja, os padrões de comportamento frente a situações. As situações podem se referir à realidade enfrentada, mas também envolvem as vivências prévias do indivíduo. Por fim, os conceitos (incluindo as situações vividas e os esquemas) são evocados por suas representações.

### Os Esquemas de Ação:

Embora a descrição que Vergnaud faça dos esquemas de ação se assemelhe de certo modo aos *scripts* que aparecem na literatura sobre memória (Smith, 1986),

deve-se ter em mente que, diferentemente dos *scripts*, um esquema de ação não se refere a um comportamento pré – programado, acionado quando o sujeito se defronta com uma situação específica. Um esquema de ação se compõe de inúmeros comportamentos diferentes aplicáveis não a uma situação mas a uma **classe de situações**.

Os esquemas, de acordo com Vergnaud, compõem-se de:

- Metas (e submetas) e antecipações, que permitem ao sujeito antecipar resultados (finais ou parciais) de suas ações; assim, pode-se controlar a situação encontrada. Estas metas se tornam possíveis a partir das *regras de ação*, através das quais um ou outro esquema pode ser acionado frente a uma situação.
- Propriedades dos objetos (sejam eles concretos ou não, no sentido que podem se tratar de idéias) tidas como pertinentes (chamadas **conceitos-em-ação**) e regras, tidas como verdadeiras, que permitam derivações ou conclusões (chamadas **teoremas-em-ação**). Os conceitos-em-ação e os teoremas-em-ação formam o que Vergnaud chama de **Invariantes Operatórios**, que constituem o conhecimento contido nos esquemas.

Um exemplo para tentar ilustrar esse ponto da teoria de Vergnaud:

Um problema proposto para alunos de Ensino Médio descreve uma barra com uma dada massa, feita de um material cujos coeficiente de expansão térmica linear e calor específico são conhecidos. Essa barra possui um dado comprimento a uma temperatura especificada. Pergunta-se seu comprimento após absorver uma certa quantidade de calor.

Para a resolução desse problema, uma série de regras e propriedades precisam ser evocadas, de maneira implícita ou não, pelo sujeito:

1. calor deve estar definido;

2. calor provoca, com raras exceções, expansão dos corpos quando absorvido;
3. para o cálculo da variação do comprimento, é necessário saber-se as temperaturas inicial e final do corpo;
4. calor, quando absorvido, provoca aumento de temperatura dos corpos, exceto nas mudanças de fase;
5. pode-se calcular a variação de temperatura usando-se o calor específico, a massa dada e o calor absorvido;
6. com a variação de temperatura, encontra-se a variação de comprimento.

A figura 2.2 descreve as etapas da resolução do problema proposto:

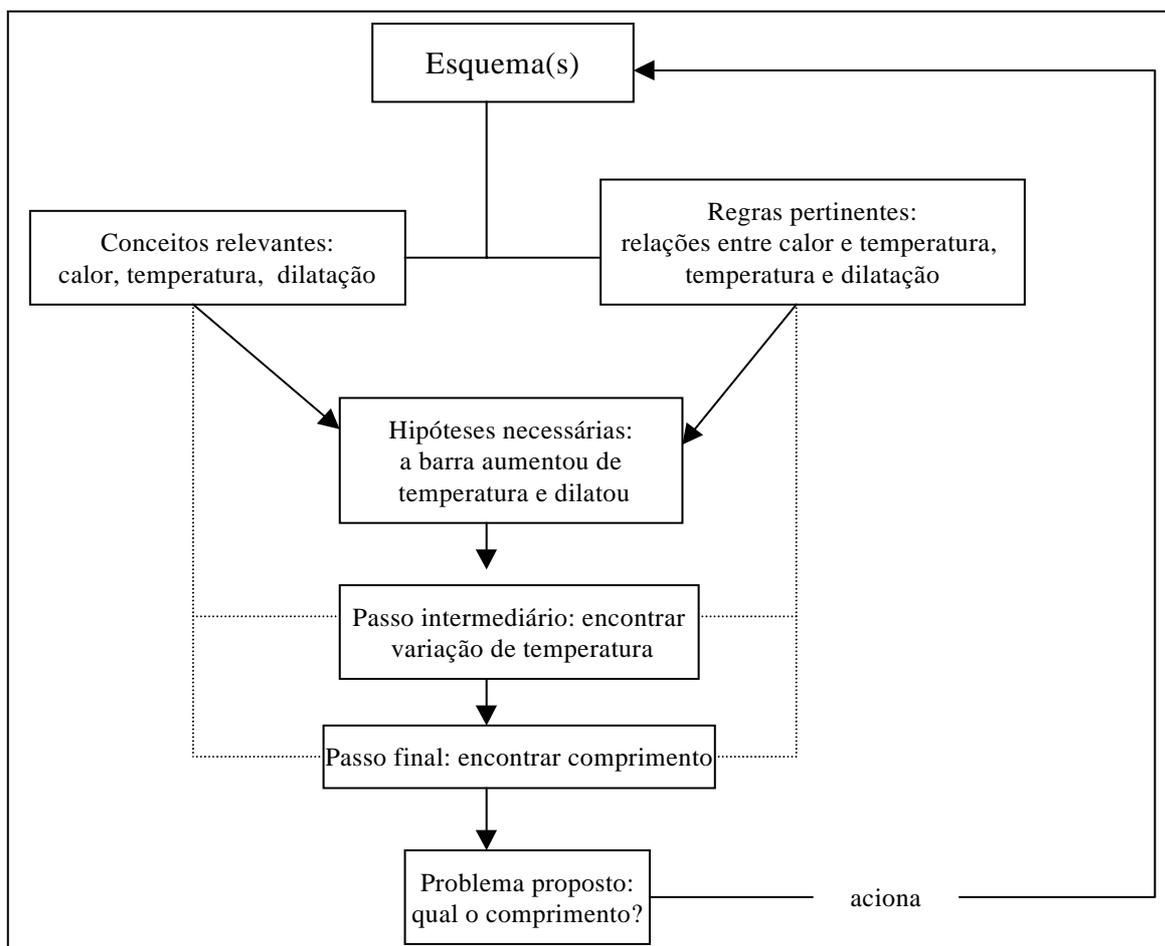


Fig. 2.2: a resolução do problema de dilatação térmica.

Os conceitos e as regras pertinentes são escolhidos pelo sujeito ao acionar o respectivo esquema e devem ficar evidentes na resolução proposta para o problema. As hipóteses necessárias são aquelas não explicitadas pelo problema e também devem ficar evidenciadas de alguma forma na resolução. É do interesse dos educadores o quanto se torna importante que o indivíduo mostre de maneira explícita quais são suas hipóteses e conceitos escolhidos dentro do seu esquema de ação: um único problema, a possibilidade ou não de se resolver uma situação não familiar, pode tornar claro o quanto é rico o repertório de um dado indivíduo, desde que o problema proposto não possa ser resolvido seguindo um algoritmo previamente conhecido.

A dificuldade em resolver o problema do exemplo acima pode, então, surgir de uma deficiência no esquema escolhido pelo indivíduo que, por exemplo, não inclua expansão térmica e calorimetria numa mesma categoria ou num mesmo campo. Em geral, aquilo que Ausubel chama de aprendizagem mecânica, *rote learning* (Ausubel, 1978), produz este tipo de deficiência na qual relações relevantes entre conceitos e regras não são estabelecidas.

O exemplo a seguir ilustra um pouco mais da estrutura dos conceitos.

Uma situação-problema é proposta a alunos em uma aula de Física:

- encher um balão e traçar uma linha em sua volta;
- medir o comprimento dessa linha e anotá-lo;
- levar o balão ao *freezer* por algum tempo e, então, medir de novo o comprimento da linha;
- propor uma explicação ao fato observado;
- esperar mais algum tempo e medir novamente o comprimento da linha traçada;
- conciliar o que ocorre agora com a primeira situação.

Uma explicação científica (condizente com o aceite pela Ciência) está descrita na figura abaixo. O ponto-chave dessa explicação é o papel do ar, secundário nesta perspectiva; o ar se comporta como membro de uma classe maior na qual uma

série de invariantes é aplicável. Alguns desses invariantes (os relevantes nesta situação) estão indicados na figura 2.3.

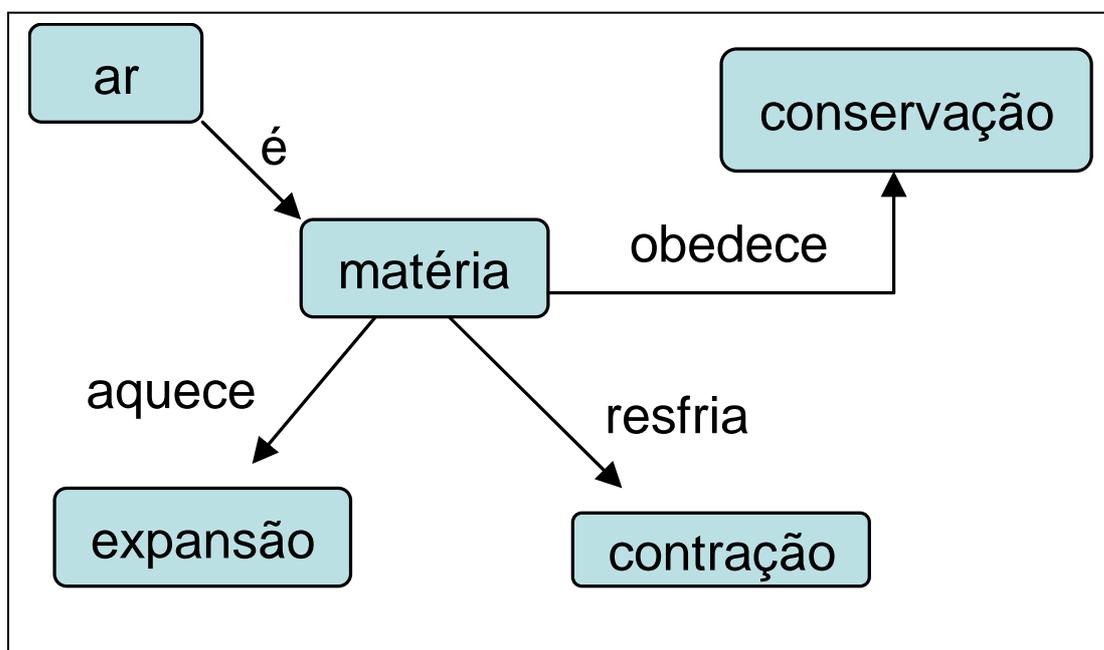


Fig. 2.3: propriedades invariantes do ar que são relevantes à resolução do problema.

A conclusão, a partir desse diagrama, é que não é o ar que entra ou sai do balão; o resfriamento causa sua contração e o aquecimento, a nova expansão.

O problema das concepções próprias dos alunos não reside exatamente na possibilidade de elas estarem corretas ou não. Essas concepções se tornam problemáticas quando estão implícitas, inacessíveis às outras pessoas, não estando passíveis de discussão.

A figura 2.4 dá um exemplo de ponto de vista não científico (ou seja, que leva a uma contradição em algum ponto) sobre o problema proposto. Neste caso, o balão e o *freezer* (que podiam ser relegados ou até ignorados no primeiro) tornam-se elementos-chave, atuantes. O fato de se levar o balão ao *freezer* faz com que este perca ar. Ao retirá-lo do *freezer*, o balão é aquecido (pelo ar externo), ganha novamente o ar que havia perdido e volta ao estado inicial.

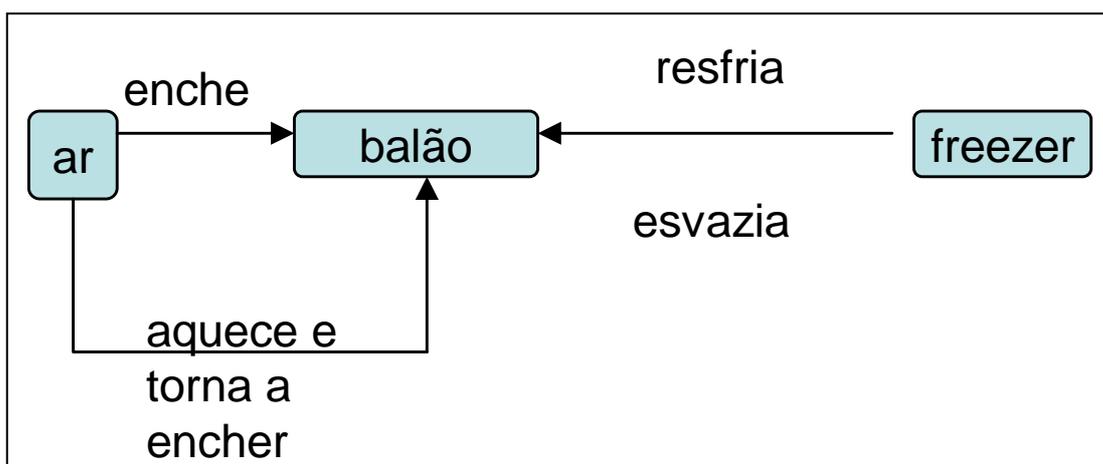


Fig. 2.4: uma concepção alternativa à anterior, mas que leva a uma contradição em um momento posterior.

A tabela 2.1 fornece uma comparação rápida entre as duas concepções. Embora não haja, na situação em si, nenhuma contradição visível na segunda concepção, a sua adoção revela uma visão mais fragmentada da realidade, na qual a ausência de contradições só se mantém pelo fato de cada caso, ou cada pequeníssimo grupo de casos, possuir seu próprio conjunto de regras e propriedades (invariantes).

Tab. 2.1: comparação entre as duas concepções sobre o problema proposto.

Concepção Científica	Concepção Não-Científica (implícita)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caráter universal</li> <li>• Aplicável a um número grande de situações</li> <li>• Pode-se encontrar exemplos no dia-a-dia (porta da geladeira)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caráter particular</li> <li>• Aplicação restrita para evitar contradições</li> </ul>

A concepção científica se enquadra a uma situação nova: o fato de as geladeiras não possuírem trincos. Isto se deve à contração do ar no seu interior pelo resfriamento. Assim, a pressão interna se torna menor que a externa, o que mantém a geladeira fechada. A explicação não-coerente não dá conta deste fato conhecido (a falta de trinco nas geladeiras), o que mais uma vez demonstra seu caráter excludente.

É certo que, para ser considerada científica, uma concepção não necessita somente ser aplicável a um vasto número de casos, nem que seja fundamentalmente baseada em fatos observados e comprovada por outras observações (Chalmers, 1982). Uma concepção é científica se apresentar elementos suficientes para que seja reconhecida como tal, ou seja, se não for contradizente com um modelo aceito como científico. O modelo da expansão do ar no balão acima descrito, por exemplo, não faz referência à teoria cinética dos gases, não explica por que o ar varia de volume com a temperatura. Mesmo faltando elementos, esse modelo pode ser chamado científico, pois nele não há nada que contradiga algum fundamento da Ciência. Já o modelo alternativo descrito contradiz os modelos aceitos como científicos desde o princípio: o balão e o *freezer* têm capacidade de decidir quando esvaziar e quando encher o balão. Embora uma criança com idade menor que dez anos dificilmente reconheça essa concepção como problemática e, portanto, não há possibilidade de efetivamente abandoná-la, o mérito de uma atividade desse tipo está em induzi-la a explicitar aquilo que ela supõe a respeito do mundo físico. Aos professores cabe ajudar a explicitar essas concepções e contradições, mas não entregar pronto o modelo científico, que assim corre o risco de ser memorizado sem que haja real compreensão. Apesar de ser um procedimento que produz resultados visíveis em um espaço de tempo curto, oferecer aos alunos uma explicação rápida que possa momentaneamente satisfazer sua curiosidade termina por encerrar prematuramente um assunto que poderia render uma troca de idéias frutífera. Estes *explicatíodes*, pseudo-explicações de fenômenos físicos, além de incompletos, acostumam a criança a receber informação pronta e não questioná-la (Crowley et al., 2000).

A teoria dos campos conceituais é extremamente útil, pois mostra que conceitos são estruturas complexas e parte integrante de outras estruturas maiores. A assimilação de novos conceitos, portanto, é um processo que requer, além de tempo, a vivência de um número grande de situações que progressivamente levem a criança a construir e a enriquecer esses conceitos. Reconheço que há, por parte da comunidade escolar, uma pressão clara por resultados, espera-se que os alunos demonstrem concretamente provas de aprendizado. Saber, por

exemplo, os nomes de alguns princípios físicos ou descrever as três classes de alavancas causa uma impressão forte de que a criança está efetivamente aprendendo. Levando-se em conta, porém, como a conceitualização se processa, fica evidente que as situações de aprendizado são mais importantes do que a quantidade de conteúdos desenvolvidos. Portanto, um enfoque no qual “menos é mais” para o ensino é desejável e até necessário, pois o tempo gasto com aulas expositivas passa a ser usado em atividades experimentais e discussões, o que diminui a quantidade de conteúdos passíveis de ser desenvolvidos.

### **2.3. O TIMSS e o Ensino no Japão**

O TIMSS (*Third International Math and Science Survey*), realizado em duas rodadas de testes (1995 e 1999) com a participação de quarenta e um países (o Brasil não esteve incluído em nenhuma das rodadas), trouxe à tona uma série de fatos a respeito do ensino que, embora não totalmente desconhecidos, eram até então pouco evidentes. O fato mais alarmante foi, sem dúvida, o fraco desempenho dos Estados Unidos, cujos alunos ficaram entre os piores do mundo industrializado, apesar de este ser o país que mais gasta em educação no mundo.

Por outro lado, o Japão figurou nas duas rodadas entre os países de melhor desempenho, especialmente no caso da Matemática. Mesmo que haja, claramente, uma forte influência do ambiente social e dos valores de cada sociedade, ainda há espaço para que as práticas de sala de aula tenham papel destacado nos resultados de desempenho dos alunos. É, portanto de grande valor pesquisar e detectar quais são as práticas que podem estar fazendo a diferença.

O teste comparativo incluiu questionários, dirigidos aos professores, a respeito de suas práticas de ensino, além de filmagens em vídeo das aulas. Os resultados dos questionários se revelaram relativamente vagos, especialmente frente à constatação de que não havia uma “linguagem” comum entre professores de diferentes nações: o que, por exemplo, para uns podia ser considerado “resolução de problemas” era simples “exercício de rotina” para outros (Stigler e Hiebert, [www.kiva.net](http://www.kiva.net)).

As filmagens, por sua vez, foram bem mais produtivas. Stiegler e Hiebert relatam o resultado da filmagem das aulas de Matemática de duzentas e trinta e uma turmas de oitava série, sendo oitenta e uma nos EUA (alunos com escore mais baixo), cem na Alemanha (escore médio) e cinquenta no Japão (escore mais alto). Com isto, a própria equipe de pesquisa pôde seguir seus próprios critérios a respeito do que, por exemplo, deve ser considerado uma “aula de problemas” ou só um “exercício de rotina”.

Um dos resultados mais destacados foi a quantidade de aulas em que se detectou a necessidade de os alunos realizarem “raciocínio dedutivo”, definido como “tirar uma conclusão a partir de premissas”: de um total de noventa aulas de álgebra, este tipo de raciocínio foi detectado em 62 % das aulas do Japão, 21 % das alemãs e 0 % nos EUA.

Outro resultado importante foi a diferença entre conteúdos somente “apresentados” (fórmulas dadas prontas, por exemplo) e conteúdos “desenvolvidos” (quando, por exemplo, há alguma tentativa, por parte do professor, de mostrar como uma dada fórmula é deduzida). Neste caso, houve uma situação completamente oposta entre os EUA e os outros dois países: em aproximadamente 80 % das aulas do Japão e Alemanha os conteúdos são desenvolvidos e somente em 20 %, apresentados. Já nos EUA, em aproximadamente 20 % das aulas os conteúdos são desenvolvidos e em 80 %, apresentados.

Também houve grande diferença em qual tipo de trabalho é esperado dos alunos. Três tipos de atividades possíveis foram analisadas: (i) prática mecânica de algum algoritmo, (ii) aplicação de algum conceito já conhecido em uma situação nova e (iii) inventar/criar uma solução para um problema. Nos EUA, quase 100 % das aulas são dedicadas à prática mecânica, na Alemanha, mais de 80 % e, no Japão, somente 40 %. A aplicação de um conceito numa nova situação apareceu em pouco menos de 20 % das aulas japonesas e em menos de 10 % das alemãs. Criar uma solução para um problema apareceu em mais de 40 % das aulas do Japão e em menos de 10 % das alemãs.

O papel dos professores também muda bastante entre os três países. Em 71 % das aulas do Japão, os professores fazem explicações (embora, diferentemente dos demais países, estas sejam feitas após o tempo dado para os alunos trabalharem e desenvolver suas próprias soluções de problemas). Somente em 15 % das aulas da Alemanha e EUA os professores fizeram explicações diretas. As expectativas dos professores também são bastante diferentes. Ao responderem a uma questão em um questionário sobre o que mais esperavam de seus alunos, 60 % dos professores norte-americanos responderam “desenvolver

habilidades”, enquanto que 70 % dos japoneses responderam “desenvolver raciocínio”.

A estrutura das aulas de Matemática é outro ponto no qual há grande diferença entre os três países. Em uma aula de Matemática norte-americana típica, há duas fases distintas: primeiramente há a aquisição de informação, quando o professor resolve um problema-exemplo, esclarecendo e descrevendo os passos dados; a seguir, há uma fase de aplicação, na qual os alunos praticam o algoritmo dado pelo professor em exercícios semelhantes ao exemplo. No Japão, a aula típica se concentra em um ou dois problemas-chave. O professor revê, inicialmente, a aula anterior e faz uma breve introdução da nova aula, apresentando os problemas-chave, para os quais os alunos não conhecem uma maneira de resolver, mas conhecem alguns passos intermediários que levam à solução. Os alunos, então, tentam resolver os problemas e, após, discutem entre si as soluções que encontraram ou as estratégias que tentaram. O professor destaca alguns aspectos das soluções dos alunos ou propõe uma alternativa. Antes do final da aula, o professor revê o que foi feito. Quase nunca há dever de casa, ao contrário dos EUA, onde tradicionalmente há uma quantidade grande de exercícios propostos para casa.

Há que se considerar o valor da educação na sociedade japonesa, diferente de muitas das sociedades ocidentais. No Japão, educação é sinônimo de *status*. Além disso, é muito mais comum se ver em escolas japonesas turmas de dezenas de alunos trabalhando em silêncio por um período de cinquenta minutos inteiro do que em países como EUA e Alemanha. As escolas do Japão têm aulas nos sábados de manhã e, nos sábados à tarde, os professores fazem reuniões onde discutem currículo, estratégias de ensino, novas idéias para abordar os conteúdos. O material dos laboratórios de Física das escolas é praticamente todo construído pelos próprios professores nestas horas de sábado à tarde. Estas são amostras da grande dedicação ao ensino por parte de professores e alunos (Jenninson, 1998).

Considero que as diferenças entre os três países, tanto nos resultados dos testes quanto nas práticas de sala de aula, repetem um padrão claro: EUA e Japão nos

extremos e Alemanha na posição intermediária. Portanto, o fator que mais pesa no aproveitamento dos alunos, excluindo as diferenças culturais, é a possibilidade de criar, expressar e discutir soluções próprias às questões levantadas em aula. Em resumo, o que faz a diferença me parece ser a ênfase no pensamento criativo e não no mecânico.

Tendo como base o relato aqui feito do ensino no Japão e a abordagem construtivista de ensino, o currículo de Física que proponho para as séries iniciais do ensino primário oferece constantemente a oportunidade para que os alunos observem fenômenos, discutam entre si em grupos pequenos e apresentem à turma suas idéias. Cabe aos professores garantir a possibilidade de todos os grupos se expressarem e, principalmente, de cobrar dos alunos que suas teorias, as explicações que eles proponham ao que tenha sido observado, tenham algum fundamento, alguma razão de ser, evitando que os alunos proponham teorias aleatoriamente, apenas para fazer o que foi pedido.

Com esse enfoque na apresentação de pequenos problemas a serem resolvidos pelos estudantes, os professores deixam de meramente repassar informações. Os alunos, então, aprendem ao propor e discutir soluções, defendendo ou refutando-as. “O aprendizado que resulta da resolução de um problema é geralmente mais importante que a solução” (Peterson e Treagust, 1998). Cursos de Ciências focados nos aspectos formais da matéria mas nos quais há uma quantidade razoável de atividades experimentais produzem um resultado à primeira vista curioso: ao final de um semestre ou ano letivo, os aprendizes são capazes de relembrar as experiências com uma quantidade de detalhes impressionante. Porém, pouca ou nenhuma concepção é formulada a partir destas experiências (Weaver, 1998). Embora pareça ser um argumento contra a prática experimental no ensino, considero que esta prática se evidencia como essencial, pois é só através dela que as crianças irão vivenciar situações que irão aos poucos ser incorporadas e associadas aos conceitos abordados no ensino secundário. O fato de os alunos relembrarem com uma riqueza de detalhes impressionante as atividades experimentais que realizaram, mesmo em anos anteriores (fato este que também tenho observado com freqüência), demonstra o quanto é válida a inclusão deste tipo de atividade às práticas de sala de aula.

Creio que o ensino em geral teria muito a ganhar se não houvesse espaço para cobranças imediatistas e utilitárias, ou seja, se não se colocasse uma matéria como importante apenas por ter reflexos no futuro profissional dos alunos. Este tipo de colocação, por sinal, nem sequer serve para estimular os estudantes, como mostraram Hynd et al. (1997): professores de Ensino Fundamental geralmente não se mostram preocupados em aprender Física para posteriormente poder ensinar a seus alunos.

#### **2.4. O Projeto *La Main à la Pâte* e Outras Iniciativas**

O projeto *La Main à la Pâte* da Academia Nacional de Ciências da França começou a ser pensado em 1996, fundamentado na convicção de que a Ciência é mais do que uma fonte de conhecimento, é uma escola de pensamento que pode, a partir da reflexão e da expressão que a envolvem, contribuir para a compreensão mútua e o respeito entre os indivíduos.

Um grupo de representantes da Academia Nacional de Ciências e do governo francês, dirigido pelo ganhador do prêmio Nobel de Física Georges Charpak, começou, em 1995, a adaptar ao contexto francês um projeto que propunha a manipulação experimental como a base do ensino de Ciências a crianças, desenvolvido em Chicago.

Em 1998 um sítio da *internet* ([www.inrp.fr/lamap](http://www.inrp.fr/lamap)), mantido pela Academia de Ciências, passou a oferecer material didático para o apoio ao ensino de Ciências, além de possibilitar o intercâmbio permanente entre professores.

Também em 1998, a Academia elaborou dez princípios que devem nortear o ensino de Ciências dentro desse projeto, dos quais destaco cinco por possuírem pontos em comum com meu trabalho:

1. As crianças observam um objeto ou fenômeno do mundo real que esteja a seu alcance.
3. As atividades propostas pelo professor são organizadas em seqüência, tendo em vista uma progressão da aprendizagem. Estas atividades devem dar grande autonomia aos alunos.
5. Cada aluno deve manter um caderno de atividades experimentais para suas anotações. Estas anotações são divididas em duas partes: uma livre, espontânea e outra com uma estrutura convencionada com o auxílio do professor.

6. O objetivo maior é uma apropriação progressiva de conceitos científicos e técnicas de operação por parte dos alunos, acompanhada de uma consolidação da expressão escrita e oral.
7. As famílias são estimuladas a participarem do projeto.

Em 1999, aproximadamente 2 % das escolas da França estavam envolvidas no *Main à la Pâte*. Nessa época já havia evidências de que o projeto não somente favorecia a aquisição do conhecimento científico, mas também tinha implicações no comportamento social e moral e na expressão falada e escrita. A partir de 2000, um plano de renovação do ensino de Ciências foi proposto na França, tendo como base o projeto *La Main à la Pâte* e com o suporte da Academia de Ciências.

Uma grande quantidade de material e informações sobre o projeto estão acessíveis pela internet. Pode-se acessar desde referências bibliográficas até um vasto número de atividades sugeridas para diferentes áreas da Ciência, incluindo Física. Este fato não só facilita o acesso dos professores franceses, mas também de qualquer pessoa que tenha interesse em Ciência.

Esse projeto possui uma extensão no Brasil, sendo a Academia Brasileira de Ciências (ABC) a principal entidade responsável pela sua implementação e coordenação. Essa extensão brasileira começou a ser implantada em 2001 e, até o momento, apenas escolas do Rio de Janeiro e São Paulo têm a oportunidade de participar.

A Universidade da Califórnia, em Berkeley, começou a desenvolver na década de 1970 outro programa de ensino de Ciências para crianças desde a pré-escola, denominado FOSS (*Full Option Science System*). O FOSS foi idealizado por Lawrence Lowery, atualmente professor emérito daquela universidade, tendo como um dos objetivos maiores a acessibilidade para professores sem formação em Ciência. O material oferecido aos professores inclui vídeos de instrução nos quais há inclusive filmagens de situações reais de sala de aula.

Os três objetivos básicos do programa são:

1. propiciar a alfabetização científica dos alunos, através de atividades que sejam apropriadas aos respectivos estágios de desenvolvimento e fundamentem idéias novas e mais complexas.
2. oferecer aos professores material instrucional completo, flexível e acessível, que reflita as tendências atuais na pesquisa em ensino e inclua investigação, manipulação e integração com outras disciplinas.
3. o programa deve passar sistematicamente por reformas.

O programa possui um claro viés utilitário, cuja necessidade é na minha opinião discutível, e refere continuamente em preparar cidadãos para os desafios do mercado globalizado do século XXI. Conhecimento é um valor em si e não precisa de maiores justificativas. O idealizador do programa aponta como consequência da pedagogia por ele proposta relatos de professores e alunos que afirmam ter descoberto o prazer de ensinar e aprender Ciências graças ao FOSS (Lowery, 1999). Somente esses relatos já justificariam o programa.

O maior diferencial que vejo nesse programa é a ênfase em atividades de leitura, compreensão e escrita de textos. Como parte essencial do FOSS há uma série de livros feitos especialmente para o programa que incluem, além de textos de caráter científico, histórias que envolvam o conhecimento de Ciência como parte central. O programa, então, também possui o mérito de promover a leitura para as crianças. Os resultados são muito palpáveis: a pontuação média de crianças em escolas que adotam o programa não é maior somente em Ciências, mas em outras áreas, notadamente Matemática e leitura.

O FOSS não possui apoio de nenhum órgão do governo e, por isso, deve ser adquirido pelas escolas ou distritos individualmente, com frequência à custa de muito esforço por parte dos professores para convencer os conselhos e direções. Mesmo assim, o programa tem sido adotado em um número de escolas suficiente para se manter por tantos anos.

O ensino de Física para alunos da escola primária também está contemplado, pelo menos em documentos oficiais, em muitos países. Alguns exemplos e comentários:

- O Currículo Nacional de Ciências da Inglaterra e Gales, implementado em 1988 e que passou por duas revisões, uma em 1991 e outra em 1994. Nesses países, observa-se que muitos dos conteúdos de Física têm sido sistematicamente negligenciados pelos professores desde que esse currículo foi posto em prática, seja pela falta de domínio da matéria ou por que os professores consideram um determinado tema muito abstrato, mais notadamente a Astronomia, em que a manipulação concreta é impossível (Russel et al., 1995).

O currículo inglês está dividido em estágios-chave (*key stages*), sendo que cada estágio engloba uma certa faixa etária. O estágio 1 se dirige a crianças com idades entre cinco e sete anos e o estágio 2 a crianças entre sete e onze anos (há também os estágios 3 e 4). Para os estágios 1 e 2, o currículo prevê que as crianças devem aprender a importância de coletar evidências, fazer perguntas usando “como?”, “por que?”, “o que acontece se...?” e decidir como encontrar respostas a essas perguntas, pensar sobre o que pode acontecer antes de decidir o que fazer e comparar o que ocorreu com suas expectativas. As crianças devem discutir e comunicar suas idéias usando a linguagem científica apropriada, desenhos, tabelas e diagramas (QCA, [www.qca.org.uk](http://www.qca.org.uk)).

Diferentemente do currículo de Ciências dos EUA (tratado a seguir), o currículo britânico deixa claro que o objetivo é que as crianças aprendam os modelos e as teorias aceitos como científicos, não se limitando a propor teorias próprias para fenômenos observados. O ensino deve ter por objetivo, então, guiar os alunos para compreender e adotar modelos aceitos como científicos.

Como é relativamente comum, o currículo britânico termina sugerindo que se ensine às crianças práticas que se enquadram com o que Meyer et al. (1995)

classificam como “senso comum”, tais como classificar objetos de acordo com propriedades simples (por exemplo, dureza, brilho, etc). Na minha opinião, essa prática repete o que considero um dos erros mais freqüentes do ensino: esperar que as crianças adotem os mesmos referenciais que os adultos. Quando é dada a oportunidade, por exemplo, de as crianças criarem suas próprias categorias nas quais classificam materiais, fica explícito como elas têm pontos-de-vista diferentes dos adultos. Se para um adulto é óbvio separar materiais como “minerais” e “orgânicos”, crianças podem sugerir outras classificações. Ou seja, aquilo que parece auto-evidente para o adulto pode não ser para a criança; propor alguns tipos de atividade, como separar objetos, talvez não tenha muita chance de ser significativo.

Mesmo com todo o trabalho para desenvolver e pôr em prática este currículo, resultados desanimadores para o ensino de Ciências e Matemática têm aparecido repetidamente. Em 2003, o número de alunos do ensino secundário estudando Física havia caído para um sexto do que era em meados da década de 1990, mesmo que os exames de final de curso (denominados *A level*) sejam atualmente, sem dúvida, mais fáceis do que décadas atrás, a ponto de aproximadamente metade das universidades inglesas já contarem com cursos introdutórios de Matemática para suprir deficiências dos novos alunos. Por outro lado, em outras áreas há resultados positivos, por exemplo, os alunos ingleses estão entre os que mais se dedicam à leitura no mundo (Economist, [www.economist.com](http://www.economist.com)). O fato é que, por melhor que seja, nenhum programa tem a capacidade de interferir diretamente nos valores da sociedade e, visivelmente, Ciências e Matemática não têm desfrutado de grande *status* nos últimos anos.

- Os Padrões Curriculares Nacionais de Ciências dos EUA também incluem a Física para crianças a partir do primeiro ano (NAP, [www.nap.edu/readingroom/books/nses/html/](http://www.nap.edu/readingroom/books/nses/html/)). Shiland (1998) apresenta uma crítica bastante séria ao documento americano: na tentativa de não focar o ensino excessivamente em teorias prontas, o currículo norte-americano termina por praticamente não usar o termo “teoria científica”. Embora o documento preveja que os alunos devam se tornar *cientificamente*

*alfabetizados*, a definição ali proposta para “cientificamente alfabetizado” refere-se à capacidade de explicar fenômenos naturais, sem que sejam necessariamente usando teorias cientificamente aceitas.

Além disso, na prática das escolas, muitos mitos a respeito do ensino de Ciências continuam a sobreviver: o ensino do chamado “método científico” e o uso de livros-texto com excesso de conteúdos e a repetição mecânica de atividades experimentais padronizadas. Uma das grandes causas da inércia do ensino nos EUA, onde mudanças sugeridas por pesquisadores não ressoam nas escolas, parece ser a estrutura dos conselhos regionais de educação, formados por pessoas das próprias comunidades que nem sempre possuem formação na área de ensino, e que têm a última palavra na hora de decidir sobre conteúdos e estratégias adotados nas escolas (Jones, 1988). Já na década de 1950, Richard Feynman testemunhou o procedimento de tais conselhos, que chegavam a recomendar a adoção de livros-texto sem sequer examinar seu conteúdo, apenas por já serem os livros tradicionalmente adotados (Feynman, 1985).

Em janeiro de 2004, para citar um caso recente, a Comissão de Currículo da Califórnia (que assessora o Conselho Estadual de Educação) recomendou que não fossem adotados livros-texto de Ciências que excedessem 25 % de seus conteúdos com atividades experimentais concretas (*hands-on*), sob a alegação que o excesso deste tipo de atividade desequilibra o ensino e restringe as práticas de sala de aula, além de dificultar o trabalho dos professores. Essa decisão causou dupla surpresa, pois a Califórnia é reconhecida como um dos estados menos conservadores em termos de educação nos EUA. A Academia Nacional de Ciências dos EUA prontamente rebateu os argumentos e considerou que essa decisão afastaria os alunos ainda mais do ensino de Ciências enquanto que a Associação dos Professores da Califórnia em conjunto com a Associação Nacional dos Professores de Ciências questionam o percentual proposto, que não possui base em nenhum trabalho de pesquisa. A Comissão de Currículos da Califórnia também se recusa a aprovar a adoção do FOSS em escolas

públicas (Washington Post, 3/2/2004). Ainda em março de 2004, a comissão retirou a recomendação a respeito dos livros de Ciência.

- Os Parâmetros Curriculares do Brasil (Secretaria de Educação Fundamental, 1997), ou PCN, fazem referência às Ciências Naturais, no primeiro ciclo (primeira a terceira séries). Os PCN destacam a necessidade de haver, nas salas de aula, espaço para as crianças expressarem suas próprias concepções do mundo físico para que, a partir da interação com outras crianças e com os professores, passem a transformar essas concepções. O desenho é destacado como a forma mais importante para a expressão por parte das crianças e o estudo das Ciências é apontado como forma de auxiliar na alfabetização.

No primeiro ciclo, as crianças, de acordo com os PCN, devem progressivamente desenvolver capacidades de formular perguntas e suposições, realizar experimentos para investigar diferentes formas de materiais e de energia, organizar resultados em listas, esquemas e textos, e comunicar dados e conclusões de forma oral, por escrito ou desenho.

Para o segundo ciclo (que inclui a quarta série), o esperado é que os registros se tornem mais detalhados e organizados. As relações entre dados observados deve se tornar também mais rica e relatórios escritos devem ser mais exigidos.

O mais relevante, a meu ver, é que os PCN brasileiros sugerem que os conteúdos devam ser apresentados como problemas a serem resolvidos, que promovam desequilíbrios nas concepções das crianças. Desta forma, reconhece-se que o aprendizado se dá majoritariamente por meio de conflitos entre as concepções prévias dos alunos e novas situações que sejam vivenciadas.

Os parâmetros brasileiros são bastante detalhados, até mesmo sugerindo práticas para sala de aula, além de formas variadas de avaliação. O documento brasileiro, assim, se torna muito mais um manual para professores

do que um referencial básico, de maneira semelhante aos documentos de outros países, a partir do qual escolas, distritos ou estados possam criar seus próprios currículos.

Mesmo possuindo um currículo nacional bem estruturado, o Brasil possui problemas sérios em seu ensino. No recente Teste de Pisa, patrocinado pela UNESCO, envolvendo 43 países, o Brasil obteve o segundo pior resultado tanto em leitura como em Ciências (Ivanissevich, 2003). Isso mostra, assim como no caso de outros países, que o mais importante não é o que se encontra em documentos oficiais, mas as verdadeiras práticas de sala de aula.

## Capítulo III - Atividades por Idade

### Apresentação

As atividades aqui propostas são resultado de um trabalho de quatro anos com crianças de idades entre sete e dez anos. A divisão por idade segue majoritariamente o critério da relevância do material produzido pelos alunos durante e após cada atividade, tais como um relato escrito, um desenho, ou uma tabela com os resultados. A divisão foi feita por idade e não por série por dois motivos básicos: não há uma correlação direta entre as séries de uma escola brasileira e de outros países (EUA, por exemplo). Crianças brasileiras começam o primeiro ano da escola aproximadamente seis meses mais velhas que crianças da maioria das escolas do hemisfério norte. Como essas atividades foram desenvolvidas com crianças de uma escola americana, as séries às quais as atividades se direcionam não são exatamente as mesmas que numa escola brasileira. Outro fator é a possibilidade da adoção de diferentes formas de divisão, por ciclos ou por séries, que algumas escolas adotam. Assim, as atividades são sugeridas para uma determinada idade, não importando a série ou ciclo em que uma criança se encontra.

Dessa forma, o que está proposto aos alunos de sete e oito anos, por exemplo, são aquelas atividades cuja compreensão para o aluno e avaliação para o professor não ficam muito prejudicadas pela falta de um relato escrito pelo aluno. As atividades para alunos entre 7 e 8 anos são planejadas para que o tipo de relato produzido pelo aluno, usando os recursos que dispõe (classificar, por exemplo), seja um retrato fiel daquilo que este aluno pode compreender do que observa.

A divisão de conteúdos foi estabelecida após a experimentação de diferentes tipos de atividades, o que foi feito durante os primeiros anos do trabalho relatado aqui. O fato de as crianças, nos primeiros dois anos de escola (quando normalmente têm idade de 7 ou 8 anos), estarem ainda maturando aqueles esquemas de assimilação descritos por Piaget (1976) como típicos

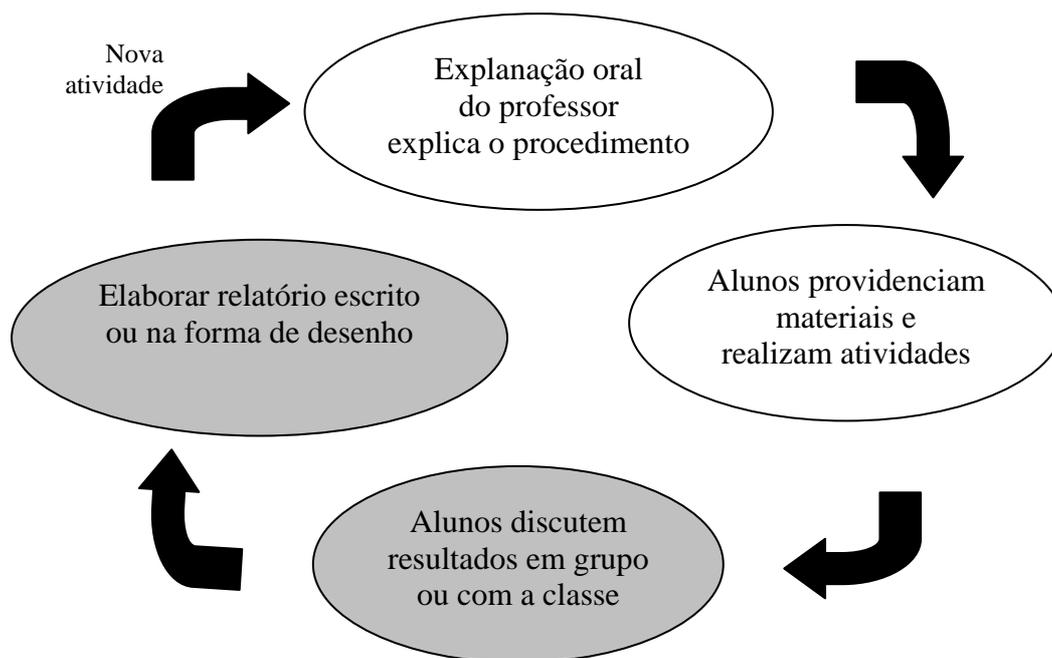
dessa idade, estabelece os limites para o quão complexas podem ser as atividades. Os conteúdos são, então, consequência dessas constatações.

As atividades são divididas em etapas planejadas para durar não mais de dez minutos, pois crianças de até dez anos perdem o interesse se precisam se dedicar a um experimento por mais tempo. As aulas são propostas para seguir um roteiro mais ou menos estabelecido, conforme descrito pela figura 3.1.

Na explanação oral inicial, o professor (ou a professora) não deve dar muitos detalhes dos procedimentos, mas sim deixar espaço para as crianças explorarem suas próprias idéias. Os materiais não devem, também, estar já distribuídos nas mesas onde os grupos irão realizar as atividades, mas dispostos em uma mesa separada para que, após a explanação inicial do professor, um integrante de cada grupo possa buscá-los. Durante as atividades, o professor deve passar de mesa em mesa para auxiliar as crianças, evitando dar respostas diretas às questões; deve, acima de tudo, propor questões que possam orientá-las a encontrar suas próprias respostas. O mesmo deve ser feito durante o tempo reservado às discussões em grupo. O relato, seja em forma de desenho ou escrito, é a única parte individual. Cada uma das etapas descritas na figura 3.1 dura entre 5 e 10 min.

As aulas experimentais podem ser seguidas, um ou dois dias depois, de uma nova aula de Física, onde mais uma vez os resultados são discutidos e as teorias propostas, debatidas. Isto ocorre ocasionalmente com crianças de sete e oito anos e sempre no caso de crianças de nove e dez anos.

**O essencial é que, antes propor qualquer das atividades descritas aqui, o professor as realize sozinho ou com a ajuda de outra pessoa. Somente assim é que o professor estará seguro para propor estas atividades a seus alunos.**



*Figura 3.1: Estrutura de uma aula experimental de Física para crianças. Após uma explicação oral que descreva rapidamente os materiais e o procedimento, os alunos organizam os materiais necessários e realizam a atividade. Antes de elaborar um relato individual, deve haver um tempo reservado para se discutir os resultados e dar espaço para que as crianças proponham teorias para explicar o que foi observado.*

A descrição feita no presente capítulo não é independente, não visa oferecer a professores um guia completo de como realizar as atividades. Essa descrição visa dar uma idéia básica dos tipos de atividades que venho desenvolvendo com crianças com idades entre sete e dez anos e que possam fazer parte complementar de um programa que vise à inclusão da Física no currículo do Ensino Fundamental. Portanto, não se deve esperar uma descrição detalhada de todas as etapas envolvidas nas atividades.

## **7 e 8 anos**

A principal função das atividades propostas para alunos de sete e oito anos é familiarizá-los com o trabalho experimental em laboratório e com discussões de resultados. O mais comum é que as crianças não tenham o hábito de justificar suas respostas e achem esta uma tarefa difícil (assim como também não é fácil nem mesmo para um adolescente ou adulto fazê-lo). É freqüente que, no início, os argumentos apresentados pelas crianças ao justificarem suas respostas sejam circulares ou tautológicos, repetindo o efeito como sendo a causa, por exemplo: “acho que a água no copo de isopor vai ficar quente porque ela vai esquentar”. Através de uma conversa informal, é possível que os professores consigam levar a criança a propor uma justificativa mais apropriada para sua expectativa sobre o resultado do experimento ou uma explicação mais apropriada para o que foi observado.

As atividades propostas para estas idades estão divididas em quatro unidades de trabalho. É sugerido que se dedique um tempo não maior que quatro semanas para cada unidade, pois as crianças podem começar a perder o interesse se for exigido delas que dediquem muito tempo a um mesmo tema. Em geral, as duas primeiras unidades são destinadas para crianças de primeira série (7 anos) e as duas últimas para as de segunda série (8 anos). As unidades de exploração estão resumidas na tabela 3.1.

As notas colocadas após a descrição do procedimento de cada atividade dão uma idéia aos professores do tipo de resultado que pode ser observado, além de uma rápida descrição de como a Física explica os resultados.

Tabela 3.1: as unidades de exploração para 7 e 8 anos.

Unidade	Atividades
Calor e temperatura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Condutores e isolantes térmicos</li> <li>• Movimentos do ar quente</li> <li>• Construção de um coletor solar</li> <li>• Luz e calor</li> </ul>
Luz, cores e sombras	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construção de filtros de cor</li> <li>• Construção de um periscópio</li> <li>• Somando cores e sombras coloridas</li> </ul>
Ímãs	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O que são ímãs</li> <li>• Quem é atraído por um ímã</li> <li>• Qual o alcance e a intensidade de um ímã</li> </ul>
Água e ar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Água em uma garrafa</li> <li>• Balão em um <i>freezer</i></li> <li>• Foguetes de papel</li> </ul>

### 3.1. Calor e Temperatura

#### 3.1.1. Condutores e Isolantes Térmicos

##### Materiais por grupo

- 2 termômetros
- 1 lata de refrigerante com a parte superior removida
- 1 copo de isopor de mesmo tamanho da lata
- 3 copos de plástico
- água quente e gelada (suficiente para todos copos e latas)

##### Procedimento

##### Pré-Atividade (como usar o termômetro)

- Encher os três copos de plástico, um com água quente, um com água da torneira e o último com água gelada.

- Medir as temperaturas de cada água e anotar. Comparar entre os grupos e discutir as leituras (se são semelhantes ou não) e as maneiras de anotar os resultados

### Parte 1

1. Encher a lata e o copo com água quente (figura 3.2).
2. Medir as temperaturas e anotar.
3. Esperar 5 min. Enquanto espera, descrever o que espera que aconteça: em qual dos dois copos a água irá esfriar mais.
4. Medir novamente as temperaturas. Anotar e comparar com as medidas iniciais.
5. Propor uma explicação para o observado



Fig. 3.2: copo e lata com água e termômetros.

### Parte 2

1. Encher o copo e a lata com água gelada.
2. Medir as temperaturas e anotar.
3. Esperar 5 min. Enquanto espera, descrever o que espera que aconteça.
4. Medir as temperaturas e anotar. Comparar com as temperaturas iniciais da parte 2.
5. Propor uma explicação que concilie as duas partes.

### Notas

- A pré-atividade é essencial para que os alunos pratiquem o uso do termômetro, por mais que afirmem já saber como usá-lo. Além disso, a pré-atividade serve para que o professor passe de grupo em grupo e faça observações sobre o quanto as anotações dos alunos são

compreensíveis. Em geral, as crianças escrevem números espalhados e fora de ordem, não há indicação alguma de qual valor é da água quente ou fria. Nesses casos, deve-se repetir a pré-atividade, mesmo que não reste tempo para a atividade propriamente dita, que pode ficar para outro dia. Na segunda vez que a pré-atividade é feita, o professor pode sugerir maneiras de se tomar notas, incluindo desenhos dos três copos.

- A água no copo de isopor esfria e esquenta mais lentamente porque o isopor é um isolante térmico, dificulta a passagem de energia térmica (calor). Como fechamento da atividade, o professor pode propor um modelo ilustrativo, desenhando os dois copos e ondas representando a energia entrando e saindo com facilidade do metal e com dificuldade do isopor. O papel dos copos é mais passivo do que inicialmente as crianças supõem: eles não esquentam nem esfriam a água.
- Os alunos geralmente começam propondo que o isopor aquece a água. Ao ser proposta a segunda parte, muitos dos alunos já se dão conta de que a explicação proposta na primeira parte não faz sentido, já esperam que o isopor mantenha a água fria. Outros alunos mantêm esta explicação e não vêem contradição ao propor que o isopor esfrie a água na segunda parte. É bastante útil que os alunos que discordem desse ponto de vista participem ativamente da discussão e o professor pode pedir a esses alunos que proponham maneiras de provar as falhas do modelo alternativo (como, por exemplo, deixar um copo de isopor cheio de água da torneira para ver se a água aquece ou esfria, perguntar como o isopor “sabe” se a água está quente ou fria).

### 3.1.2. Movimentos do Ar Quente

#### **Materiais por grupo**

- 1 vela
- 1 folha de papel recortada em forma de espiral (fig. 3.3)
- barbante
- lâmpada em abajur (mínimo 60 W)

- 1 saquinho de chá

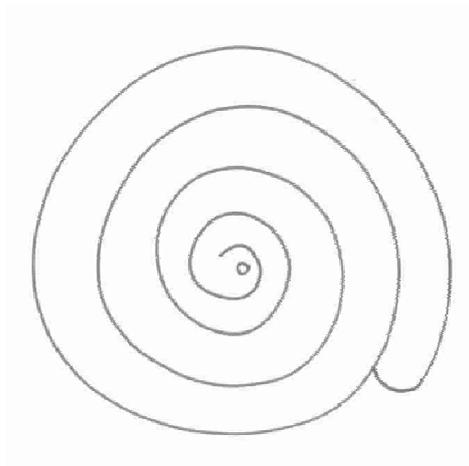


Fig. 3.3: papel com espiral para recortar.

## Procedimento

### Parte 1

1. Acender a vela.
2. Aproximar a mão espalmada pelo lado e, após, por cima.
3. Descrever em qual das duas situações é possível aproximar mais a mão da vela.
4. Propor uma explicação para o que foi observado.

### Parte 2

1. Recortar a espiral. Prender o barbante no furo central e pendurá-la sobre o abajur desligado (fig. 3.4).
2. Descrever o que se espera que aconteça quando a lâmpada for ligada, explicando por quê.
3. Descrever o que ocorre quando a lâmpada é ligada.
4. Propor uma explicação que concilie as duas partes.

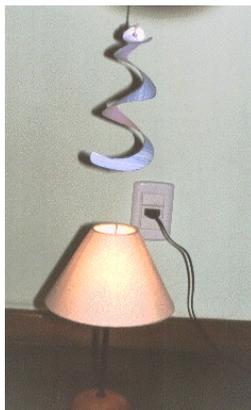


Fig.3.4: espiral sobre o abajur.

### Parte 3

1. Abrir o saquinho de chá na parte superior e esvaziar seu conteúdo.
2. Colocar o saquinho sobre a mesa com a parte aberta para cima.
3. Prever o que pode acontecer ao se queimar o saquinho. Queimá-lo e anotar o que ocorre. Propor uma explicação para o observado.

### Notas

- Deixar claras as regras básicas de segurança antes de começar a atividade. Apenas o professor acende as velas, que devem ser apagadas imediatamente após o término da primeira parte, antes de qualquer discussão de resultados.
- Normalmente, na primeira parte, os alunos propõem que só sentem o calor com a mão por cima da vela porque a fumaça é vista subir. É interessante perguntar porque a fumaça sobe e não sai para os lados. Pode-se perguntar o que ocorre se não houver gravidade (no espaço): nesse caso, o dióxido de carbono produzido fica ao redor da vela fazendo-a apagar.
- A segunda parte apresenta um fato que contradiz a teoria da fumaça: como a lâmpada não produz fumaça, como explicar o que faz o papel girar? A convecção, movimento do ar quente e menos denso para cima causa o que se observa nas duas partes da atividade. É o mesmo

mecanismo que explica a formação de nuvens: o ar úmido e quente da evaporação sobe e resfria aos poucos até que o vapor d'água condense formando nuvens.

- Na terceira parte, a convecção dos gases resultantes da queima do saquinho faz com que este se eleve da mesa. O saquinho de chá é usado por ser bem leve, o que facilita que seja erguido (pode-se questionar os alunos o porquê de usar um saquinho de chá ao invés de papel comum, com frequência, as crianças são capazes de responder esta questão de maneira apropriada).
- Geralmente é pedido que cada aluno faça um desenho livre a respeito desta atividade. Os desenhos variam em riqueza, podendo até incluir desde uma vela sem nenhum outro detalhe, até nuvens e chuva.

### 3.1.3. Construção de Um Coletor Solar

#### **Materiais por aluno (pode haver variações)**

- folha de alumínio.
- objeto com forma de calota (pode ser calota de automóvel, tigela de salada, prato de papelão, cesta de pão, etc).
- fita durex.
- termômetro.

#### **Procedimento**

1. Cada aluno propõe um tipo de objeto em forma de calota para usar no seu coletor solar. A partir da escolha, deve fazer um esboço do seu projeto e providenciar o material.
2. Colocar o termômetro no coletor solar já pronto e levá-lo ao sol. Anotar a temperatura inicial e após alguns minutos.

## Notas

- O professor deve construir pelo menos um modelo de coletor solar para mostrar às crianças na primeira aula (fig. 3.5). Nessa demonstração, é interessante pedir que as crianças proponham uma explicação ao funcionamento do coletor.
- Por provavelmente se tratar da primeira vez que as crianças têm a oportunidade de projetar e construir um aparato experimental, os professores devem fazer o máximo possível para convencer a todos os alunos de que devem construir um modelo bem básico e simples. Nos casos de crianças que insistam em construir algo mais complexo, os professores devem deixar claro que se trata de um desafio.
- Não é recomendável aceitar que os alunos tragam os seus modelos prontos de casa, pois a chance de que o projeto tenha sido feito por um dos pais ou outra pessoa mais velha é muito grande e tira totalmente a relevância desse tipo de atividade.
- Este projeto deve ser reservado para um mês tipicamente de bom tempo para evitar frustração das crianças em não poder testar seus modelos por causa de mau tempo.



Fig. 3.5: modelo de coletor solar.

### 3.1.4. Luz e Calor

#### **Materiais por grupo**

- lâmpada de pelo menos 60 W em um suporte
- 2 latas de refrigerante ou outro tipo, uma pintada de preto
- folha de alumínio
- 2 termômetros

## Procedimento

1. Cobrir a lata não pintada com o alumínio.
2. Colocar as duas latas à mesma distância da lâmpada apagada. Colocar os dois termômetros nas latas, conforme figura 3.6.
3. Medir as temperaturas das latas antes de acender a lâmpada. Anotar.
4. Prever o que ocorrerá ao acender a lâmpada: em qual das latas a temperatura irá aumentar mais rapidamente?
5. Acompanhar em intervalos regulares as mudanças de temperatura e anotá-las.
6. Propor uma explicação ao que foi observado.



Fig. 3.6: latas com termômetros e lâmpada.

## Notas

- Esta atividade reporta à primeira desta unidade. É importante que seja feita por último nesta unidade, pois assim dá-se tempo aos alunos para vivenciar outras situações e para que suas percepções não sejam guiadas demais pelo que eles julguem ser a expectativa do professor e dêem respostas autênticas.
- Antes da atividade, deve-se discutir como fazer a anotação dos resultados. Se necessário, os professores devem impor um modelo (uma tabela é o mais recomendável).
- Discutir com os alunos o funcionamento da lâmpada. Não há necessidade de os professores darem respostas; em geral, os alunos entendem o funcionamento de maneira mais que satisfatória: eletricidade entra, sai luz e calor (este último geralmente é lembrado quando induzido pelos professores por perguntas).

- As crianças não se mantêm atentas em uma discussão por muito tempo, portanto é bom que o professor as lembre da primeira atividade se nenhuma trouxer esta lembrança espontaneamente logo no início da discussão.
- As explicações propostas costumam ser bastante coerentes, relacionando o aumento de temperatura ao ganho de energia.

## 3.2. Luz, Cores, Sombras

### 3.2.1. Construindo Filtros de Cor

#### **Materiais por grupo**

- folhas de plástico colorido, de preferência de pastas de arquivo velhas, alternativamente pode-se usar celofane;
- folhas de papel em branco e tesoura;
- tintas das mesmas cores que os plásticos.

#### **Procedimento**

1. Recortar os plásticos (ou celofane) em quadrados de aproximadamente 15 cm x 15 cm.
2. Recortar com papel molduras para os plásticos (conforme figura 3.7).
3. Pintar em cada folha de papel um retângulo de 15 cm x 15 cm com as mesmas cores dos plásticos, deixando uma folha de papel em branco.
4. Prever o que pode acontecer quando se olha através dos filtros, colocando-os bem à frente dos olhos. Colocar os filtros à frente dos olhos e verificar as previsões.
5. Colocar os filtros sobre os papéis coloridos, um por vez. Antes, discutir o que se espera que aconteça. Por exemplo, se colocar o filtro amarelo sobre o papel pintado de azul, que cor se espera enxergar?

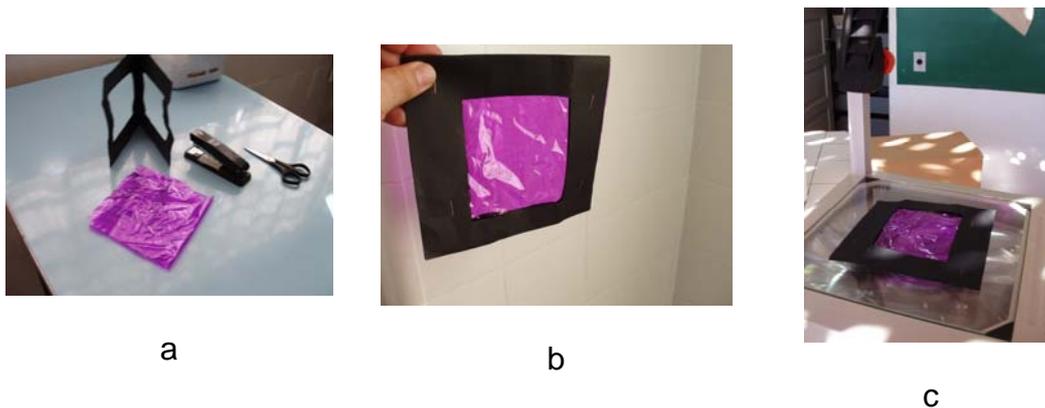


Fig. 3.7: filtro de cor: (a) moldura e papel celofane; (b) filtro pronto; (c) filtro sobre o retroprojetor.

### Notas

- Se os filtros forem feitos de papel celofane, o ideal é que sejam colocadas pelo menos 4 camadas de celofane em cada filtro, para evitar que fiquem muito translúcidos.
- Os filtros de cor bloqueiam todas as cores do espectro menos uma: um filtro verde, por exemplo, bloqueia todas as cores menos o verde. Pigmentos (tintas, por exemplo) absorvem todas as cores, menos uma: uma tinta vermelha absorve todas as cores menos o vermelho, que é refletido de volta. Quando um filtro verde é posto sobre um papel pintado de vermelho, apenas a luz verde atinge o papel, que a absorve sem refletir nada (ou quase nada, pois nem o filtro nem o pigmento são perfeitos). Por isso, colocando-se o filtro sobre o papel pintado resulta no preto e não a superposição de cores.

### 3.2.2. Construção de Um Periscópio

#### Materiais para Cada Aluno

- aproximadamente 20 cm de cano PVC, com diâmetro mínimo de 60 mm;
- 2 joelhos PVC com mesmo diâmetro do cano;
- Cola para PVC (canos e cola são facilmente encontrados em lojas de ferragens);
- Cola epóxi;

- 2 espelhos (aprox. 4 cm x 4 cm), que podem ser comprados já lixados em vidraçarias;

### Procedimento

1. Prender os espelhos nos joelhos usando cola epóxi;
2. Após o epóxi secar, juntar as partes usando cola para PVC (figura 3.8);
3. Descrever o processo de construção do periscópio e explicar seu funcionamento.
4. Discutir porque a imagem vista pelo periscópio não é invertida.

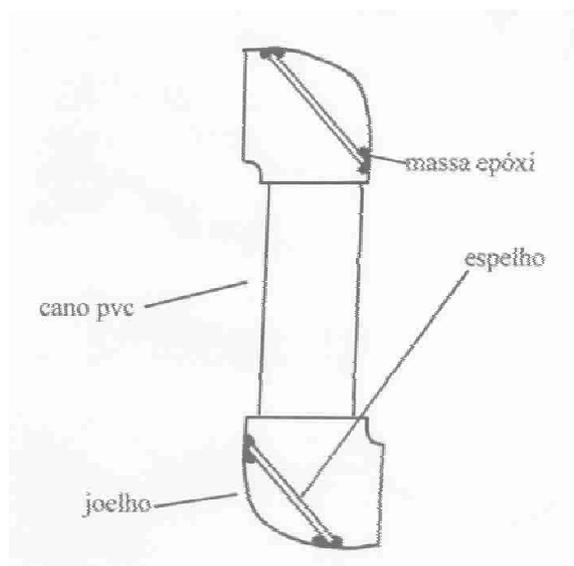


Fig. 3.8: esquema interno do periscópio.

### Notas

- Se for usado um cano pvc de diâmetro maior, os espelhos podem ser maiores também. As medidas sugeridas são aproximadas, podendo variar de acordo com a disponibilidade de materiais.
- É importante deixar claro que as bordas dos espelhos devem ser lixadas. Cacos de espelhos velhos não podem ser usados, por motivos de segurança.
- Crianças de sete anos conseguem propor uma explicação bastante coerente para não se ver imagens invertidas pelo periscópio (duas inversões se anulam).

### 3.2.3. Somando Cores e Sombras Coloridas

#### **Materiais para demonstração**

- 2 ou 3 retroprojetores
- filtros de cores diferentes (vermelho, verde, azul, amarelo, ou outros) usados na atividade 3.2.1.

#### **Procedimento**

##### **Parte 1**

1. Ligar um retroprojektor. Sobre sua lente, colocar um filtro de uma cor.
2. Ligar outro retroprojektor. Colocar outro filtro de outra cor sobre sua lente.
3. Apontar os dois retroprojetores de maneira que as imagens dos filtros de sobreponham. Anotar e explicar o que ocorre. Repetir com outros filtros.

##### **Parte 2**

1. Colocar um filtro de uma cor sobre o tampo de um retroprojektor (fig. 3.7c).
2. Prever e anotar o que acontece se outro filtro de outra cor for colocado sobre o primeiro filtro no tampo.
3. Colocar outro filtro de outra cor. Observar e anotar o que ocorre. Repetir com outras combinações de cores.
4. Explicar o que acontece em cada parte da atividade.

##### **Parte 3**

1. Colocar um filtro de cor diferente sobre a lente de cada retroprojektor. Apontá-los para o mesmo ponto de maneira que as duas projeções se sobreponham.
2. Um aluno pára à frente da tela onde os retroprojetores apontam.
3. Explicar o padrão das sombras produzidas.

## Notas

- Esta atividade serve, entre outras coisas, para trazer de volta o que se observou na construção dos filtros de cor: colocar um segundo filtro sobre o primeiro não resulta na combinação das cores, mas quase no preto. Mesmo sendo a segunda oportunidade em que se deparam com este resultado inesperado, as crianças continuam sem conseguir explicá-lo de maneira não dúbia. É comum muitas crianças, neste ponto, declararem desistir desta tarefa. Os professores podem explorar de novo estes resultados em outro dia, para evitar o desgaste pelo excesso de tempo dedicado a este mesmo assunto. Ilustrações mostrando luz branca entrando em um lado do filtro e somente uma cor de luz saindo do outro podem ajudar alguns alunos compreender o porquê da ausência de superposição de cores, porém um número grande de crianças pode continuar declarando não entender o que ocorre. Neste caso, deve-se deixar claro que o processo de aprendizado é longo e lento e, com o tempo e a continuidade da procura de respostas, virá a compreensão deste tipo de fenômeno.
- Deve-se chamar atenção ao fato de as sombras coloridas aparecerem nos mesmos lados dos respectivos retroprojetores. Com a continuidade das discussões e a participação de todos, pode-se, enfim, compreender como se produz sombras coloridas.
- Para a primeira parte, o filtro é colocado na lente, enquanto que, na segunda, é colocado no tampo. Colocar os filtros sobre as lentes na segunda parte resulta em um violeta escuro na tela, que se deve ao fato de os filtros não serem perfeitos (não bloqueiam a luz completamente), dando margem a interpretações dúbias do resultado. Se os filtros forem colocados sobre o tampo, o contraste com a luz branca ao redor da área coberta pelos filtros evidencia o preto resultante da superposição dos filtros.

## 3.3. Ímãs

### 3.3.1. O Que são Ímãs?

#### **Materiais**

Separar a sala em estações de experimentos:

- Estação 1: pescaria com ímãs: ímãs presos por barbantes em varas e materiais variados (madeira, plástico, metais, vidro, etc)
- Estação 2: ímãs e um copo com cliques de papel no interior
- Estação 3: ímãs e bússolas
- Estação 4: eletroímã ligado a pilhas (fig. 3.9) e materiais diversos (clipes, pregos, etc).

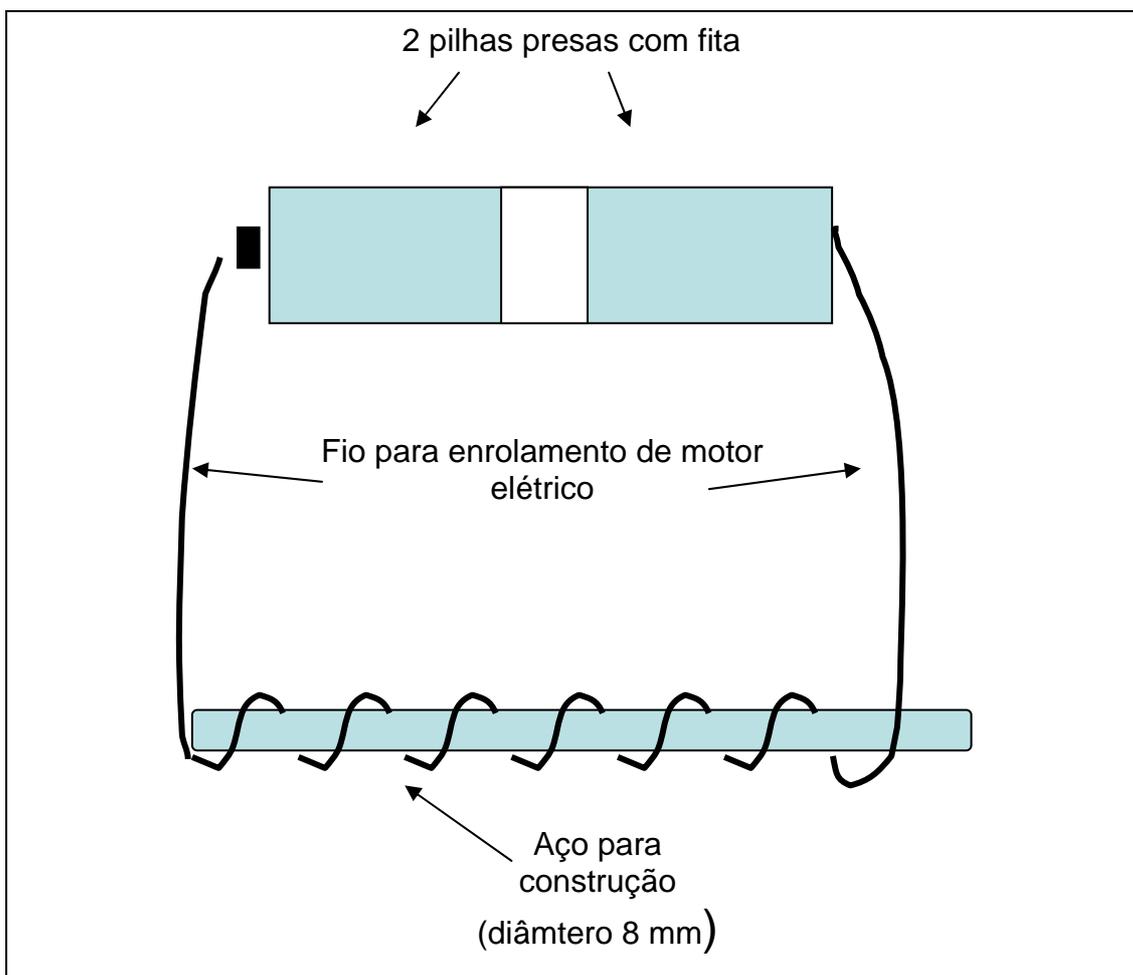


Fig. 3.9: eletroímã.

## Procedimento

Com a turma dividida em grupos, dar 2 ou 3 minutos para cada grupo em cada estação para que possam explorar os materiais disponíveis. Após, recolher o material para uma mesa separada, deixando-o exposto. Discutir com os alunos o que foi observado e deixar que os alunos proponham atividades a serem realizadas com o material exposto.

## Notas

- Lembrar que as atividades que os alunos proponham devem ser práticas, algumas crianças podem propor atividades que requeiram materiais que não estão disponíveis.
- Algumas questões levantadas podem ser lembradas durante as próximas atividades, tais como o efeito que um ímã exerce sobre outro, onde os ímãs são usados, ou se há ímãs mais potentes que outros.
- A atividade mais sugerida pelos alunos tem sido construir um guindaste usando ímãs, que pode ser feito juntando todas as varas de pesca.

### 3.3.2. Quem é Atraído pelo Ímã?

#### Materiais por Grupo

- 1 ou mais ímãs.
- objetos diversos, tais como, folha de alumínio, pregos, cliques para papel, fio de cobre, folha de zinco, isopor, plástico, madeira, papel.

#### Parte 1

1. Listar os objetos a serem testados. Podem ser feitos desenhos ao invés de uma lista por escrito. Separá-los em duas listas: a dos objetos que devem ser atraídos pelos ímãs e a dos que não serão atraídos.

2. Testar cada objeto usando um ímã. Comparar os resultados com as previsões iniciais.

## Parte 2

1. Prever como um ímã se comporta ao aproximar-se outro ímã, se é atraído ou não.
2. Aproximar dois ímãs de diversas maneiras. Anotar os resultados.
3. Relatar como é o comportamento de um ímã: quais tipos de objetos são atraídos pelos ímãs e como os ímãs se atraem ou repelem.

## Notas

- A expectativa mais comum é que ímãs atraiam todos tipos de metais. Esta atividade mostra que nem todos metais sofrem esta atração.
- O relato da atividade geralmente é feito por meio de desenhos. Em muitos casos, os desenhos incluem raios saindo dos ímãs. É interessante que se debata o que a criança quer dizer com estes raios.

### 3.3.3. Qual o Alcance e a Intensidade de um Ímã?

#### Materiais

- papel quadriculado
- diferentes ímãs (de auto-falantes, por exemplo).
- cliques para papel

#### Procedimento

##### Parte 1

1. Colocar um clipe de papel sobre o papel quadriculado. Marcar o quadrado onde a ponta do clipe termina.

2. Aproximar lentamente um ímã do clipe, arrastando-o sobre o papel quadriculado, até que o clipe comece a se mexer. Colorir todos os quadrados e o quadrado parcial desde a ponta do clipe até onde o ímã se encontrava quando mexeu o clipe. Anotar ao lado qual dos ímãs foi usado.
3. Repetir o procedimento para outros ímãs, montando um gráfico de barras semelhante ao da figura 3.10.

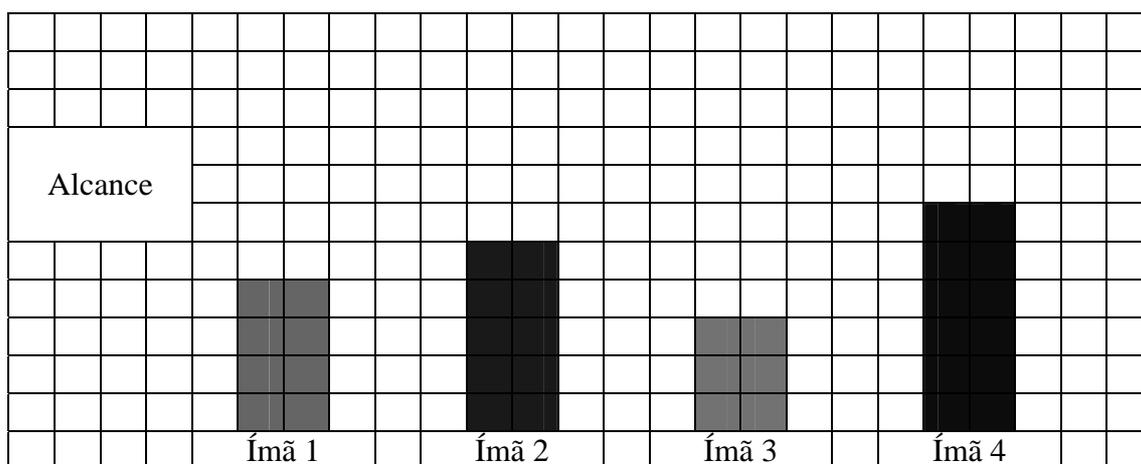


Fig. 3.10: modelo de gráfico de barras.

## Parte 2

1. Segurar um dos ímãs a uma certa altura sobre a mesa. Pendurar vários cliques sucessivamente até que eles comecem a cair. Anotar quantos cliques foram pendurados.
2. Repetir o processo para outros ímãs. Não esquecer de deixar claro qual ímã foi usado em cada vez. Organizar os resultados em um gráfico de barras semelhante ao da figura 3.10, substituindo alcance por número de cliques.

## Notas

- Em muitos casos, as crianças esquecem de anotar qual ímã foi usado em cada medida e, no final, têm uma série de resultados que não conseguem

organizar para esboçar o gráfico. Deve ser dada nova oportunidade de efetuar as medidas tomando notas de maneira organizada.

- Os gráficos devem ter pelo menos um título que inclua, de preferência, uma indicação que explique os dados que constam no gráfico. Se possível, de acordo com o nível de alfabetização das crianças, pode ser pedido que seja explicado de forma escrita como foram feitas as medidas.
- Pode-se, como alternativa na primeira parte, entregar aos alunos folhas que contenham desenhos representando régua. O clipe pode ser colocado na origem das medidas da régua (0 cm) e o ímã é arrastado em direção ao clipe até fazê-lo mover.

## 3.4. A Água e o Ar

### 3.4.1. Água em uma Garrafa

#### **Materiais por grupo:**

- garrafa plástica de refrigerante vazia (2 litros) e com tampa;
- água;
- fita crepe ou durex;
- bacia.

#### **Procedimento**

##### **Parte 1**

1. Fazer um furo pequeno na parte inferior da garrafa e fechá-lo com a fita (fig. 3.11).
2. Encher a garrafa com água e tampá-la.
3. Prever e anotar o que deve acontecer ao se retirar a fita do furo.

4. Segurando a garrafa pela tampa sobre a bacia, retirar a fita do furo. Observar e anotar o que ocorre.
5. Explicar o que ocorreu.

### Parte 2

1. Fechar novamente o furo. Prever e anotar o que ocorre se a fita for retirada sem a tampa na garrafa.
2. Colocar a garrafa novamente sobre a bacia e retirar a fita e a tampa.
3. Anotar o que ocorreu e explicar.

### Parte 3

1. Esvaziar a garrafa e abrir um novo furo pequeno aproximadamente 10 cm acima do primeiro (fig. 3.11). Fechar os dois furos com fita, encher a garrafa e tampá-la.
2. Retirar a tampa da garrafa e remover as fitas. Explicar o que se observa.

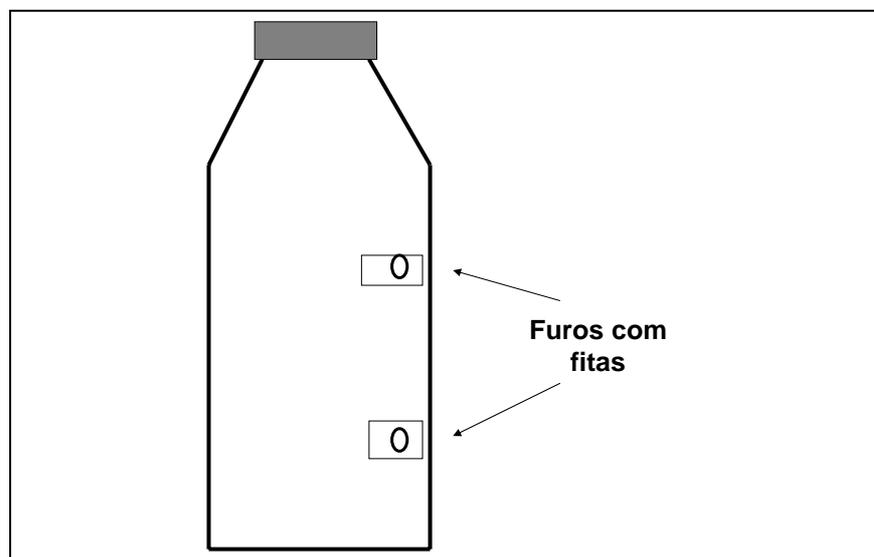


Fig. 3.11: garrafa com furos.

### Notas

- Ao final da atividade e das discussões, praticamente todas as crianças reconhecem que o ar precisa entrar na garrafa para que a água saia. Não se deve esperar que as crianças expliquem o porquê desse fato (o papel

da pressão do ar); conseguir reconhecer essa parte da explicação já é uma grande conquista.

- Na segunda parte, o professor pode mostrar que, tapando a boca da garrafa com a mão, a água pára novamente de sair. Este procedimento auxilia em muito as crianças a entender o papel do ar nessa atividade.
- A terceira parte aproveita os mesmos materiais das anteriores. A água que esguicha do furo superior não alcança tão longe da garrafa quanto a água do furo inferior. Isto se deve à maior pressão da água no fundo da garrafa do que na superfície. Pelo mesmo motivo, sentimos os ouvidos pressionados ao mergulharmos. Deve-se procurar evitar que explicações que façam uso de termos como “força” para explicar as diferenças entre os dois esguichos, sugerindo substituir este termo por “velocidade”, por exemplo.

### 3.4.2. Balão em um Freezer

#### **Materiais por Grupo**

- balão
- fita métrica
- caneta hidrocor

#### **Procedimento**

##### **Parte 1**

1. Encher o balão. Riscar ao seu redor uma linha com a caneta hidrocor. Medir o comprimento da linha.
2. Levar o balão ao *freezer* (fig. 3.12) e deixar o maior tempo possível (pelo menos uma hora).
3. Discutir e prever o que pode acontecer ao tamanho do balão.
4. Retirar o balão do *freezer* e medir novamente o comprimento da linha.
5. Discutir e explicar o que aconteceu.



Fig. 3.12: balão no *freezer*.

## Parte 2

1. Prever o que ocorreu com o tamanho do balão durante a discussão dos resultados da primeira etapa (o balão deve ficar na mesa);
2. Medir novamente o comprimento da linha e anotar o novo resultado.
3. Explicar o que aconteceu.

## Notas

- O balão encolhe dentro do *freezer*, pois o ar, ao ser resfriado, diminui de volume. Quanto mais tempo o balão ficar no *freezer*, maior será a diferença no comprimento da linha. O ideal é que o balão seja colocado no *freezer* no primeiro período de aula do dia e retirado no último. Durante o tempo que se passa a discussão da primeira parte, o balão deixado sobre a mesa novamente esquenta e expande, voltando ao mesmo tamanho original.
- Na maioria das vezes, as crianças crêem que o balão perdeu ar no *freezer* e ganhou ar ao ser deixado na mesa. O professor pode apontar inconsistências dessas teorias: como o *freezer* retira ar do balão?; como o ar entra no balão se ele está fechado?; por que não vemos, então, balões inflando e desinflando sozinhos a toda hora? Pode-se perguntar se não seria mais razoável supor que o ar diminui de volume quando é resfriado, caso as crianças reconheçam as inconsistências de outras teorias e se mostrarem insatisfeitas com elas.

- Caso as crianças demonstrem aceitar a teoria científica da expansão e contração, pode-se dar exemplos de contração por resfriamento: ao se fechar a porta da geladeira, o ar no seu interior resfria e contrai, selando a porta, que então não precisa de trinco; nas calçadas, as lajes de concreto são feitas deixando-se um pequeno vão entre elas, para o caso de se expandirem com o aumento da temperatura, o que causaria rachaduras; ferrovias são construídas deixando-se vãos entre os trilhos, pelo mesmo motivo.

### 3.4.3. Foguetes de Papel

#### **Materiais (individual)**

- papel (aproximadamente 5 cm x 12 cm)
- cartolina recortada como na ilustração 3.13
- lápis
- fita adesiva
- canudinho (de preferência os mais grossos)
- fita métrica

#### **Procedimento**

1. Enrolar o papel ao redor do lápis como um tubo, deixando pelo menos 1 cm além do fim do lápis, e prender com fita adesiva.
2. Fechar a parte do tubo que ficou além do lápis. Esta extremidade será o nariz do foguete.
3. Prender a cartolina na outra extremidade do tubo. Esta fará o papel de asas para o foguete (fig. 3.13).
4. Retirar o foguete do lápis. Colocar o canudo na extremidade aberta. Lançar o foguete dando um sopro vigoroso.
5. Marcar no chão uma linha para lançamento. Fazer lançamentos sucessivos e medir a distância desde a linha de lançamento até onde o foguete tocou o chão a primeira vez. Testar diferentes ângulos de lançamento para descobrir como se obtém o maior alcance.

## Notas

- Começando de um lançamento vertical, o alcance do foguete aumenta à medida que o ângulo com a vertical aumenta até um certo valor (aproximadamente a meio caminho para um lançamento horizontal), passando a diminuir de novo.
- Pode-se mostrar que, se o sopro não for vigoroso, o foguete não é lançado; um sopro lento não produz no interior do foguete uma pressão alta o suficiente para lançá-lo.

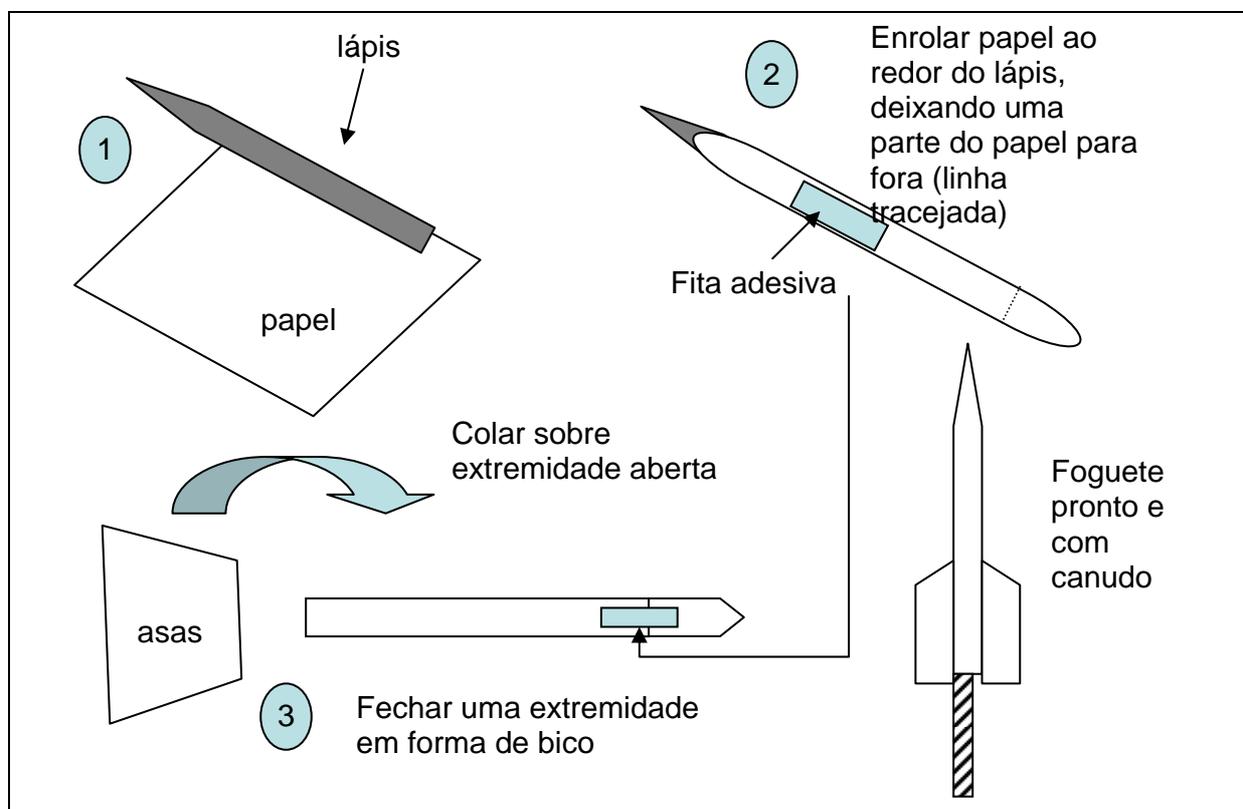


Fig. 3.13: como construir os foguetes de papel.

## **9 e 10 Anos**

Uma vez já familiarizados com os procedimentos típicos de um curso de Ciências que envolve atividades de manipulação concreta, as crianças podem, nessa segunda etapa, explorar mais os fenômenos e propor teorias mais fundamentadas nestas observações. Portanto, o professor deve, mais do que antes, exigir que essas teorias que os alunos proponham nos relatórios tenham uma relação direta com o resultado observado. Além disso, pode-se esperar que as crianças discutam mais as contradições que surjam entre essas teorias e o observado. Embora as crianças ainda não sejam inteiramente capazes de refletir e concluir a respeito dessas contradições, é essencial que sua existência seja destacada por meio das atividades experimentais.

O uso de tabelas e gráficos não surge naturalmente nas crianças, nem mesmo com idades maiores. O professor deve, inicialmente, estimular o uso dessas ferramentas para organizar dados. Até o final dessa etapa, que compreende crianças entre 9 e 10 anos de idade, é esperado que as crianças reconheçam a utilidade da organização de resultados e consigam utilizar essas ferramentas de maneira adequada. As unidades de trabalho estão resumidas na tabela 3.2.

A avaliação, nessa etapa, pode seguir um esquema mais rígido e objetivo. O currículo de Física proposto aqui não visa ensinar os modelos científicos já para crianças de 7 a 10 anos; o importante são as situações sugeridas para as quais elas devem propor suas próprias teorias. Em anos posteriores estas primeiras teorias podem ser revistas e mudadas, à medida que a criança amadureça intelectualmente e vivencie situações e experiências novas. Para a avaliação dos trabalhos de crianças de 9 e 10 anos, as tabelas 3.3, 3.4 e 3.5 sugerem critérios que podem ser adotados e que têm guiado a avaliação dos alunos com que trabalho. É importante, também, a oportunidade da criança se auto-avaliar periodicamente.

**Tabela 3.2: unidades de exploração para crianças de 9 e 10 anos.**

<b>Unidade</b>	<b>Atividades</b>
Eletricidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quantos watts?</li> <li>• O que é um circuito?</li> <li>• Como funciona uma lâmpada?</li> <li>• Como ligar mais de uma lâmpada?</li> <li>• Como funciona uma lanterna?</li> </ul>
Estados da matéria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gás em um balão.</li> <li>• Densidade de líquidos.</li> <li>• Partículas de sólidos e líquidos.</li> </ul>
Pressão e empuxo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Afunda ou flutua?</li> <li>• Construção de um submarino.</li> <li>• Foguetes d'água.</li> </ul>
Mudanças físicas e químicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Como fazer chuva.</li> <li>• Uma mistura que derrete – oobleck</li> <li>• Como fazer queijo.</li> </ul>
Forças e máquinas simples	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Como medir forças.</li> <li>• Construção de catapultas.</li> <li>• Máquina a vapor.</li> </ul>
Unidades e instrumentos de medida	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Podemos confiar em nossos sentidos?</li> <li>• Qual a medida de cada coisa?</li> <li>• A velocidade.</li> <li>• Temperaturas negativas.</li> </ul>

**Tabela 3.3- Participação**

<b>Conceito</b>	<b>Descrição</b>
A	Participa ativa e cooperativamente; segue instruções e regras de segurança.
B	Participa ativa e cooperativamente mas não segue instruções ou regras de segurança; ou segue instruções e regras mas não coopera com os demais.
C	Demonstra interesse mas não participa a maior parte do tempo.
D	Participa pouco e demonstra pouco interesse.
F	Não participa nem demonstra interesse.

**Tabela 3.4 – Relatórios**

Conceito	Descrição
A	Relatório completo e preciso, procedimento descrito segue uma lógica e seqüência de etapas; resultados organizados.
B	Relatório incompleto ou não preciso mas resultados estão organizados.
C	Relatório incompleto ou impreciso; resultados não organizados.
D	Relatório somente descreve o procedimento ou somente os resultados.
F	Relatório não apresenta nem procedimento nem resultados.

**Tabela 3.5 – Conclusões (teorias propostas)**

Conceito	Descrição
A	Tira conclusões coerentes com os resultados e as explica no relatório.
B	Tira conclusões coerentes com os resultados mas não as justifica nos relatórios.
C	Tira conclusões não coerentes com os resultados mas as explica no relatório.
D	Tira conclusões não coerentes com os resultados e não as justifica no relatório.
E	Não tira conclusões.

## 3.5. Eletricidade

### 3.5.1. Quantos Watts?

#### **Procedimento**

#### **Parte 1**

1. Preparar uma tabela para pelo menos 20 aparelhos com duas colunas: uma para o nome do aparelho e outra para sua potência em W (fig. 3.14).

Pesquisar em casa a potência do maior número de aparelhos eletrodomésticos, incluindo lâmpadas (a potência se encontra atrás dos aparelhos). Descrever quais consomem mais energia quando ligados e quais devem ser os que mais consomem energia ao longo do mês, por ficarem mais tempo em uso.

2. Criar outras duas tabelas conforme figura 3.15, para anotar os gastos de um dia normal e em um dia escolhido para pôr em prática um plano de economia de energia.

Aparelho	potência	Aparelho	potência

Fig. 3.14: exemplo de tabela para levantamento de aparelhos elétricos

## Parte 2

1. Cada aluno deve propor por escrito uma maneira de economizar energia por uma dia. Usar a primeira tabela como referência para ver quais aparelhos gastam mais energia.
2. Escolher um dia para pôr o plano em prática. Neste dia, repetir as leituras do relógio de luz de manhã e à noite. Anotá-las em uma tabela semelhante à da figura 3.15.
3. Comparar os gastos do dia normal com o dia escolhido e comentar sobre o quanto é possível reduzir o consumo de energia elétrica sem causar grandes transtornos à rotina.

<b>2ª leitura</b>	<b>Hora</b>		<b>leitura</b>	
<b>1ª leitura</b>	<b>Hora</b>		<b>leitura</b>	-
			<b>total gasto</b>	

Fig. 3.15: tabela para calcular o gasto de um dia. Pela manhã, fazer a primeira leitura e anotar. À tarde, refazer a leitura, anotar e calcular o gasto do dia.

### Notas

- É muito comum que as crianças confundam watts com volts. Quando o levantamento dos equipamentos da casa estiver feito, o professor deve verificar se não houve confusão. Se houve, um novo levantamento deve ser feito para corrigir os valores errados. Pode, também, acontecer que a criança anote como potência a freqüência da rede brasileira (60 Hz), embora seja menos comum. Nesse caso, o procedimento é igual ao anterior.
- É bastante útil que o professor faça um levantamento semelhante junto com os alunos na própria escola, levando-os a diversas salas para anotar a potência de cada aparelho que encontrarem. No dia seguinte, o professor acompanha os alunos até o relógio de luz da escola para anotar o valor no mostrador; no terceiro dia, leva novamente os alunos para ver o valor 24 horas após e, assim, calcular o consumo de um dia na escola. Dessa forma, as crianças têm uma experiência prévia de como proceder em casa.
- A leitura dos relógios de luz deve sempre ser feita com o acompanhamento de um adulto.
- O professor deve procurar chamar a atenção dos alunos de que, apesar de poder perturbar o dia-a-dia de uma casa, há maneiras práticas de se economizar energia elétrica sem causar maiores transtornos à rotina. Cabe às crianças propor quais podem ser essas maneiras.

### 3.5.2. O Que é um Circuito?

#### **Materiais por grupo**

- uma pilha
- folha de alumínio
- fita crepe
- uma lâmpada de lanterna

#### **Procedimento**

##### **Parte 1**

1. Colar uma tira de fita crepe sobre a folha de alumínio.
2. Recortar o alumínio ao redor da fita, deixando uma folga ao lado com aproximadamente duas vezes a largura da fita.
3. Dobrar o alumínio ao redor da fita. Este deverá ser o fio elétrico usado nesta experiência (figura 3.16).
4. Usando este fio e uma pilha, tentar fazer a lâmpada acender.

##### **Parte 2**

1. Rasgar o fio feito de alumínio e fita crepe na metade de seu comprimento.
2. Com as duas metades e uma pilha, tentar fazer a lâmpada acender.
3. Explicar o que é necessário para a lâmpada acender. Por que se usa o nome “circuito”?

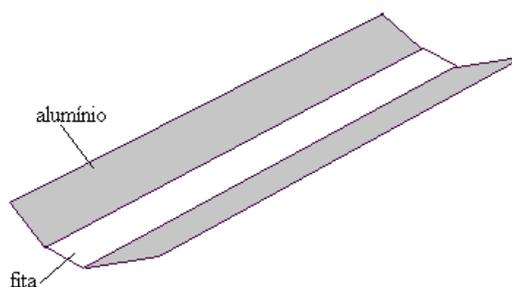


Fig. 3.16: fio de alumínio.

### Notas

- A totalidade das crianças consegue, após um tempo médio de 5 min, acender a lâmpada.
- As crianças podem procurar em um dicionário o significado da palavra “circuito” (caminho fechado). Muitas crianças conseguem, assim, entender que é necessário haver um caminho fechado para que a corrente elétrica flua.
- Deixar livre para que as crianças usem os termos que acharem mais apropriado (eletricidade, energia, corrente).

### 3.5.3. Como Funciona uma Lâmpada?

#### **Materiais por grupo**

- um pedaço de esponja de aço
- folha de alumínio
- duas pilhas tamanho grande
- fita crepe
- 1 lâmpada comum.

## Procedimento

### Parte 1

1. Prender as duas pilhas (pólo positivo de uma com o negativo da outra) usando fita crepe.
2. Prender uma extremidade do fio a um pólo e a outra em um pedaço de esponja de aço. Usar um pedaço pequeno de esponja e espalhar bem os fios de aço.
3. Encostar a esponja de aço ao pólo oposto da pilha (fig.3.17). Observar e anotar o que ocorre.
4. Propor uma explicação ao observado.

### Parte 2

1. Observar uma lâmpada comum. Esboçá-la e nomear suas partes. Comparar com o material usado na primeira parte.
2. Explicar o funcionamento de uma lâmpada e por que seu filamento é protegido por uma redoma de vidro. O que há dentro desta redoma? Por que a lâmpada fica quente após um certo tempo de uso? Há lâmpadas que não esquentam? Estas lâmpadas têm um filamento?

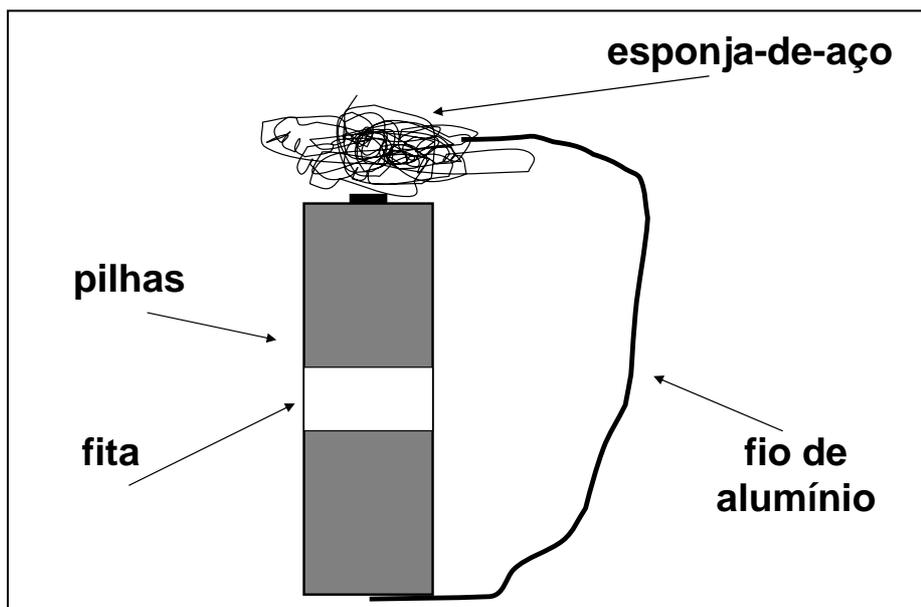


Fig 3.17: esponja de aço como modelo de lâmpada.

## Notas

- Apesar de a esponja de aço incandescer, não há nenhum risco de as crianças se queimarem nesta atividade. Mesmo assim, é essencial chamar a atenção das crianças para que façam todo o procedimento com calma. Também é importante avisá-las de que não haverá risco algum, para evitar que se assustem ao ver o aço incandescente.
- É necessária uma participação mais ativa do professor quando as crianças comparam o resultado da experiência com uma lâmpada real. O professor deve discutir com todos os grupos e tentar ajudá-los a encontrar correlações entre o que observaram na atividade e a lâmpada.

### 3.5.4. Um Circuito Completo

#### **Materiais por grupo**

- folha de alumínio (30 cm de comprimento)
- fita crepe
- pelo menos 1 pilha
- lâmpada de lanterna

#### **Procedimento**

##### **Parte 1**

1. Com a fita crepe e o alumínio, criar pelo menos 3 cabos elétricos (como na atividade 3.5.2).
2. Ligar um cabo em cada lado da pilha.
3. Ligar as extremidades livres dos cabos à lâmpada.
4. Com os dois cabos conectados, verificar se a lâmpada acende. Anotar.
5. Rasgar um dos cabos. Levantando os dois pontos onde cada cabo foi rasgado, verificar se a lâmpada permanece acesa. Anotar.

## Parte 2

1. Usar o terceiro cabo. Ligar novamente a lâmpada e colocar o terceiro cabo ligando os outros dois em algum ponto entre a pilha e a lâmpada (figura 3.18).
2. Observar o que ocorre e anotar. Erguer uma das extremidades do terceiro cabo. Verificar se a lâmpada acende ou não. Anotar.
3. Propor uma explicação para o que foi observado.

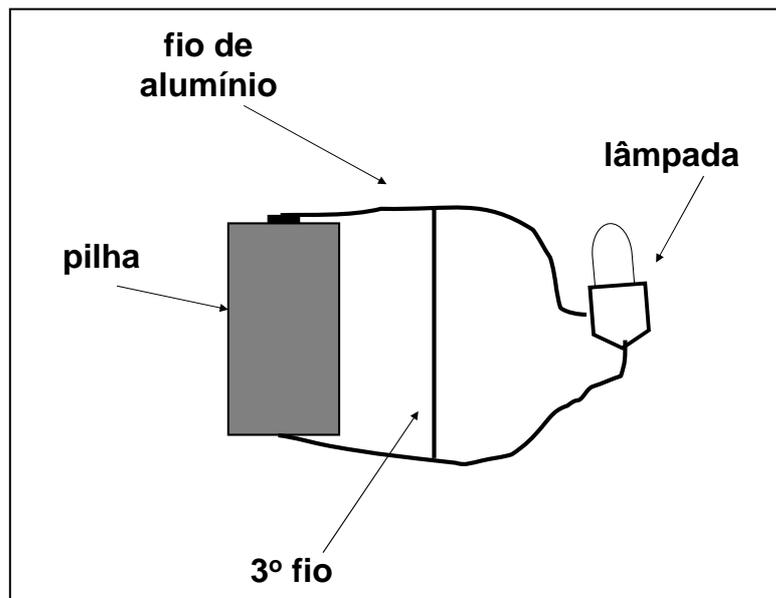


Fig. 3.18: curto-circuito.

## Notas

Algumas questões que podem auxiliar na discussão dos resultados (com sugestões de comentários para o professor em itálico):

- Pode-se usar um terceiro cabo como um interruptor? Por que? *Não se deve fazer isso, o terceiro fio se aquece com o tempo; além disso, a pilha se gasta mais rapidamente.*
- Por que se usa o nome “circuito”? *A corrente elétrica só flui por caminhos fechados (circuitos).*
- Por que a lâmpada não acende com o terceiro cabo? *O terceiro cabo cria um curto-circuito, praticamente toda a corrente flui por este cabo e, por isso, ele se aquece.*

### 3.5.5. Como Ligar Mais de Uma Lâmpada

#### **Materiais por grupo**

- folha de alumínio
- fita crepe para fazer os cabos
- uma pilha
- duas lâmpadas de lanterna.

#### **Procedimento**

Apresentar a atividade como desafio: os alunos devem criar o maior número possível de circuitos elétricos nos quais as duas lâmpadas acendam, desenhar todos os modelos que tentaram e explicar por que eles funcionaram ou não. Se houver algum modelo no qual as lâmpadas brilhem menos, explicar por que.

#### **Notas**

- Esta atividade evidencia quais alunos estão conscientes de que devem criar circuitos fechados e evitar curto-circuitos (como o produzido na atividade 3.5.4) .
- Exigir sempre que os grupos apresentem um diagrama esquematizando o circuito que querem tentar antes de efetivamente montá-los.

### 3.5.6. Como Funciona uma Lanterna?

#### **Materiais por aluno**

Cada aluno deve trazer uma lanterna de casa (que esteja funcionando e com pilhas). No máximo, caso um ou mais alunos não tragam as lanternas, permitir que trabalhem em pares.

#### **Procedimento**

Deixar os alunos livres para abrir e desmontar as lanternas (desde que não quebrem nenhuma parte). Lanternas são simples o suficiente para que crianças de 9 ou 10 anos consigam desmontar e remontar. Observando o interior das lanternas, as crianças devem ser capazes de explicar, através de desenhos e textos, seu funcionamento.

#### **Notas**

- Para ganhar segurança, é essencial que o professor desmonte e remonte pelo menos uma lanterna para desvendar seu funcionamento com antecedência.
- Tranqüilizar os alunos e pais de que as lanternas retornarão para casa intactas. Desmontar e remontar uma lanterna é simples e seguro.
- O professor deve discutir com todos os alunos as suas impressões e idéias para que eles consigam relacionar o que vêem no interior da lanterna (chapas de cobre, interruptores, contatos) com as atividades anteriores. A maioria dos alunos consegue de maneira bem rápida explicar como a lanterna funciona.

## 3.6. Os Estados da Matéria

### 3.6.1. Gás em um Balão

#### **Materiais por grupo**

- balão
- garrafa plástica de 2 litros
- garrafa plástica pequena
- vinagre (aprox. 50 ml)
- fermento químico (1 colher de sopa)

#### **Procedimento**

##### **Parte 1**

1. Vestir a boca da garrafa grande (sem a tampa) com a boca do balão vazio (fig.3.19).



Fig 3.19: balão preso a uma garrafa.

2. Prever o que ocorrerá ao se apertar a garrafa e anotar.
3. Apertar a garrafa e anotar o que se observa.
4. Propor uma explicação ao que foi observado.

## Parte 2

1. Colocar o vinagre na garrafa pequena.
2. Colocar o fermento dentro do balão vazio.
3. Vestir a boca da garrafa com o balão com fermento, sem derramá-lo.
4. Virar o fermento para dentro da garrafa. Descrever o que se observa (fig.3.20).
5. Explicar o que ocorreu nesta parte. Relacionar com o que foi observado na primeira parte.



Fig. 3.20: balão em garrafa com vinagre e fermento.

### Notas

- Ao se apertar a garrafa com o balão preso à sua boca, este irá inflar. O ar do interior da garrafa passa para o interior do balão.
- A mistura de vinagre e fermento gera uma reação química, com liberação de dióxido de carbono.

- Nos dois casos, o balão infla com gases, a diferença é que, no segundo caso, o gás não existia antes da experiência ser realizada, foi produzido pela reação química.
- Lembrar aos alunos que o gás, na segunda parte, não surge do nada. Parte do vinagre e do fermento se transforma no dióxido de carbono.

### 3.6.2. Densidades de Líquidos

#### **Materiais por grupo**

- 5 recipientes (garrafas ou copos) pequenos e transparentes
- óleo de cozinha ( máximo 100 ml)
- aprox. 100 ml água com tinta guache (bem diluída, de qualquer cor, menos amarela)
- aprox. 50 ml glicerina líquida (à venda em farmácias)

#### **Procedimento**

##### **Parte 1**

1. Derramar o óleo na primeira garrafa. Prever o que ocorrerá ao derramar água sobre o óleo. Anotar a previsão.
2. Derramar água sobre o óleo. Observar e anotar o que foi observado.
3. Derramar água na segunda garrafa. Antes de derramar a glicerina, prever o que ocorrerá e anotar a previsão.
4. Derramar a glicerina e anotar o que foi observado.

##### **Parte 2**

1. Prever o que ocorrerá ao se misturar óleo e glicerina na mesma garrafa. Anotar a previsão e justificá-la.
2. Misturar óleo e glicerina na terceira garrafa. Anotar o que foi observado e explicar.

3. Prever o que ocorrerá ao se misturar todos líquidos numa mesma garrafa. Anotar e explicar a previsão.
4. Misturar os líquidos das 3 garrafas numa mesma. Anotar e explicar o que é observado.

### Notas

- Os líquidos usados nessa atividade não se misturam, em um primeiro momento, por causa da diferença de densidade (glicerina é o mais denso e o óleo, o menos denso). Outro fator que influi é a denominada *solubilidade*, que depende da estrutura molecular da substância. Esse fator pode ser ignorado nessa atividade.
- É comum que se atribua ao óleo mais densidade do que à água, enquanto que, na realidade, o que ocorre é o oposto. Isto se deve ao fato de o óleo ser mais *viscoso*, ou seja, não flui com a mesma facilidade que a água. O professor pode explorar essa diferença propondo que as crianças meçam o tempo que uma pedra leva para afundar no óleo ou na água.
- Alguns dos líquidos usados nesta atividade (água e óleo, ou glicerina e óleo) não se misturam. Pode-se usar uma colher para tentar misturá-los, mas após um tempo curto a separação entre eles volta a ser bem visível.

### 3.6.3. Partículas de Sólidos e Líquidos

#### **Materiais por grupo**

- copo de plástico ou papel
- cola branca
- areia (suficiente para metade do copo)
- água
- garrafa plástica de tamanho pequeno

## Procedimento

### Parte 1

1. Encher um dos copos de água. Passar a água para a garrafa. Descrever qual a forma assumida pela água ao ser trocada de recipiente (muda de forma ou não).
2. Repetir o procedimento com areia.
3. Descrever de que maneiras a areia e a água se comportam de maneira semelhante e de que maneiras são diferentes.

### Parte 2

1. Colocar a areia no copo. Derramar a cola sobre ela (mais ou menos um terço da quantidade de areia em cola). Misturar.
2. Deixar a cola secar por dias. Conferir todos dias até toda cola secar (para acelerar o processo, vá rasgando partes do copo de plástico, permitindo que a umidade evapore mais rápido).
3. Quando a cola estiver seca, retirar a areia do copo (fig. 3.21).
4. Descrever como a areia se comporta agora: como a água líquida ou como uma pedra sólida.
5. Propor uma maneira de descrever sólidos e líquidos de acordo com as partículas que os compõem.



Fig. 3.21: areia com cola.

**Notas**

- Se a atividade for feita com copos plásticos, deve-se, aos poucos, abrir os copos, rasgando suas laterais, para permitir que a umidade evapore mais rapidamente. Caso se use copos de papel, que são preferíveis, a umidade passa naturalmente através das laterais do copo. Nos dois casos, deve-se esperar mais de um dia para que a cola seque completamente. Verificar todos os dias até que toda a cola esteja seca.
- A areia se comporta aproximadamente como um líquido: possui volume determinado mas adota a forma do recipiente que a contém. Com a cola seca, a mesma areia passa a se comportar como um sólido: possui forma e volume constantes.
- Essa atividade simula uma diferença em nível microscópico entre sólidos e líquidos: as partículas dos líquidos são muito mais livres para se mover que as dos sólidos. O que as mantém unidas nos sólidos (a “cola” que as mantém grudadas) são forças de natureza eletromagnética. Não há necessidade de se entrar nesse nível de detalhe com os alunos. Geralmente, as crianças se mostram curiosas em saber qual é a “cola” que mantém as partículas dos sólidos juntas. Essa questão pode ser usada como geradora de um projeto a ser desenvolvido pelas crianças a respeito da estrutura da matéria.

## 3.7. Pressão e Empuxo

### 3.7.1. Afunda ou Flutua?

**Materiais por grupo**

- bacia com água
- barra de giz
- folha de alumínio
- outros materiais diversos, como bolinhas de vidro, palitos, isopor, parafusos, etc.

## **Procedimento**

### **Parte 1**

1. Prever quais dos materiais diversos (exceto o giz e o alumínio) irão flutuar e quais irão afundar. Anotar as previsões.
2. Testar os materiais colocando-os na água. Anotar os resultados.
3. Propor uma explicação para o fato de alguns materiais afundarem e outros flutuarem.

### **Parte 2**

1. Prever se o alumínio flutua ou afunda. Anotar a previsão.
2. Colocar o alumínio aberto sobre a água. Observar.
3. Colocar o alumínio na vertical sobre a água. Anotar o que ocorre nas duas situações.
4. Prever se o giz flutua ou afunda. Anotar.
5. Colocar o giz na água. Observar o que ocorre e anotar.
6. Comparar o que ocorreu na primeira parte com os resultados da segunda. Conciliar estes resultados.

## **Notas**

- Nesta atividade, outro fator importante, além da densidade dos corpos, é explorado: a tensão superficial da água. As moléculas de água são fortemente ligadas umas às outras. Por isso, a folha de alumínio, quando colocada na horizontal, não afunda, pois não rompe as ligações entre as moléculas de água. Se colocada na vertical, a folha de alumínio age como uma lâmina, exercendo pressão suficiente para separar as moléculas de água e afundar.
- O giz seco flutua. Porém, a água vai aos poucos penetrando no giz (fato visível, há bolhas saindo do giz) e termina por torná-lo mais denso, fazendo-o afundar.
- Em muitos casos, as crianças tendem a ignorar os casos do giz e, principalmente, do alumínio por não terem uma explicação pronta para

oferecer. O professor não pode aceitar que os alunos não ofereçam alguma forma de explicar os resultados.

### 3.7.2. Construção de um Submarino

#### Materiais

- garrafa plástica pequena com tampa.
- porcas e parafusos.
- mangueira fina.
- cola de silicone.

#### Procedimento

1. Fazer 2 furos em lados opostos da garrafa, mais ou menos à meia altura.
2. Colocar uma ponta da mangueira em um dos furos. Colar com silicone.
3. Colocar algumas porcas e parafusos na garrafa e tampá-la.
4. Colocar a garrafa na água com a mangueira virada para cima (fig. 3.22).
5. Chupar o ar da garrafa para fazê-la afundar. Soprar o ar de volta para fazê-la subir. Se a garrafa estiver pesada ou leve demais, colocar ou retirar algumas porcas.
6. Explicar como funciona o modelo de submarino.

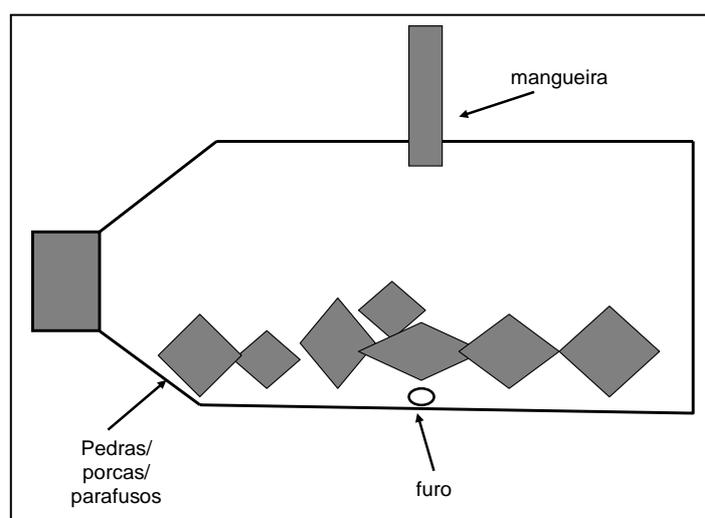


Fig. 3.22: modelo de submarino.

**Notas**

- As porcas e parafusos podem ser substituídas por pedras. Areia é muito fina e pode terminar saindo pelos buracos da garrafa.
- Ao se sugar o ar do submarino pelo cano, a água entra pelo furo e faz com que ele afunde.
- Soprar ar de volta pelo tubo faz com que a água seja retirada do interior do submarino e ele novamente volta à superfície.
- O mesmo mecanismo é usado em submarinos reais.

### 3.7.3. Foguetes de água

**Materiais para a base de lançamento**

- canos PVC (não usar canos de esgoto) de acordo com figura 3.23
- sarrafos de madeira e pregos de acordo com a figura 3.23
- cola para PVC
- bomba para pneu de bicicleta
- 25 cm de aço para construção (espessura 4.2) para usar como ganchos que prendam a base de lançamento ao chão
- câmara de bicicleta (pode ser velha, desde que o ventil esteja funcionando).
- cada aluno deve, também, providenciar uma garrafa plástica de refrigerante (2 litros)

**Procedimento**

1. Montar a base de lançamento, como mostrada na figura 3.24.
2. Encher as garrafas com diferentes quantidades de água.
3. Colocar as garrafas na base de lançamento. Prender usando o gancho de aço, conforme figura 3.25..
4. Bombear o ar para dentro da garrafa até obter uma pressão alta o suficiente.
5. Soltar o gancho.

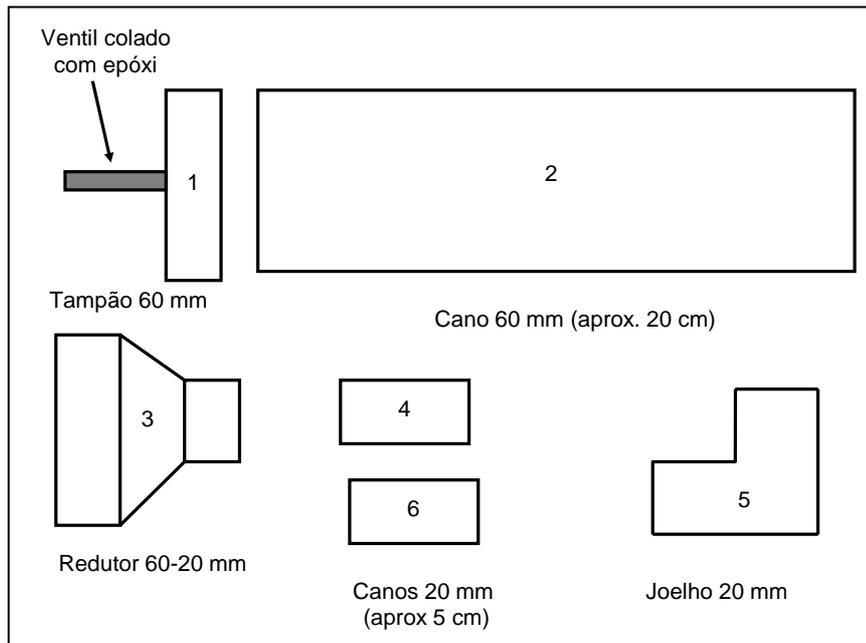


Fig. 3.23: materiais para base de lançamento.

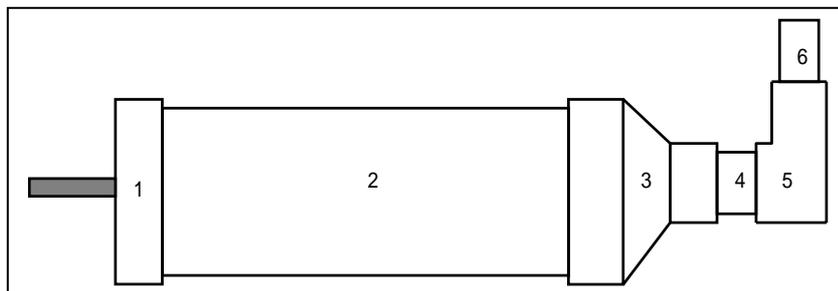


Fig 3.24: base de lançamento pronta.

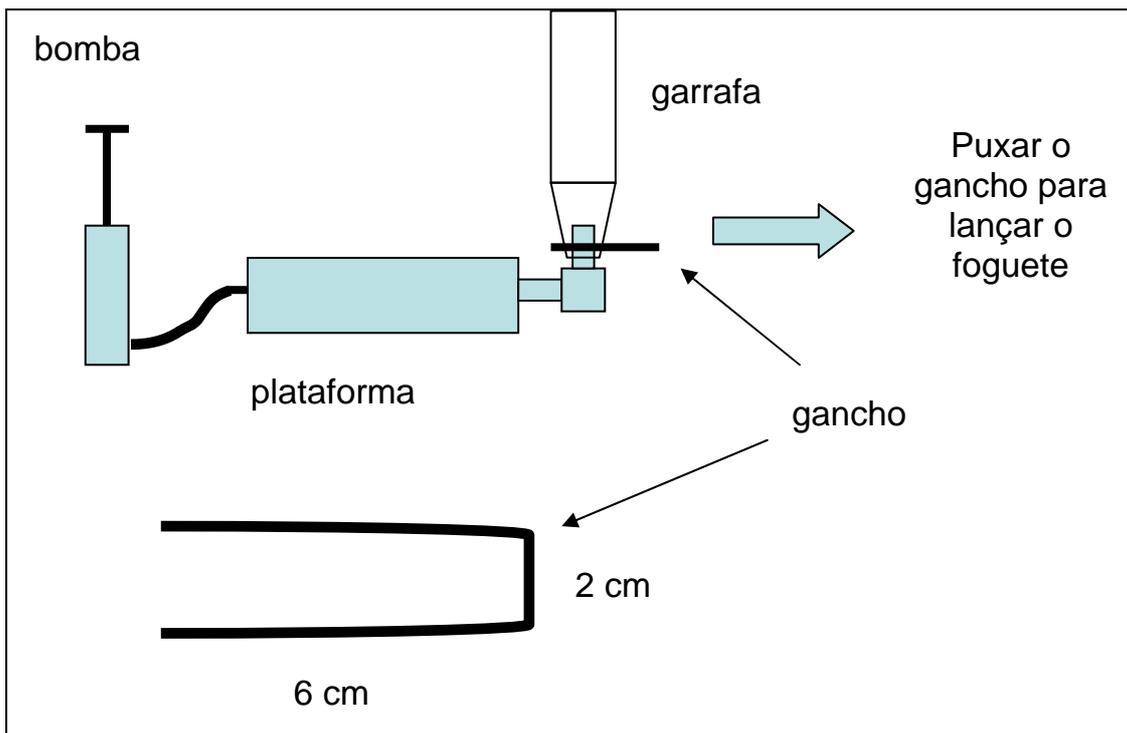


Fig 3.25: posição da garrafa e do gancho.

### Notas

- Não há maneira de se saber exatamente quando a pressão do ar no interior da garrafa é suficiente para lançá-la da base; somente com tentativa e erro os professores podem descobrir quando se deve puxar o gancho. Em geral, quando a pressão é suficientemente alta, aparece um esguicho de água pelo gargalo da garrafa.
- O jato de água para baixo faz com que a garrafa suba, devido ao que pode ser chamado “conservação da quantidade de movimento”, ou “momentum linear”.
- Inicialmente, quanto mais água se coloca na garrafa, mais alto será o lançamento, pois haverá mais água para ser espelida pela garrafa. A partir de uma certa quantidade, porém, o próprio peso da água se torna um fator contrário ao lançamento.
- Esta atividade deve ser feita de preferência no verão, uma vez que o jato de água expelido pela garrafa molha todos os que estão próximos ao lançamento.

## 3.8. Mudanças Físicas e Químicas

### 3.8.1. Como Fazer Chuva

#### **Materiais para demonstração**

- chaleira
- fogão (ou liquinho)
- água
- bandeja larga de alumínio
- gelo.

#### **Procedimento**

1. Encher a chaleira e colocar a água a ferver.
2. Encher a bandeja de gelo e colocá-la aproximadamente 50 cm acima do bico da chaleira (figura 3.26). Observar o que ocorre.
3. Descrever e explicar o que foi observado.

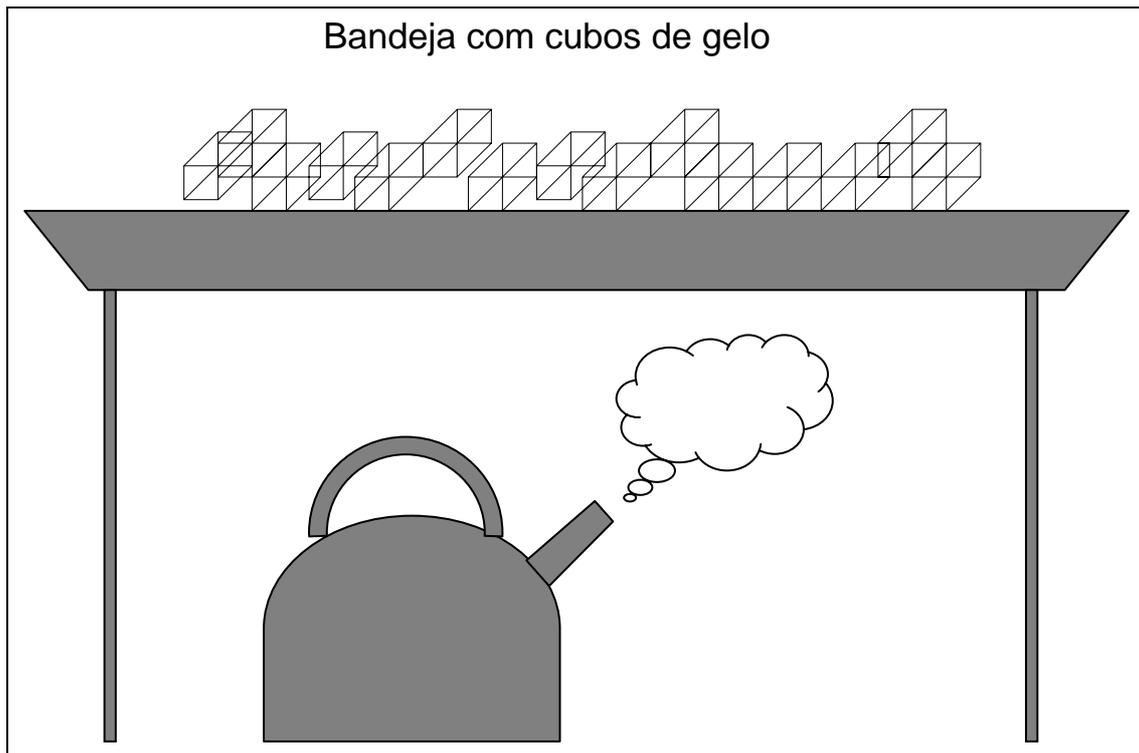


Fig. 3.26: bandeja com gelo.

### Notas

- O vapor de água condensa na parte inferior da bandeja de alumínio, formando gotas. Estas gotas são pequenas demais para cair da bandeja. Somente quando estas gotas se juntam, formando gotas maiores, é que conseguem cair de volta.
- O mesmo processo se dá na formação de uma nuvem. Nuvens não são formadas de vapor de água, mas de água em estado líquido em gotas muito pequenas, que não caem. Estas gotas vão aos poucos se agrupando até atingirem um tamanho suficiente para que caiam de volta ao solo (chuva).

### 3.8.2. Uma Mistura que Derrete - Oobleck

#### Materiais por grupo

- 1 xícara de maizena
- 1 copo de água

- cubos de gelo.

## Procedimento

### Parte 1

1. Adicionar a água à maizena aos poucos, até atingir uma consistência pastosa (aproximadamente o mesmo volume de água e maizena).
2. Derramar a pasta sobre a mão e observar seu comportamento ao ser apertada na mão e novamente solta. Descrever este comportamento e relacioná-lo com uma das mudanças de estado físico. Explicar esta relação.

### Parte 2

1. Segurar um cubo de gelo na palma da mão, da mesma maneira que foi feito com o *obleck* na parte 1, sem apertá-lo.
2. Observar o que ocorre. Descrever e explicar a semelhança com o que ocorreu na parte 1.

## Notas

- O *obleck* comporta-se como um sólido em ponto de fusão. Ao ser colocado na palma da mão, aparenta por um tempo curtíssimo se manter intacto. Porém, logo após começa a escorrer da mesma maneira que água escorre de um cubo de gelo na mão. Apertá-lo faz com que se comporte novamente como sólido.
- A relação direta entre o comportamento do *obleck* e do gelo não surge espontaneamente em muitos casos. O professor deve, nestas situações, discutir e estimular os alunos a apresentar suas próprias idéias, evitando responder suas questões diretamente.

### 3.8.3. Como Fazer Queijo: Mudanças Químicas

#### **Materiais por grupo**

- leite quente (pelo menos ½ litro, a uma temperatura aproximada de 80 °C) em uma caneca ou outro recipiente
- 1 colher de sopa
- vinagre (aprox. 50 ml)
- 1 saco de aniagem limpo
- 1 coador grande

#### **Procedimento**

1. Derramar o vinagre no leite. Misturar com a colher por aproximadamente 1 min. Observar e anotar o que ocorre.
2. Após a reação terminar, cobrir o coador com o saco de aniagem e derramar o conteúdo da caneca sobre ele, para escorrer a parte líquida.
3. Deixar escorrer por um dia. O resultado é um tipo básico de queijo (ricota). Pode ser comido sem problemas.
4. Descrever procedimento e explicar o resultado.

#### **Notas**

- A reação do leite com o vinagre resulta na separação de soro (parte líquida) e coalho (parte sólida que resultará no queijo). O professor pode sugerir aos alunos que tentem misturar estas duas partes novamente para testar se podem produzir leite de novo. Como o que ocorre neste caso é uma reação química, o simples ato de misturar os produtos resultantes não produzirá a substância que se tinha anteriormente.
- Como o tipo de queijo produzido não possui muito sabor, pode-se adicionar temperos, queijo ralado, ou creme de leite. O queijo pode ser, então experimentado com pão ou bolachas.

## 3.9. Forças e Máquinas Simples

### 3.9.1. Como Medir Forças

#### **Materiais por grupo**

- 2 atilhos (borrachinhas de dinheiro)
- régua
- dois blocos de madeira (aprox. 200 g cada) com um gancho
- 2 cliques
- uma tábua de madeira (aprox. 40 cm x 20 cm)
- 5 livros

#### **Procedimento**

##### **Parte 1**

1. Prender um clipe na extremidade de cada atilho (figura 3.27).
2. Suspender um atilho e medir seu comprimento.
3. Suspender um bloco de madeira com o atilho e anotar o novo comprimento.
4. Suspender os dois blocos e anotar o novo comprimento. Calcular as diferenças nos comprimentos (sem nenhum bloco, com um bloco e com dois blocos). Explicar os resultados.

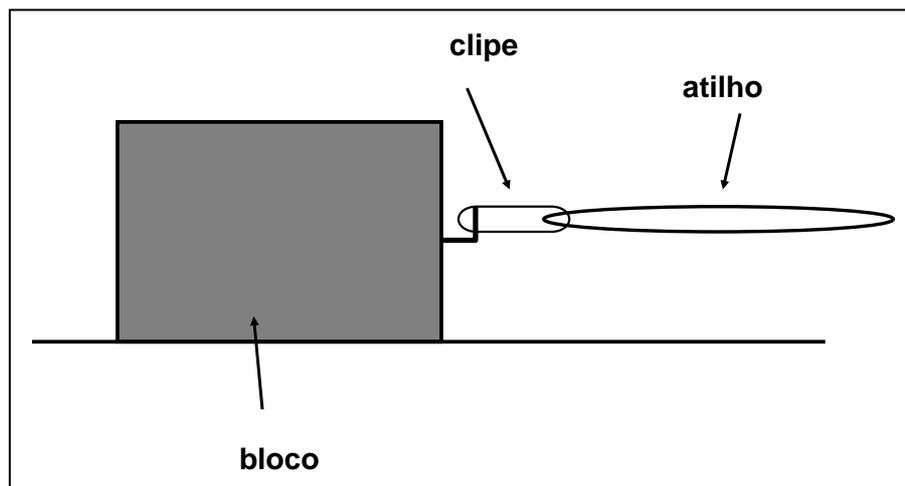


Fig. 3.27: atilho com clipe na ponta e preso ao bloco.

### Parte 2

1. Suspender o segundo atilho no primeiro. Medir o comprimento total.
2. Suspender um bloco. Medir e anotar o novo comprimento. Calcular a diferença para dois atilhos sem o bloco.
3. Repetir com dois blocos.
4. Explicar os resultados nas partes 1 e 2 (diferenças nas variações de comprimento).

### Parte 3

1. Suspender os dois atilhos lado a lado e medir o comprimento.
2. Suspender um bloco e medir o novo comprimento. Anotar e calcular a diferença.
3. Repetir para dois blocos.
4. Explicar os resultados diferentes nas partes 1, 2 e 3.

### Parte 4

1. Colocar a tábua sobre a mesa. Deitar o bloco sobre a tábua e prender o atilho com clipe no gancho (fig. 3.26).

2. Arrastar o bloco lentamente com velocidade aproximadamente constante. Medir o comprimento do atilho nesta situação. Calcular a variação de comprimento e anotar.
3. Colocar dois livros abaixo de uma extremidade da tábua para fazer uma rampa. Arrastar o bloco lentamente, puxando pelo atilho (fig. 3.28). Medir o comprimento do atilho nesta situação e calcular a diferença para seu comprimento normal. Anotar os resultados.
4. Repetir para 4 e 5 livros sob a tábua.

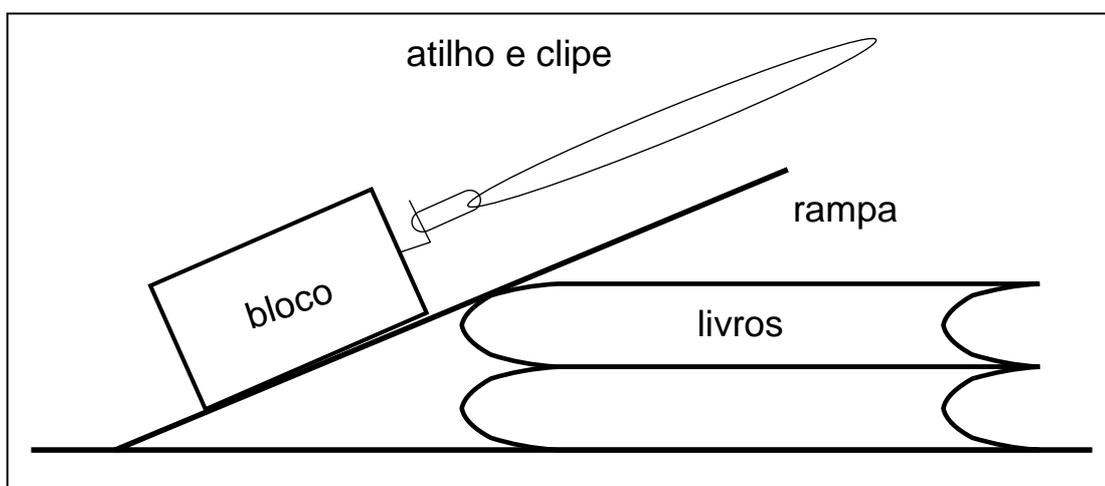


Fig. 3.28: bloco sobre a rampa.

### Notas

- A primeira parte geralmente não cria dificuldades às crianças. O professor deve passar de grupo em grupo para se certificar de que elas estão calculando e anotando as diferenças de comprimento dos atilhos. Em quase todas as situações, as crianças relacionam a variação do comprimento do atilho com a força exercida para suspender o bloco.
- O professor deve também chamar a atenção, ao verificar o trabalho de cada grupo, de que as medidas devem ser coerentes entre si: se na primeira medida, as crianças escolheram incluir o comprimento do clipe, em todas as seguintes também devem incluí-lo.
- Nas partes 2 e 3, o professor deve, novamente chamar a atenção das crianças de que as medidas devem ser coerentes. Deve, também,

lembrá-las de que no relato escrito é necessário que elas apresentem alguma explicação ao que foi observado.

- Na parte 4, em geral, a assistência do professor para realizar as medidas é mais necessária. Para isso, é essencial, como em todas as atividades descritas neste trabalho, que o professor realize as atividades sozinho, ou com assistência de outra pessoa, antes de propô-las aos alunos.

### 3.9.2. Construção de Catapultas

#### **Materiais por grupo ou individual**

Os materiais dependem dos projetos de cada grupo (no máximo 4 alunos por grupo, de preferência pares). Usar preferencialmente madeira pinus, fácil de cortar, pregar e aparafusar. Como elástico para acionar a catapulta, o melhor é usar os manguitos de pressão (usados por médicos para medir pressão arterial).

#### **Procedimento**

Apresentar o maior número possível de ilustrações de catapultas. Se tiver acesso à *internet* em um laboratório de informática, o ideal é programar uma pesquisa sobre o assunto na qual os alunos também escolhem um desenho a partir do qual irão projetar sua catapulta.

#### **Notas**

- O professor deve continuamente lembrar que os projetos têm de ser exequíveis, sem grandes complicações.
- Tarefas como cortar ou furar a madeira devem ser feitas por adultos com experiência no uso de serras ou furadeiras elétricas. Madeiras vendem sarrafos e tábuas cortados nas dimensões determinadas pelo comprador.

Mesmo assim, durante a execução dos projetos, é comum aparecer a necessidade de fazer novos cortes.

- Esta atividade sempre se mostra muito estimulante e significativa. Se o professor não tem afinidade com o uso de ferramentas e construção de aparatos desse tipo, deve pedir assistência de alguém com alguma experiência, mas não deixar de realizar essa atividade.
- O tempo gasto nessa atividade pode se estender por várias aulas. O professor deve reservar um tempo de mínimo de 2 semanas para ela.
- Os alunos devem fazer um relatório explicando como as catapultas foram construídas e seu funcionamento.

### 3.9.3. Máquina a Vapor

#### **Materiais por grupo**

- 2 latas de refrigerante (uma já vazia para ser recortada como um catavento e uma ainda fechada)
- prego

#### **Procedimento**

1. Fazer um furo com prego na parte superior da lata cheia (figura 3.29). Esvaziá-la sem amassar.
2. Mergulhar a lata vazia em uma bacia cheia de água. Enchê-la té mais ou menos um terço com água sem amassar.
3. Cortar a lateral da lata vazia e dobrá-la formando um catavento, conforme a figura 3.29. Prender em um suporte de madeira ou outro semelhante (fig. 3.30)
4. Colocar a lata e o catavento no fogão (pode-se usar liquinho ou bico de bunsen, se disponível), conforme fig. 3.30. Observar, descrever e explicar o resultado.

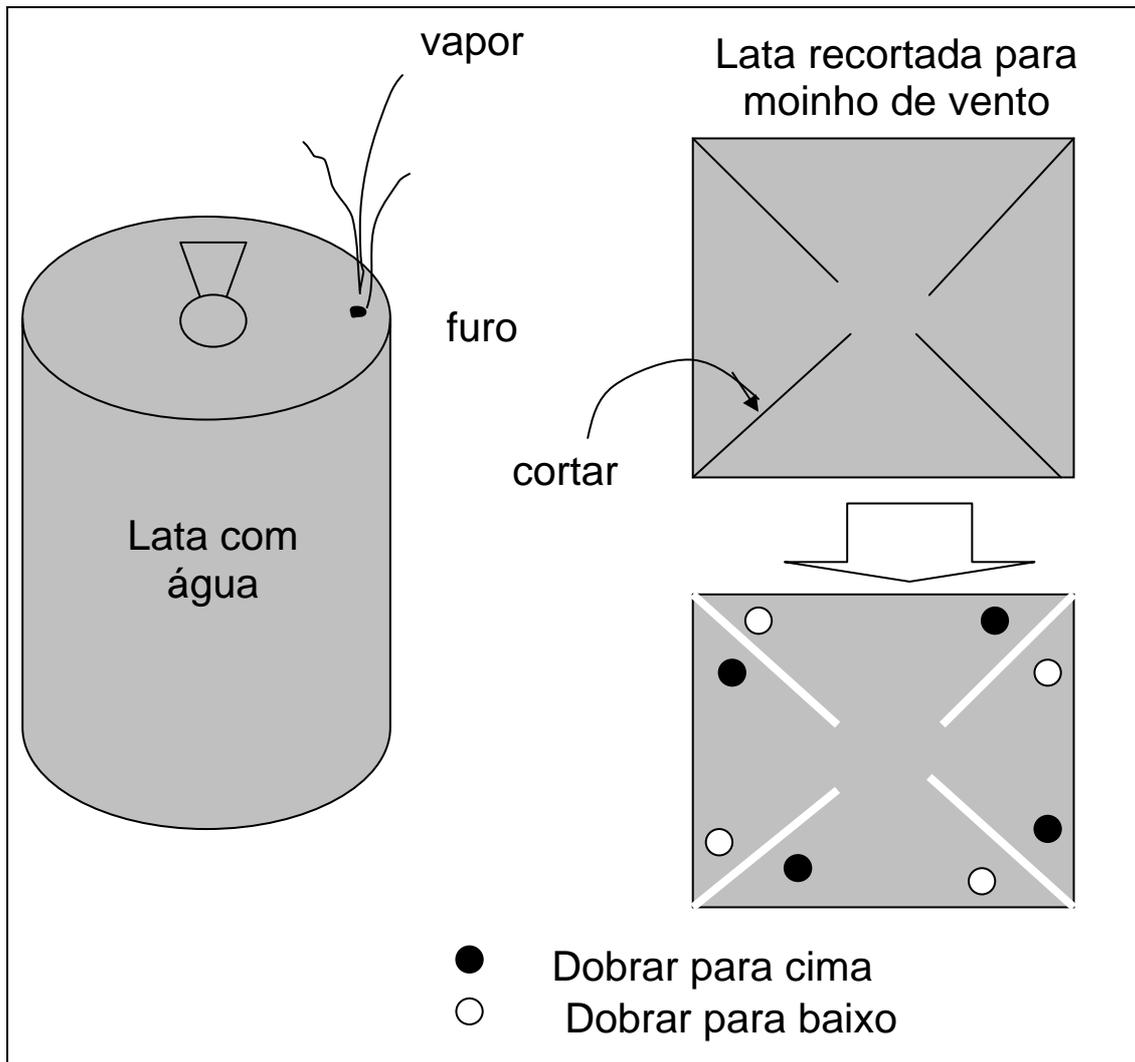


Fig. 3.29: lata como fornalha para máquina a vapor e catavento de alumínio.

### Notas

- Ao ferver, a água sofre uma grande expansão, produzindo o vapor. Este vapor, expelido pelo furo da lata, força o catavento a rodar (princípio de ação-reação).
- Apesar de serem uma invenção muito antiga (os primeiros registros datam da Grécia antiga, com a “máquina de Heron”), as máquinas a vapor são largamente usadas em submarinos e usinas nucleares (o reator serve somente para ferver a água) e usinas termoelétricas (onde o vapor é produzido em caldeiras a carvão, óleo, ou gás).

- As máquinas mais antigas a vapor usavam pistões. Atualmente, usam-se as turbinas a vapor. O modelo construído nesta atividade se assemelha em muito a uma turbina a vapor.

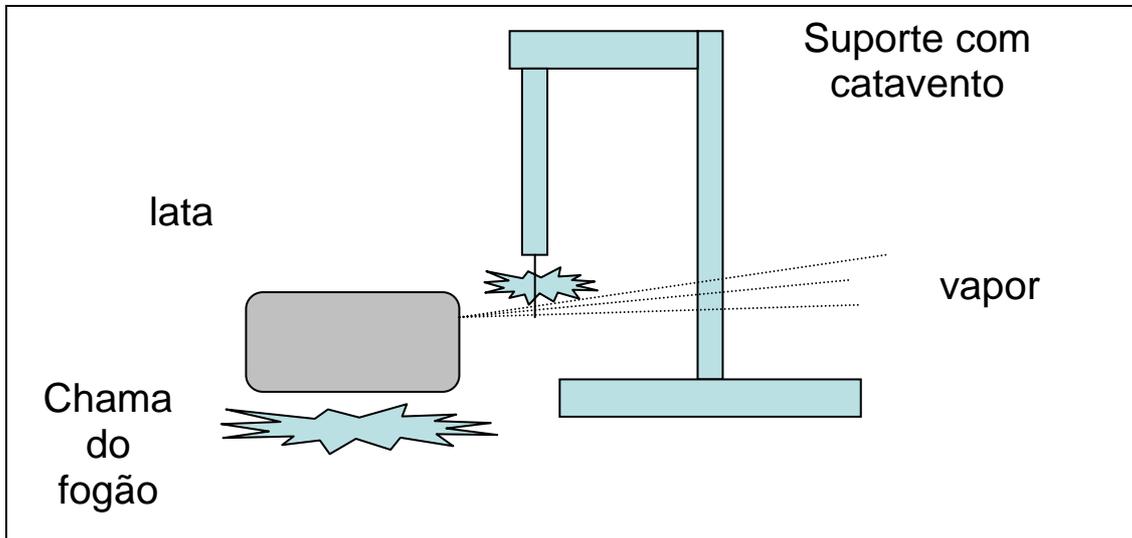


Fig. 3.30: modelo de máquina a vapor sobre um fogão.

## 3.10. Unidades e Instrumentos de Medida

### 3.10.1. Podemos Confiar nos Nossos Sentidos?

#### **Materiais por dupla**

- cronômetro (ou relógio)
- 3 bacias, uma com água quente, outra com água morna, e outra com água gelada
- balança
- materiais diversos (blocos de madeiras, livros, tesouras, etc)

## **Procedimento**

### **Parte 1 – em pares**

1. Um aluno cuida do cronômetro. Outro aluno fecha os olhos e os mantém fechados pelo tempo que considerar ser 1 min. Conferir com o tempo no cronômetro. Anotar os resultados. Trocar de função e repetir.
2. Novamente um aluno cuida do cronômetro e outro pula sobre um pé pelo tempo que considera 1 min. Conferir e anotar o tempo real. Repetir com os papéis trocados.

### **Parte 2 – em grupos de no máximo 4**

1. Sem usar a balança, tentar listar por escrito os materiais diversos (blocos, livros, tesouras, etc) em ordem crescente ou decrescente de massa (quantas gramas cada um possui).
2. Medir as massas de todos os materiais listados e comparar a ordem obtida a partir das medidas obtidas usando a balança com a ordem inicial.

### **Parte 3 – demonstração**

1. Encher uma bacia com água quente, uma com água morna, e uma com água gelada (pode acrescentar cubos de gelo).
2. Escolher um aluno para testar a água quente e outro para testar a água gelada.
3. Cada aluno escolhido mantém a mão na água por aproximadamente 1 min. Após, colocar imediatamente a mesma mão na água morna e relatar se a sente quente ou fria.
4. Anotar os resultados. Explicar a importância do uso de unidades e instrumentos de medida, baseado nos resultados das 3 atividades.

## **Notas**

- Na parte 3, é preferível não avisar que a terceira bacia contém água morna. Somente após os dois alunos terem relatado suas impressões, explicar o que há nesta bacia.

- As crianças sempre querem, após ver os dois alunos fazerem a demonstração, colocar suas mãos nas bacias. Se o número de alunos for grande, o professor pode reservar mais bacias para que todos possam, após a demonstração, realizar a atividade. Porém, é importante que todos acompanhem a demonstração antes.

### 3.10.2. Qual a Medida de Cada Coisa?

#### **Materiais por grupo**

- balança
- objetos previamente medidos pelo professor
- uma tabela com valores de massa encontrados nesta medida mas sem referência a qual objeto possui qual massa

#### **Procedimento**

Completar a tabela com os respectivos objetos para cada massa encontrada. Explicar por escrito qual o procedimento adotado para obter os resultados.

#### **Notas**

- Explicar aos alunos que os valores são aproximados. Pode haver, e quase certamente haverá, diferenças de até 1g entre os valores previamente encontrados pelos professores e os dos alunos. Não há problema nesse tipo de diferença, uma vez que medidas sempre possuem imprecisões. Diferenças de mais de 2 g requerem novas medidas por parte dos alunos.
- Grupos diferentes adotam táticas diferentes. Alguns preferem medir todos os objetos, anotar os valores, e somente então compará-los com os da tabela. Outros preferem medir todos objetos de cada vez até encontrar o valor tabelado. Ao final da atividade, é muito importante discutir as táticas dos grupos.

### 3.10.3. A Velocidade

#### **Materiais**

- Fita métrica
- Fita crepe
- Relógio com cronômetro
- Bolinha de aço ou vidro (ou outro material duro)

#### **Procedimento**

1. Remover as mesas de um canto da sala. Pode-se fazer esta atividade no corredor, se não causar problemas.
2. Medir, a partir da parede, uma distância (3 m, por exemplo). Traçar a linha de partida com a fita crepe no chão (figura 3.31).
3. Traçar uma segunda linha ao dobro da distância da primeira linha (se foi 3 m, a segunda fica a 6 m da parede).
4. Cronometrar o tempo gasto para a bolinha rolar da linha até atingir a parede. O aluno com o cronômetro deve parar ao lado da linha. O cronômetro é disparado quando a bolinha passar pela linha e parado quando se ouvi-la batendo na parede. Todos os alunos devem lançar a bolinha da primeira e da segunda linha.
5. A partir dos dados coletados, cada aluno deve indicar em qual das duas tentativas (3 m ou 6 m) a bolinha estava com maior velocidade e explicar sua resposta, dando uma definição para velocidade.

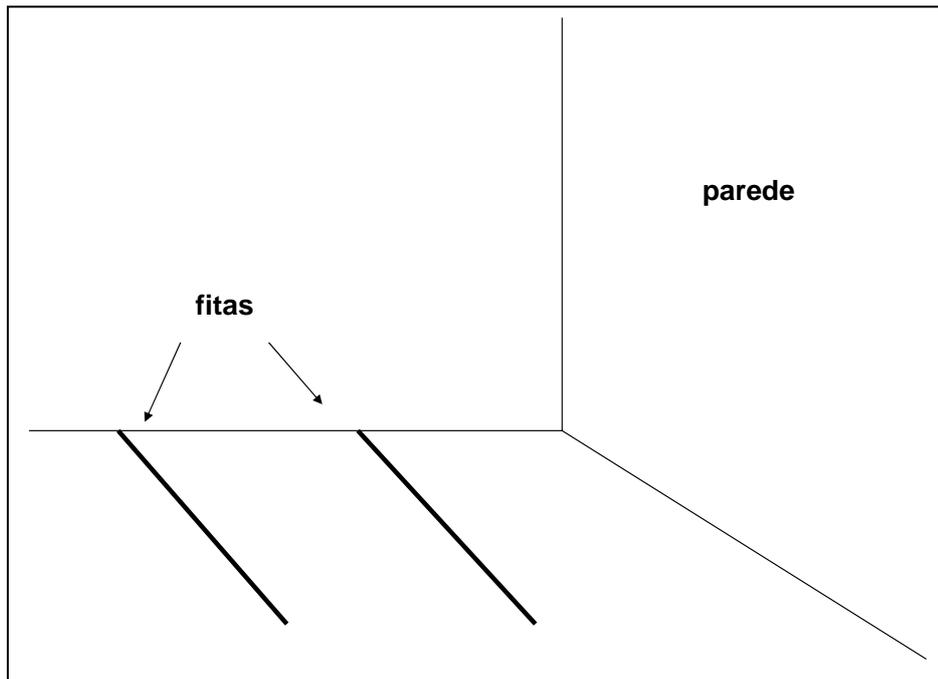


Fig.3.31: medidas de velocidade.

### Notas

- Deixar os alunos treinarem o uso do cronômetro e a intensidade com que devem rolar as bolinhas antes de realmente tirar medidas.
- Fazer rodízio entre os alunos para o uso do cronômetro.
- Se possível, é preferível dividir a turma em dois ou mais grupos grandes, cada qual com seu cronômetro, para fazer as medidas.
- Em geral, as crianças definem velocidade como “o quanto um objeto se move rapidamente”; este tipo de definição é suficientemente bom para a idade a que esta atividade é proposta.
- Algumas crianças ainda preservam uma visão egocêntrica a respeito da velocidade: ao invés de analisar os resultados obtidos com as medidas, respondem que em um dos lançamentos a bolinha estava mais veloz “porque eu atirei com mais força”. Outra resposta comum é achar que no percurso mais curto a bolinha anda mais devagar “porque tem menos espaço para ganhar velocidade”. O oposto também aparece em muitos casos. As discussões em grupo e de toda a classe podem levar essas crianças a rever seus pontos de vista. Outra possibilidade é o professor

auxiliar estas crianças a fazer novas medidas e refletir a respeito dos resultados à medida que eles apareçam.

### 3.10.4. Temperaturas Negativas

#### **Materiais por grupo**

- copo plástico
- gelo (suficiente para encher o copo)
- sal de cozinha (aprox. 5 colheres de sopa)
- termômetro.

#### **Procedimento**

1. Encher o copo com gelo e colocar o termômetro. Medir a temperatura após alguns minutos. Anotar.
2. Separar o sal para derramar diretamente sobre o gelo no copo. Prever por escrito o que espera que aconteça.
3. Derramar o sal sobre o gelo. Observar o termômetro e descrever o que ocorre.
4. Explicar o que ocorreu.

#### **Notas**

- Ao se derramar o sal sobre o gelo, este dissolve o sal, um fenômeno que absorve calor. Assim, a temperatura do conjunto gelo e sal cai para abaixo de 0 °C.
- Novamente, é essencial que o professor realize esta atividade anteriormente, para ter certeza da quantidade de sal a ser derramada, a melhor posição para colocar o termômetro, e o tempo para que a temperatura caia (que é de pouquíssimos segundos).
- É bom manter mais gelo e sal para refazer a atividade com alunos que não tenham observado o resultado (o processo é rápido e muitas crianças não prestam atenção no momento).

- É comum, em países onde há muita neve, derramar-se gelo sobre as estradas para evitar que surja uma camada fina de água sobre o gelo, o que tornaria as estradas muito escorregadias.
- Para complementar esta atividade, pode-se mostrar que, derramando sal em um cubo de gelo sobre o qual se deita um barbante, faz-se o gelo congelar novamente, prendendo o barbante, que pode ser usado para suspender o cubo no ar.

## Capítulo IV – Resultados e Discussão

Neste capítulo são apresentados e comentados os resultados obtidos durante a aplicação das atividades sugeridas no capítulo III. Muitas dessas atividades foram desenvolvidas repetidas vezes com alunos de 7 a 10 anos ao longo de até cinco anos. Outras foram incorporadas ao currículo no último ano e testadas uma única vez. Nos relatos dos resultados de cada atividade haverá referência a este respeito.

As tabelas 3.3, 3.4 e 3.5 têm sido usadas como referência na avaliação individual de cada aluno para fins da escola e não têm relação com os resultados descritos neste capítulo. Esses resultados descrevem de maneira geral o que foi observado durante e após cada atividade em diferentes turmas, sem se restringir a um grupo selecionado de alunos.

Para fins de ilustração, são mostrados exemplos de relatos (escritos ou em forma de desenho) de alguns alunos. Porém, a maior parte dos resultados que constam neste capítulo foram obtidos durante as discussões entre os alunos e com o professor.

### 7 e 8 anos

#### Atividade 3.1.1. Condutores e Isolantes Térmicos

Esta tem sido tradicionalmente a primeira atividade proposta aos alunos de sete anos e costuma ser a primeira experiência dessas crianças com Física. O manuseio do material é simples e os resultados são de fácil compreensão; não presenciei nenhum caso, até o momento, de crianças que demonstrem não ter compreendido a atividade, ou que não tenham conseguido tirar alguma conclusão bastante coerente com o que foi observado.

Como a atividade é rápida, sobra tempo suficiente para que as crianças elaborem um relatório em papel. É pedido às crianças que representem a experiência com desenhos, incluindo os nomes dos materiais usados e as temperaturas observadas. As teorias propostas pelas crianças para explicar os resultados são discutidas oralmente. A proposta de que o isopor aqueça a água aparece com frequência. Quando isto acontece, ao ser proposta a segunda parte, a maioria dos que haviam proposto essa teoria percebe que sua proposta não se sustenta e revê suas posições.

Em todas as turmas com que trabalhei, um grupo ou uma criança individualmente termina propondo que a água esfria ou esquenta porque há energia entrando ou saindo dos copos. Esta teoria não surge, em geral, espontaneamente, vem de alguma experiência prévia deste grupo ou desta criança, que pode ter sido simplesmente ter visto uma ilustração de algum livro ou revista. Peço a esse grupo ou essa criança, então, que desenhe(m) no quadro-negro o que pensa(m) e explique(m) aos demais. Invariavelmente, o desenho inclui setas ou ondas entrando e saindo de um copo e este modelo é adotado por quase toda a turma na hora de desenhar seu relatório.

As figuras 4.1 e 4.2, desenhos elaborados por dois grupos de crianças de 7 anos de uma mesma turma, mostram, respectivamente, os resultados da pré-atividade e da primeira parte da atividade em si. Nesse dia em particular, foi necessário repetir a pré-atividade, pois vários grupos haviam ficado confusos com os resultados, e não houve tempo para que as crianças elaborassem um relato ou desenho referente à segunda parte.

O desenho 4.1, da pré-atividade, é um exemplo de relatório apenas parcial, os dados estão bem identificados, porém não há referência sobre o quê exatamente foi medido. A inclusão dos copos com água junto aos termômetros seria suficiente. Já o desenho da primeira parte é um tanto mais vago: não há representação de termômetros e somente a lata de alumínio está claramente representada, embora a conclusão final à questão proposta (qual material é isolante e qual é condutor) esteja explícita junto aos valores finais de temperatura, evidenciando de onde esta conclusão foi tirada.

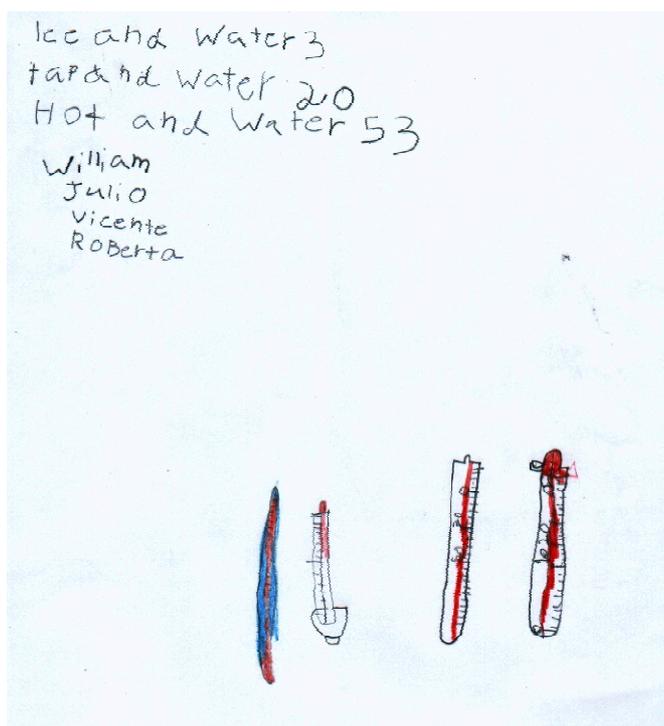


Figura 4.1: relato em forma de desenho descrevendo a pré-atividade.

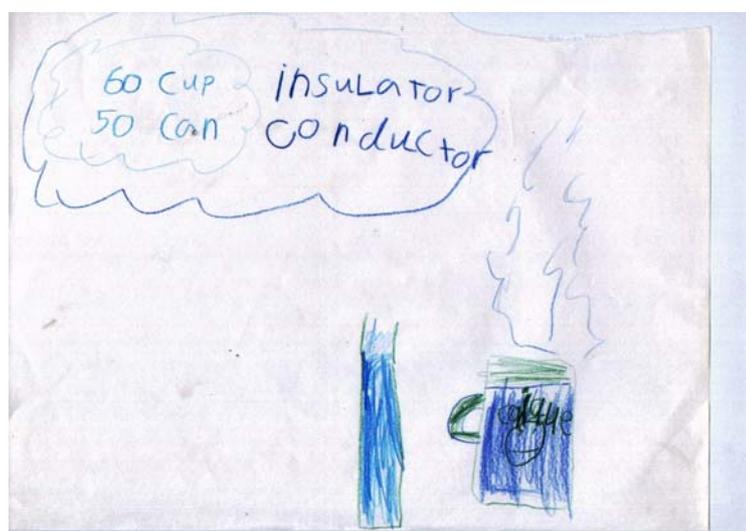


Fig. 4.2: desenho feito por alunos descrevendo a primeira parte.

Ambos relatórios evidenciam o quanto crianças de sete anos ainda preservam uma perspectiva egocêntrica. A falta de detalhes importantes para a compreensão de como foi realizada a atividade é resultado da impressão que a

criança ainda tem de que aquilo que é óbvio para ela deve ser óbvio para as demais pessoas. Esse tipo de situação é constante nessa idade e, pela experiência que tenho tido, pode perdurar até durante a adolescência e idades maiores. O professor não pode, portanto, ignorar essas omissões e deve, sempre, oferecer à criança a oportunidade de refazer seus relatórios. É claro que, inicialmente, deve-se adotar uma postura mais condescendente e, com o tempo, aumentar o grau de exigência.

#### Atividade 3.1.2. Movimentos do ar quente

Essa atividade, da forma como está descrita, foi realizada uma vez. Parte dela já vinha sendo realizada há cinco anos. O mais comum tem sido associar a ascensão do calor à fumaça. Mesmo após realizar a segunda parte (na qual se pendura a espiral sobre uma lâmpada), as crianças permanecem com essa impressão inicial. Antes de realizar a terceira parte, as crianças geralmente não esperam ver o saquinho de chá se levantar da mesa. Porém, após esta experiência final, algumas se mostram bastante convencidas de que o ar quente sobe, independente de haver fumaça ou não.

O fato de muitas crianças permanecerem com a impressão inicial, porém, mostra o quanto elas tendem simplesmente a descartar resultados que contradigam suas teorias.

#### Atividade 3.1.3. Construção de um coletor solar

Essa atividade, que foi proposta em duas ocasiões, produz resultados extremamente desiguais: algumas crianças se mostram entusiasmadas pela possibilidade de construir elas mesmas um equipamento a ser usado em experiências, enquanto que outras demonstram receio de fazer qualquer coisa por conta própria e simplesmente não trazem o material para construir seu coletor, ou

já trazem um pronto de casa, feito pelo pai ou pela mãe. Estes casos nunca excederam três ou quatro crianças, em grupos de aproximadamente quinze.

Nesse tipo de atividade, a coordenação com os demais professores da turma é ainda mais necessária, pois esses professores, por ter contato diário com as crianças, têm mais condições de lembrá-las que devem providenciar os materiais. Nos casos das crianças que efetivamente participam da atividade, o resultado é invariavelmente significativo: essas crianças são capazes de explicar de maneira bem coerente como seus coletores funcionam: refletindo a luz do Sol sobre a lata, fazendo que seu interior esquente.

#### Atividade 3.1.4. Luz e Calor

Essa atividade, que vem sendo repetida há quatro anos, só é realizada algumas semanas após a atividade de condutores e isolantes. Esse procedimento é feito para evitar a repetição de duas atividades muito semelhantes em um curto intervalo de tempo e possibilitar que as conclusões tiradas da primeira atividade sejam repensadas ao longo de outros tipos de situações.

O modelo de ondas e setas reaparece espontaneamente para a maioria das crianças e as demais voltam a adotá-lo após as discussões entre os grupos. Embora as crianças reconheçam rapidamente que o copo com alumínio reflete a luz e o preto a absorve, não chegam a ligar o preto à ausência de luz refletida. Nas discussões entre os grupos fica evidente que preto, na perspectiva das crianças, é uma cor como qualquer outra e não a ausência de cor, por meio de expressões como “refletir o preto”.

As figuras 4.3 e 4.4 mostram dois relatórios, novamente desenhos, com os valores obtidos. O primeiro (fig. 4.3) é bastante completo, deixa claro que as ondas que saem da lâmpada são “energia” e qual é o copo com alumínio (prateado) e qual o pintado de preto.

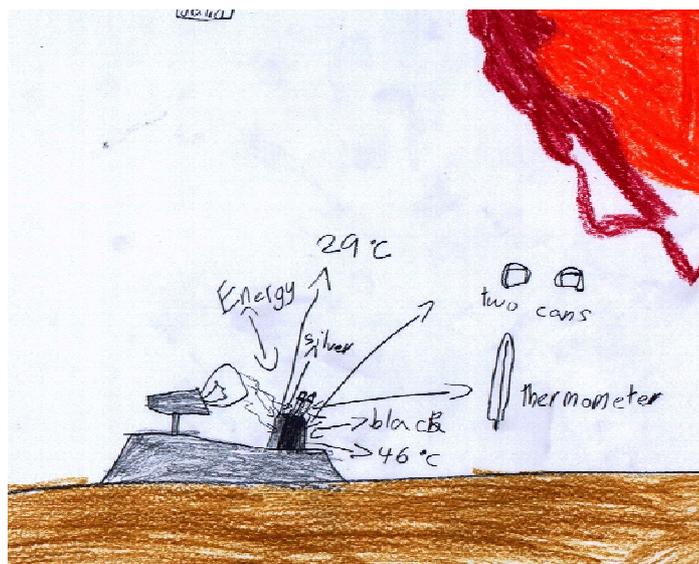


Fig. 4.3: exemplo de relatório completo desta atividade.



Fig. 4.4: exemplo de relatório incompleto da atividade.

Já o segundo relato (fig. 4.4) apresenta lacunas na descrição da atividade e seus resultados: não fica claro qual a diferença entre os dois copos, o termômetro não é reconhecível nem está indicado como tal e os resultados não especificam em

qual copo se obteve qual temperatura. Ambos relatos foram elaborados por crianças de 7 anos de uma mesma turma.

#### Atividade 3.2.1. Construção dos Filtro de Cor

Invariavelmente, essa atividade (já realizada em duas oportunidades) dura dois ou três períodos de cinquenta minutos, até que todos os grupos tenham construído os filtros e pintado as folhas. A expectativa mais comum das crianças é que haja adição de cores, ou seja, que colocar o filtro amarelo sobre a folha azul resulte na cor verde, por exemplo. A não observação deste tipo de resultado leva, a princípio, as crianças a ignorar o que vêem (que o resultado é preto ou muito próximo do preto) ou a salientar o fato de haver uma cor escura, um púrpura quase preto, mas ainda assim há uma cor.

Em geral, essa atividade não produz consenso sobre seus resultados e as tentativas de explicar o que é observado são poucas. Essa atividade é lembrada espontaneamente ao fim do estudo de luz, cores e sombras como “um mistério não resolvido” (palavras literais de uma das crianças) e, portanto, possui um bom potencial como geradora de questões para pesquisa.

#### Atividade 3.2.2. Construção de um periscópio

Essa atividade só foi realizada uma única vez. Repetindo o que ocorre na construção do coletor solar, muitas das mesmas crianças novamente não providenciaram os materiais. As demais demonstram entusiasmo e interesse em explicar por que a imagem do periscópio não é invertida. Algumas crianças conseguem entender o porquê rapidamente, enquanto que outras tentam propor teorias criativas, desde “a imagem é desinvertida quando passa dentro do cano”, até “a imagem não é invertida quando se segura o periscópio para cima; se segurar para baixo, a imagem fica invertida”. A melhor forma para se reverter estas teorias tem sido deixar as crianças que conseguem entender o funcionamento do periscópio explicá-lo às demais.

### Atividade 3.2.3. Somando Cores e Sombras Coloridas

Essa atividade já foi realizada duas vezes. Uma das questões mais comuns entre crianças de sete anos é por que as sombras são preto-e-branco. Essa atividade propõe mostrar que sombras podem ser coloridas também.

Não houve nas minhas aulas até hoje um caso em que alguma criança tenha se dado conta que as sombras coloridas aparecem nos mesmo lado do respectivo retro projetor (por exemplo, a sombra verde aparece à esquerda se o retroprojetor com filtro verde estiver à esquerda), o que poderia levá-la a descobrir porque aparecem sombras coloridas. O resultado mais frutífero dessa atividade é que algumas crianças passam a demonstrar um ponto-de-vista menos animista a respeito das sombras e as vêem mais como um fenômeno passivo e não como um ente dotado de vontade.

A atividade da adição de cores é rápida e geralmente as crianças esperam resultados semelhantes aos observados (superposição de cores, embora não predigam exatamente quais cores são produzidas por cada combinação). A colocação de dois filtros no mesmo retro projetor, ao final, traz de volta a mesma questão levantada na atividade da construção dos filtros e, novamente, as crianças admitem ser incapazes de resolvê-la. Mesmo assim, a atividade é relevante para crianças de séries iniciais por propor a observação de resultados que causem desconforto com relação às concepções dessas crianças e também por poder gerar questões para projetos.

### Atividade 3.3.1. O que são ímãs

Essa atividade foi realizada uma única vez da maneira que está descrita no capítulo 3; em outras oportunidades, alguns dos experimentos descritos nela foram propostos separadamente para crianças de 7 anos. O funcionamento do eletroímã é, sem dúvida, muito complicado para uma criança de 7 ou 8 anos. Por isso, não tenho gasto muito tempo discutindo esse ponto nas aulas. Além disso, as crianças não têm mostrado desconforto ante o fato de não saberem como

se pode criar um ímã com pilhas, fios e barras de aço. Ao final das discussões que seguem as atividades, todas as crianças têm conseguido descrever que os ímãs atraem alguns metais (aos quais elas geralmente se referem como “ferro”, qualquer que seja a composição) e que possuem um alcance limitado, porém capaz de transpor barreiras (copo).

As atividades que as crianças propõem geralmente se referem a testes que podem ser feitos: se os ímãs funcionam debaixo d’água, qual o maior número de objetos que se pode pendurar em um ímã, por exemplo. Essa unidade gerou algumas questões para projetos de pesquisa, envolvendo a origem da palavra “magnet” e o uso de ímãs no dia-a-dia.

#### Atividade 3.3.2. Quem é atraído pelo ímã

Nessa atividade, que vem sendo repetida há quatro anos, as crianças necessitam, primeiro, prever quais objetos serão atraídos pelos ímãs, escrever suas previsões (em geral, desenhar quais objetos elas acham que serão atraídos e quais não serão) e, após, testar suas previsões. Essa atividade é bastante rápida e, em algumas vezes, foi feita ao final de alguma atividade anterior. Novamente, as crianças se referem a metais como sendo “ferro” e, comumente, não consideram alumínio nem cobre como pertencendo a uma mesma classe que o ferro ou aço. O fato de alumínio e cobre não serem atraídos por ímãs reforça esta visão.

#### Atividade 3.3.3. Qual o alcance e a intensidade de um ímã

Essa atividade foi realizada em dois anos consecutivos. A figura 4.5 mostra as medidas feitas por um grupo de crianças do alcance de diferentes tipos de ímãs usando uma folha com desenhos representando régua. A figura 4.6 mostra o gráfico de barras, elaborado por outro grupo da mesma turma, indicando o número de cliques que alguns ímãs foram capazes de pendurar. A elaboração dos gráficos sempre é lenta e requer, em quase todos os casos, que eles sejam refeitos mais de uma vez, pois as crianças falham em manter uma escala fixa e

terminam por montar gráficos com dados muito dúbios. Isto demonstra o quanto é necessário o treinamento desse tipo de atividade.

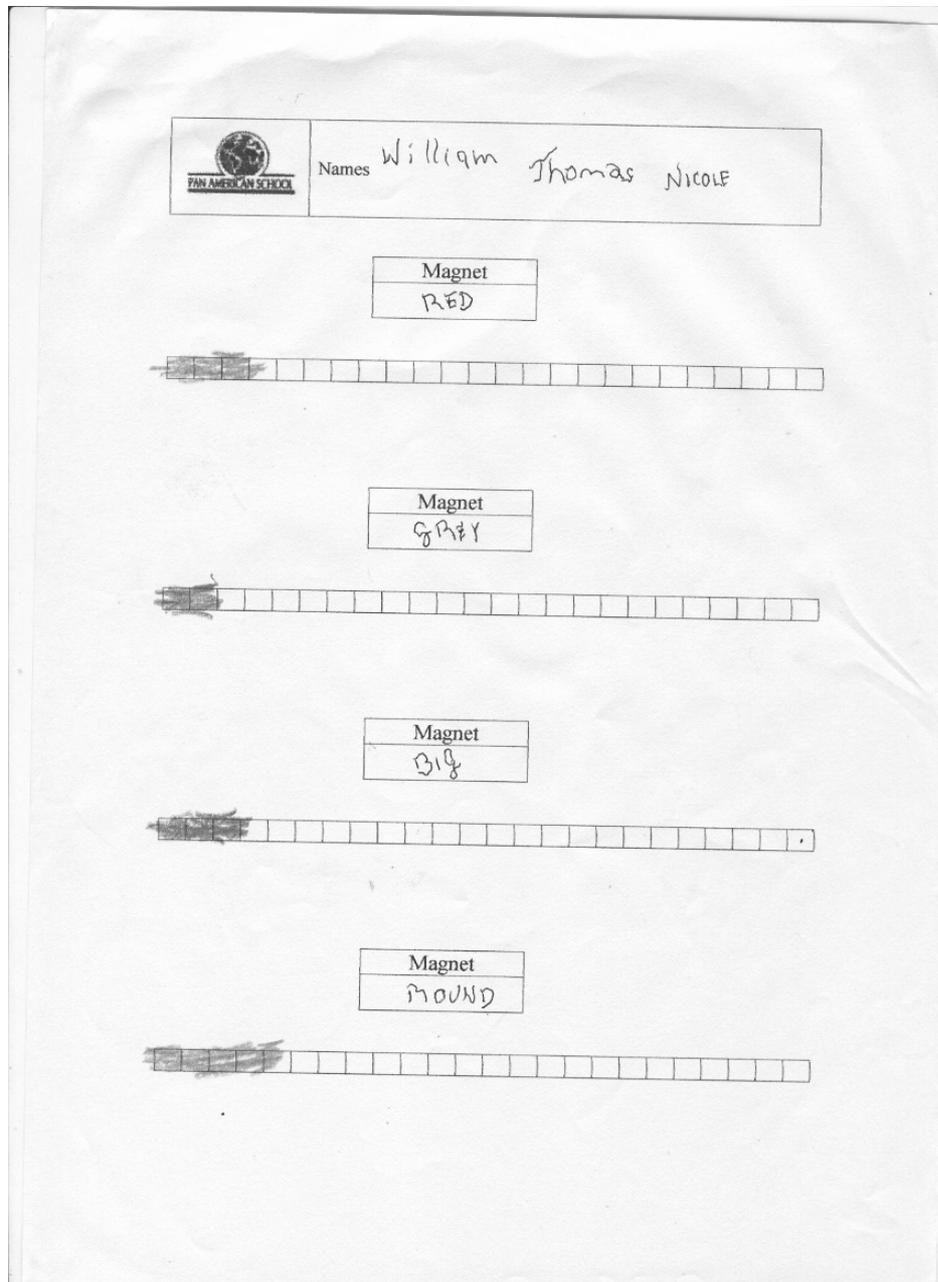


Fig. 4.5: medidas do alcance de diferentes ímãs

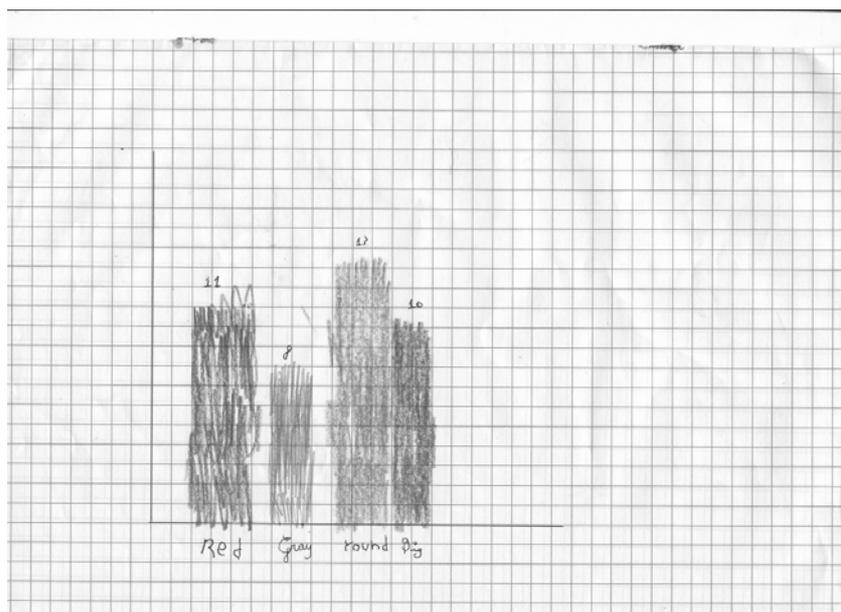


Fig. 4.6: gráfico de barras representando o número de cliques que cada ímã é capaz de suspender.

Fica evidente que, para as crianças de 7 e 8 anos, fazer experiência é explorar sem muita coordenação nem planejamento. Vários fenômenos e fatores são explorados simultaneamente e a conclusão tirada não parece possuir muita relação lógica com os fatos observados. Por exemplo, um grupo pode concluir que um ímã é mais forte porque foi capaz de suspender mais pregos que outro, mesmo que o outro ímã tenha apresentado maior alcance, enquanto que outro grupo pode concluir exatamente o oposto, baseado nas mesmas observações e argumentos.

#### Atividade 3.4.1. Água em uma garrafa

Essa atividade foi realizada em quatro anos seguidos. Para a primeira parte, é muito comum surgir inicialmente uma explicação incompleta: “a água não sai porque a tampa está fechada”. Sempre é necessário questionar por que só sem a tampa é que a água sai pelo furo. Em pouco tempo, algumas crianças sugerem que, com a tampa, não há como o ar entrar para que a água saia, embora muitas não relacionem o ar como a entidade responsável pelo que é observado.

A palavra “força” surge com muita freqüência nas discussões dos resultados dessa atividade: “a força da água cria o jato que sai do furo” (na segunda parte), “a força da água é maior no fundo” (para explicar a terceira parte). Embora as crianças não demonstrem abertamente estar pensando em “pressão”, o uso da palavra “força” (desapropriado neste caso) indica que elas já vêem que há uma grandeza física envolvida e que esta grandeza é consequência da existência do ar ao redor da garrafa e da água em seu interior.

#### Atividade 3.4.2. Balão em um freezer

A maioria das crianças atribui um papel central ao *freezer*: o balão perde ar ao ser colocado no seu interior e ganha esse ar novamente quando é retirado. Mesmo não conseguindo explicar como o ar entra e sai do balão, a maioria mantém essa teoria após as discussões. Alguns propõem que o ar simplesmente desaparece, mas em geral descartam esta teoria quando vêem que o balão volta a inflar fora do *freezer*. Quando questionadas se o ar pode encolher ao esfriar, muitos consideram esta hipótese sem sentido e não crêem ser possível. Uma discussão sobre alguns exemplos cotidianos de expansão e contração térmicas (vãos entre lajes de concreto e a porta das geladeiras, por exemplo) leva algumas crianças a rever suas teorias e aceitar que o ar não entra nem sai do balão.

Em muitos casos, as crianças demonstram se basear em invariantes operatórios que contradizem princípios científicos básicos, como a conservação da matéria. Essa atividade evidencia alguns desses invariantes e pode trazer desconforto com relação a eles.

#### Atividade 3.4.3. Foguetes de papel

Essa atividade gera bastante entusiasmo entre as crianças, que ficam mais interessadas em brincar com os foguetes do que em fazer medidas de lançamento. Em uma turma na qual essa atividade foi realizada, não foi possível coletar muitos resultados, devido à grande excitação que os foguetes causaram.

No ano seguinte, a atividade foi repetida em duas aulas, uma em que as crianças ficaram livres para brincar e uma segunda, na qual muitas delas conseguiram observar que, à medida que a direção de lançamento se afasta da horizontal, há um ângulo que permite o alcance máximo e, a partir deste ângulo, o alcance volta a cair.

## **9 e 10 anos**

### Atividade 3.5.1. Quantos watts?

Essa atividade foi realizada uma única vez. Um grupo expressivo de crianças, aproximadamente um terço da turma, não conseguiu completar a atividade. Este grupo, desde o começo, mostrou dificuldade em compreender os procedimentos propostos. Alguns chegaram a declarar não possuir relógio de luz em sua casa, enquanto outros preencheram as tabelas de forma inapropriada, confundindo watts, volts e hertz, mesmo após repetir as medidas. Muitas das crianças desse grupo limitaram-se a preencher a tabela inicial.

O restante da turma, aproximadamente dois terços, realizou a tarefa de maneira satisfatória: completou as tabelas corretamente, apurou o consumo diário de sua casa, preparou uma estratégia para economizar energia e fez um relato correto dos resultados que obteve. Alguns dos comentários feitos por alunos ao avaliarem seus projetos:

- “O consumo diminuiu. O projeto foi um sucesso”.
- “No segundo dia [quando deveria ser testada a estratégia de economia de energia] o consumo foi igual ao do primeiro [dia de consumo normal]. Mesmo assim acho que fiz certo porque o primeiro dia foi um dia em que meu pai e minha mãe viajaram e eu fiquei na casa da minha vó”.
- “No primeiro dia a diferença [nas leituras do relógio de luz, entre o início do dia e o fim do dia] foi 9 [kWh] e no segundo foi 7 [kWh]. Minha conclusão é que meu plano funcionou”.
- “Acho que o consumo no dia [em que deveria se seguir a estratégia de economia de energia] diminuiu porque deixamos a roupa para lavar no outro dia”.

### Atividade 3.5.2. O que é um circuito

Essa atividade já foi realizada em quatro anos seguidos. Quase invariavelmente, os grupos seguem uma mesma rotina de exploração até conseguir fazer a lâmpada acender:

- Tentam encostar a lâmpada em um dos pólos da pilha sem usar o fio;
- A seguir, usam o fio, ligando os dois pólos em curto-circuito, com a lâmpada encostando um dos pólos. Se não acender, repetem o mesmo modelo, mas com os pólos invertidos;
- Encostam a base da lâmpada em um pólo e o fio liga este pólo ao outro;
- Movem o fio da base da lâmpada para a lateral e vêem que a lâmpada acende.

Em nenhuma das turmas que esta atividade foi realizada, as crianças tomaram a iniciativa de rasgar o fio ao meio e usar cada metade para ligar um lado da lâmpada a um pólo da pilha. Quando foi sugerido que fizessem assim, as crianças passaram a relatar que, para que acenda, cada lado da lâmpada deve ficar ligado a um pólo da pilha.

No final, é perguntado o significado da palavra “circuito”. As crianças, então, têm a oportunidade de pesquisar em dicionários e, assim, explicar por que se usa o termo “circuito elétrico”. Após algumas sugestões sem muita coerência (“porque o circuito é elétrico”, por exemplo), algumas crianças são capazes de explicar que o “caminho da eletricidade deve ser fechado”. Algumas crianças propõem que “a energia precisa sair do lado positivo e entrar no lado negativo” ou vice-versa.

### Atividade 3.5.3. Como funciona uma lâmpada

Essa atividade já foi realizada em dois anos. Praticamente todas as crianças explicam a queima da esponja de aço como sendo causada pela energia que sai da pilha. A maioria sempre consegue relacionar a esponja de aço com o filamento da lâmpada.

A questão mais levantada durante as discussões é por que a lâmpada precisa do globo de vidro. As explicações propostas mais comuns são “para evitar choques” e “para manter um gás especial”. Quando questionadas sobre qual a função desse gás, as crianças inicialmente respondem não saber mas, após um pouco mais de discussão, afirmam que o gás serve para evitar que o filamento queime como a esponja de aço.

#### Atividade 3.5.4. Um circuito completo

Essa atividade foi realizada apenas uma vez. As questões mais levantadas pelos grupos foram:

- Por que não se usa o terceiro fio como interruptor?
- Por que o terceiro fio fica quente?
- Por que a lâmpada se apaga quando ligamos o terceiro fio?

As respostas que os grupos propuseram foram:

- O terceiro fio fica quente porque a eletricidade (ou energia) passa por ele sem passar pela lâmpada, por isso ela não acende.
- Não se usa um terceiro fio como interruptor porque ele iria esquentar e queimar.

#### Atividade 3.5.5. Como ligar mais de uma lâmpada

Essa atividade foi realizada uma única vez. A figura 4.7 mostra vários circuitos tentados por um grupo. Na maioria dos casos, as crianças mostraram estar cientes de que deveriam evitar curto-circuitos e criar caminhos fechados para a eletricidade (ou a energia) fluir.

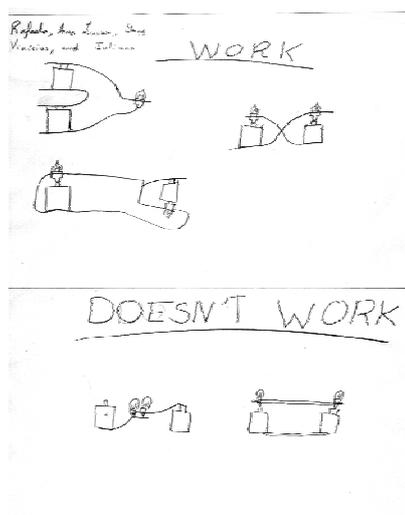


Fig. 4.7: modelos de circuitos tentados por um grupo.

#### Atividade 3.5.6. Como funciona uma lanterna

Essa atividade foi realizada uma vez. Das quinze crianças da turma envolvida, cinco não levaram lanternas de casa, algumas por esquecimento, outras por não terem sido autorizadas pelos pais a abrir uma lanterna na sala de aula (apesar de ter sido enviada para casa uma carta explicando a atividade e a falta de riscos). Algumas dessas crianças trabalharam em pares com outras que trouxeram lanternas e três trabalharam com uma lanterna fornecida pelo professor.

Do total da turma, onze conseguiram relacionar satisfatoriamente a estrutura que visualizaram no interior da lanterna com as atividades prévias. Três crianças tiveram muita dificuldade em descrever o interior das suas lanternas (que eram tão simples quanto as demais) e não fizeram relações significativas com as atividades anteriores. Uma criança não conseguiu sequer esboçar o interior da lanterna, mesmo após ser ajudada pelo professor.

A figura 4.8 mostra o esboço do interior de uma lanterna feito por uma das crianças que conseguiram completar a atividade. A figura 4.9 mostra a tentativa de esboço da criança que não conseguiu compreender o funcionamento da lanterna.

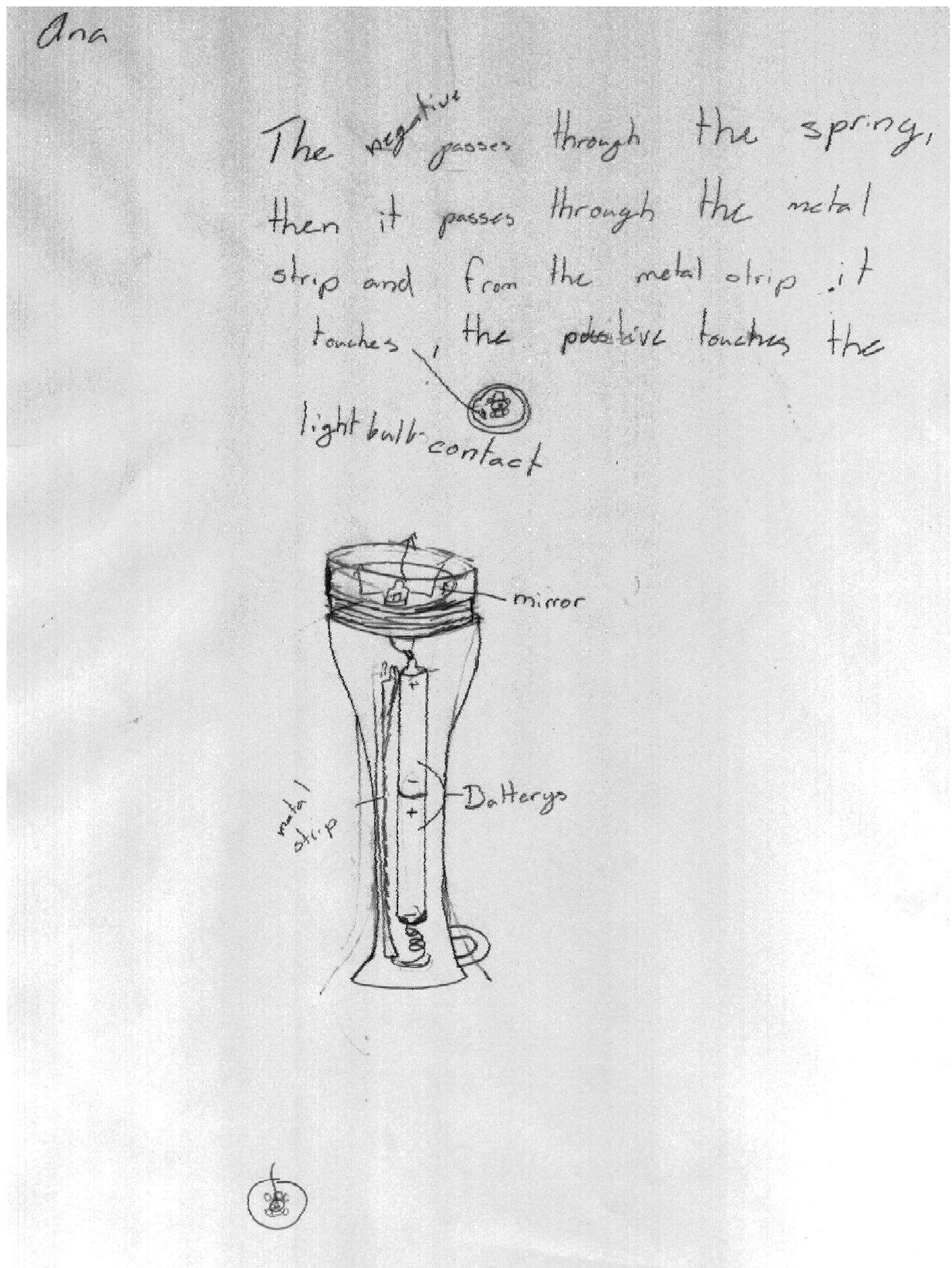


Fig. 4.8: esboço completo do interior e funcionamento da lanterna feito por uma criança.

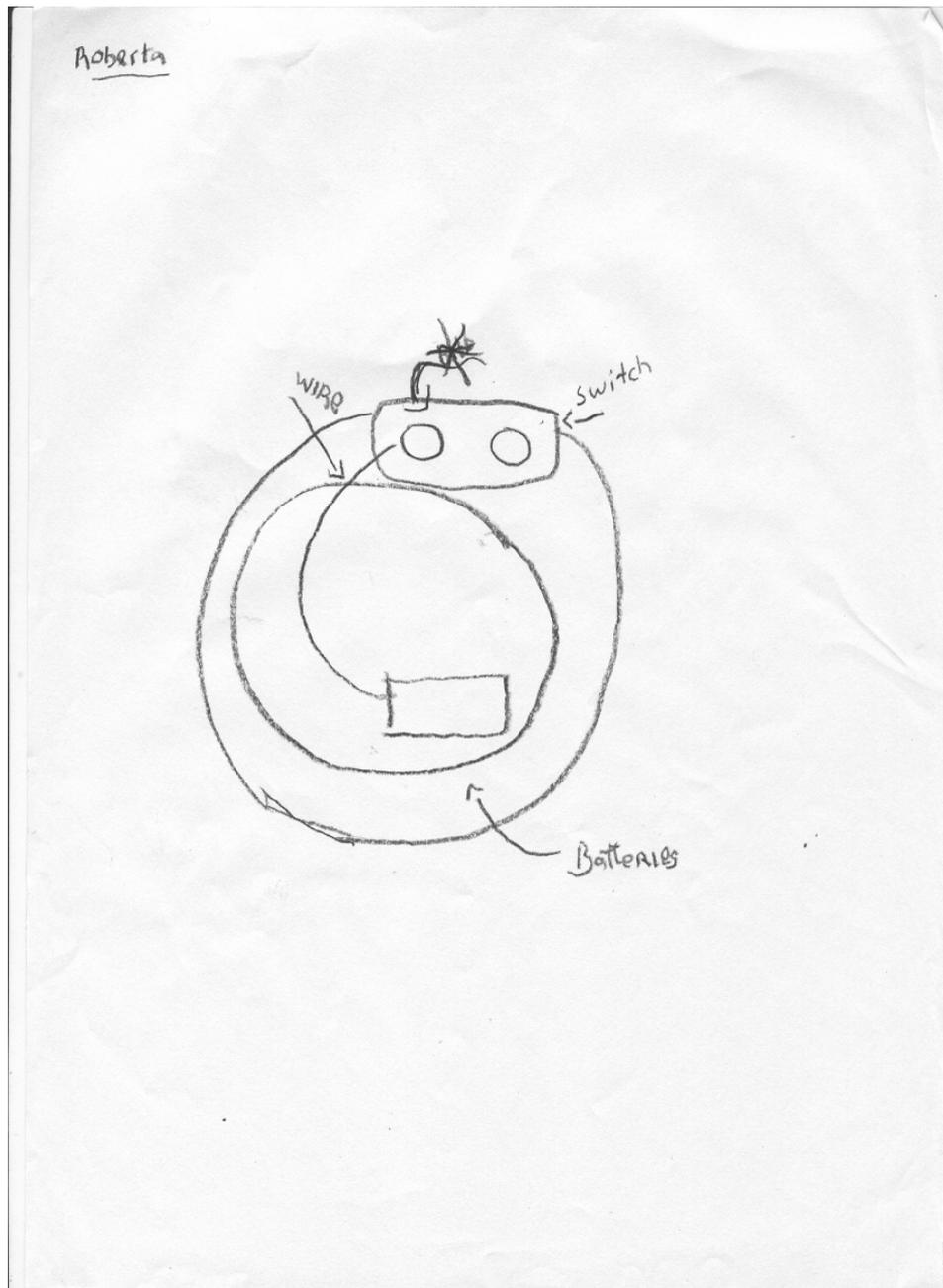


Fig. 4.9: tentativa de esboço feita por uma criança que não conseguiu entender o funcionamento da lanterna.

### Atividade 3.6.1. Gás em um balão

Essa atividade já foi realizada quatro vezes. A primeira parte da atividade não apresentou dificuldade para a maioria das crianças. Mesmo aqueles que, inicialmente, não consideravam essencial haver matéria (ar) na garrafa aceitaram como essencial a presença de ar. As discussões foram curtas e não duraram mais de 2 min.

Na segunda parte ficou evidente que as crianças de 10 anos ou menos não têm uma noção muito clara da conservação da matéria. Na hora de propor explicações para a origem do gás que infla o balão, é comum que surjam expressões como “o gás veio do ar” (embora o balão claramente vede a garrafa), “o gás é criado quando se derrama o [fermento em] pó”. Em nenhum caso, ficou claro que, para se produzir o gás, é necessário que o fermento e o vinagre sejam gastos. Quando questionadas se ainda há a mesma quantidade de vinagre e fermento na garrafa ao final da experiência, as crianças invariavelmente olhavam para a mistura leitosa que restava e respondiam afirmativamente. A seguir, foram então perguntadas como o gás poderia ter surgido do nada. As reações das crianças mostraram, na maioria das vezes, que elas não entendiam de que maneira essa questão poderia ser problemática.

### Atividade 3.6.2. Densidade de Líquidos

Essa atividade foi repetida em quatro anos seguidos. Invariavelmente, as crianças que não supõem que os líquidos se misturam prevêm que o óleo afunda na água, confundindo viscosidade com densidade (já observei a mesma confusão entre adolescentes). Quando essa atividade foi realizada com crianças de 9 anos, a previsão mais comum foi de que os líquidos iriam se misturar completamente. Já entre crianças de 10 anos, apareceu a idéia de um líquido sobre o outro na maioria dos relatos.

As explicações dos resultados invariavelmente apontam na direção da densidade, usando termos como “o mais pesado fica no fundo e o mais leve, em cima”.

### Atividade 3.6.3. Partículas de sólidos e líquidos

Essa atividade já foi repetida em três anos seguidos. O grande resultado dessa atividade tem sido levantar a questão “o que mantém as partículas dos sólidos coladas umas às outras?” A maioria das crianças, ao final da atividade, tem conseguido descrever sólidos e líquidos em termos de suas partículas microscópicas de maneira coerente com o modelo científico, como, por exemplo, “no gelo, as partículas da água estão coladas e o gelo é duro e, na água [líquida], elas ficam soltas como a areia sem cola”.

### Atividade 3.7.1. Afunda ou flutua?

Essa atividade já foi repetida duas vezes. Na maioria dos casos, as crianças propõem uma explicação que, se não faz referência direta à densidade, sem dúvida aponta nessa direção, usando termos e expressões como “peso”, “partículas mais grudadas”, ou “maior número de partículas”. Em um grupo, surgiram termos como “moléculas” e “quantidade de matéria”, a partir da leitura e do interesse de algumas crianças por Ciências em geral.

Na parte 2, todos os grupos se disseram inicialmente incapazes de explicar o que ocorria com o alumínio (na verdade, as primeiras tentativas de explicação eram “circulares”, afirmando, por exemplo, “não afunda porque flutua”). Algumas crianças propuseram que a posição era determinante neste caso. Elas foram, então, questionadas sobre o que esperavam se o alumínio fosse amassado. A resposta mais comum foi “afunda”. A partir deste questionamento, as crianças em geral aceitaram que o fator determinante não é exclusivamente a posição da folha de alumínio. As teorias propostas a partir daí foram novamente “circulares” e, portanto, pouco propensas a discussões.

No caso do giz, a quase totalidade das crianças relacionou a saída de ar à entrada de água e, nas palavras de uma das crianças “a água é mais pesada que o ar e [o giz] afundou”.

#### Atividade 3.7.2. Construção de um submarino

Essa atividade já foi realizada em três anos diferentes. Nas duas últimas oportunidades, poucas crianças não viram imediatamente uma relação entre o funcionamento do submarino e a atividade com o giz. Durante as discussões, todas crianças mostraram conseguir entender, pelo menos parcialmente, como um submarino consegue afundar e emergir novamente. Nos relatórios escritos, apareceram algumas confusões, especialmente não considerar a importância do ar que entra e sai da garrafa.

#### Atividade 3.7.3. Foguetes de água

Essa atividade já foi realizada em quatro anos seguidos. A explicação mais comumente oferecida pelos alunos é “o foguete sobe empurrado pela pressão da água”. Quando questionadas sobre sobre o porquê de se encher a garrafa com água, ao invés de deixá-la simplesmente com ar pressurizado, aproximadamente um quarto das crianças de 9 ou 10 anos de idade não consegue propor nenhuma explicação coerente. Algumas crianças conseguem perceber uma relação entre o fato de a água ser “mais pesada” que o ar e a sua função no foguete. A maioria acredita, inicialmente, que a água tem função “decorativa”, serve só para produzir um jato visível. Nestes casos, propus tentar lançar a garrafa sem água. Ao verem que, assim, a garrafa não é lançada, quase todas estas crianças passam a relacionar a diferença de “peso” da água e do ar como fator importante.

A quantidade ideal de água varia um pouco de acordo com o tipo de garrafa (guaraná, coca-cola, etc). Em todos os casos, é possível às crianças visualizar que, inicialmente, a altura do lançamento aumenta com a quantidade de água e, a partir de uma certa quantidade, a altura volta a diminuir. Praticamente todas as

crianças relacionam esse ponto de altura máxima com uma espécie de ponto crítico, a partir do qual o excesso de peso da água não é compensado mais pelo impulso extra.

#### Atividade 3.8.1. Como fazer chuva

Essa atividade já foi realizada em cinco anos seguidos. Todas as crianças foram capazes de descrever os resultados dessa atividade de maneira coerente, indicando as mudanças de estado correspondentes (evaporação/ebulição e condensação) nos locais apropriados. Aproximadamente metade das crianças foi capaz de relacionar essa atividade com a formação de nuvens e a precipitação posterior, mesmo nos casos em que a turma já houvesse estudado o ciclo da água na aula de estudos sociais. Quando questionadas se, na opinião delas, as nuvens eram formadas de gotas de água líquida ou vapor d'água, uma parcela grande afirmou não concordar que nuvens são formadas por gotas de água, embora tenham observado as gotas na parte inferior da bandeja, que só caíam ao atingir um certo tamanho.

#### Atividade 3.8.2. Uma mistura que derrete – Oobleck

Essa atividade só foi realizada uma vez. Quase todas as crianças mostraram compreender que “derreter é deixar de ficar sólido e ir ficando líquido”. A discussão, a seguir, girou em torno de o que faz o gelo derreter. As primeiras respostas descreveram gelo, simplesmente, como “uma coisa que sempre derrete”. Uma das crianças, então, perguntou se um cubo de gelo ficava derretendo para sempre. A resposta dada por outra criança foi “não, ele vira água”. Perguntei, então, como se faz gelo. Uma criança respondeu “na geladeira”. Questionei se não era necessário pôr nada dentro da geladeira para se produzir gelo e as crianças concordaram que era necessário pôr água. “Água, então, vira gelo na geladeira?”, perguntei. “Sim”, foi a resposta. A seguir, perguntei “por que?”. Uma criança respondeu “porque esfria”. A discussão continuou neste rumo e, no final de mais 1 ou 2 min, a maioria concordava que,

para virar gelo, a água precisa esfriar muito e, ao esquentar de novo, derrete. Ao final, a água que restava dos cubos de gelo foi recolocada no *freezer* para congelar novamente. No dia seguinte, as crianças puderam conferir o gelo que havia sido formado e observá-lo derreter de novo por alguns minutos.

### Atividade 3.8.3. Como fazer queijo

Essa atividade, que já foi realizada em quatro anos diferentes, passou a seguir a anterior para facilitar a compreensão de uma diferença básica entre mudanças físicas e químicas que comumente é destacada por livros de Ciências: as mudanças classificadas como físicas geralmente são mais fáceis de reverter do que as químicas.

Após tentarem refazer leite misturando o coalho com o soro, as crianças aceitaram que não é possível reverter o processo que a adição de vinagre causou no leite. Algumas semanas após essa atividade, o assunto foi lembrado em outra aula e a maioria das crianças espontaneamente apontou diferenças entre mudanças físicas e químicas, citando a atividade em que se fez queijo e a anterior (*oobleck*) como referências.

### Atividade 3.9.1. Como medir forças

Essa atividade, da maneira como está descrita, só foi realizada uma única vez. Porém, parte dela já havia sido proposta em dois anos anteriores. Vários grupos tiveram de refazer suas medidas, alguns por não terem anotado de maneira organizada os resultados e, na maioria dos casos, por não seguir um padrão de medida: inicialmente mediram o atilho sem contar com o comprimento do clipe e, a seguir, mediram o atilho com o clipe. Já com as medidas organizadas, o problema de muitas crianças foi compreender que era necessário ver a diferença no comprimento do atilho. As tomadas de medidas ocuparam a primeira aula inteira. A discussão e elaboração dos relatórios ficaram para a segunda aula.

Nos relatórios, praticamente todas as crianças usaram o termo “força” para descrever o que era medido pelo alongamento dos atilhos. De um grupo de 12 crianças, 5 não foram capazes de explicar de maneira compreensível porque havia diferenças nos comprimentos dos atilhos nas três primeiras partes. Na quarta parte, todas as crianças relacionaram corretamente a intensidade da força necessária para puxar o bloco e a inclinação da rampa.

#### Atividade 3.9.2. Construção de catapultas

Essa atividade já foi realizada em três anos seguidos. O entusiasmo e a dedicação dos grupos mostrou que esse tipo de atividade é muito eficiente como motivadora. Os desenhos propostos pelas crianças foram extremamente criativos e bem planejados. A maioria dos grupos, inicialmente, desejou usar pedras ou tijolos como contrapesos mas, quando as catapultas estavam quase prontas, passou a adotar elásticos, que produzem um efeito melhor. Outros pequenos problemas de execução surgiram no decorrer do projeto e as crianças sempre demonstraram planejar e propor soluções. Espontaneamente, dois grupos realizaram pesquisas sobre a parte histórica e elaboraram relatórios mais completos. O alcance das catapultas variou de 3 a 12 m. Apesar de esta atividade ter se estendido por quase um mês, nenhuma das crianças demonstrou, em momento algum, estar cansada ou desinteressada po causa do longo tempo gasto.

#### Atividade 3.9.3. Máquina a vapor

Essa atividade foi realizada uma única vez. A maioria das crianças, inicialmente, preferiu usar o termo “força” para descrever a ação do vapor. Quando sugeri que havia um termo melhor para descrever o funcionamento do modelo construído, “pressão” surgiu quase imediatamente. Com poucas exceções, os relatórios elaborados descreveram que “no interior da lata a água vira vapor, que faz pressão e sai pelo furinho”.

### Atividade 3.10.1. Podemos confiar em nossos sentidos?

Essa atividade foi realizada, da maneira como está descrita, uma vez. Parte dela já havia sido proposta em anos anteriores. Já ao descrever o procedimento, observei várias crianças afirmando que não era possível se obter medidas confiáveis sem instrumentos apropriados. A parte 2 tomou um tempo bastante longo, os grupos discutiram por vários minutos a ordem dos objetos a ser listados. Na parte 1, as estimativas das crianças ficaram em torno de 55 s a 1 min 5 s; na parte 2, os erros foram geralmente induzidos pelos tamanhos dos objetos (um objeto grande mas de pouca densidade, aparece na lista inicial como entre os de menor massa, mesmo possuindo um valor alto comparado às massas dos demais objetos). A parte 3 não possibilita a coleta de dados concretos a serem comparados da mesma forma que as anteriores, porém possui um caráter ilustrativo bastante útil e gera invariavelmente muito interesse.

### Atividade 3.10.2. Qual a medida de cada coisa?

Essa atividade foi proposta uma única vez. Curiosamente, a turma de 11 crianças que realizou essa atividade decidiu se dividir em dois grupos neste dia: um só de meninos e um só de meninas. O grupo dos meninos decidiu medir um objeto por vez, comparando, a cada medida, o resultado com os da tabela. O grupo das meninas resolveu seguir a tabela, ajustando a balança para cada massa listada e tentando vários objetos até encontrar qual possuía a massa desejada. Os meninos terminaram a atividade vários minutos antes. Ao final, propus que cada grupo comentasse sua estratégia e, após, dei aos dois grupos um tempo para discuti-las. A discussão não progrediu muito, pois os dois grupos consideraram suas respectivas estratégias as mais eficientes. Infelizmente, o fato de ter havido a separação entre meninos e meninas levou os grupos a encarar a atividade como uma competição, o que dificultou a discussão dos resultados.

### Atividade 3.10.3. A velocidade

Essa atividade já foi realizada em cinco anos seguidos. Aproximadamente um quarto das crianças descreve os resultados sem analisar os dados coletados, descrevendo no relatório que “a bolinha estava mais rápida na segunda parte porque tinha mais espaço para correr”, ou “estava mais rápida na primeira vez porque tinha menos espaço para perder velocidade”. Todas as demais crianças analisaram corretamente os resultados, comparando os tempos e explicando que “6 m é o dobro de 3, a bolinha levou menos que o dobro do tempo [para percorrer os 6 m]. Por isso, ela estava mais rápida na segunda vez”. O mesmo tipo de explicação foi dado nos casos que a bolinha estava mais rápida no percurso de 3 m. Esse grupo provou já possuir uma concepção boa de velocidade.

### Atividade 3.10.4. Temperaturas negativas

Essa atividade foi proposta em dois anos seguidos. Nenhum dos grupos conseguiu prever corretamente o que ocorreria. Em uma das turmas, uma criança relatou ter visto que se pode prender um barbante a um cubo de gelo derramando-se sal. Mesmo assim, essa criança não conseguiu prever o que poderia acontecer nessa experiência. A experiência do sal com barbante foi feita no final da aula a pedido das crianças. Algumas das crianças da minha escola já viveram em lugares com neve no inverno. Essas crianças associaram o sal colocado nas ruas e estradas com a atividade, embora não conseguissem explicar exatamente como o sal impede que as estradas fiquem escorregadias. A atividade também serviu para ilustrar a necessidade de números negativos.

## Discussão dos Resultados

O fato que fica mais evidente a partir dos resultados descritos é que as crianças nas idades entre sete e dez anos não demonstram desconforto com contradições que são bastante visíveis para um adulto com alguma experiência em Física. Mesmo princípios básicos a partir dos quais a perspectiva científica está

fundamentada se tornam flexíveis na ótica da criança. Exemplos mais freqüentes são encontrados na energia, que pode sumir e reaparecer, ou na matéria inerte, que se torna animada e capaz de tomar decisões.

Creio que fica evidente a necessidade de não se apresentar os modelos científicos já prontos a crianças nessa faixa etária. A perspectiva a partir da qual a criança enxerga os fenômenos naturais não é a mesma que um adolescente e um adulto têm. A bibliografia citada no capítulo II (Piaget, 1976; Meyer, 1996 e Abell, 1995) reforça essa que é uma das premissas básicas do currículo de Física que proponho neste trabalho: é necessário deixar espaço mais que suficiente para que as crianças possam pensar e expressar suas próprias teorias a respeito do mundo natural. Essa possibilidade visa manter as teorias, ou concepções, das crianças explícitas para que a discussão a respeito delas possa ser, com o tempo, aprofundada, com o objetivo de levar a criança a adotar os modelos científicos de forma consciente. Seguindo a perspectiva de Vergnaud, o problema não está necessariamente na existência de invariantes que não sejam aceitos como científicos, mas no fato de eles permanecerem implícitos.

Outro ponto importante a destacar é a evolução observada nos relatos feitos pelas crianças após as atividades: partindo de modelos não-sequenciais e bastante desorganizados (por vezes consistindo apenas de um desenho sem texto), os relatos individuais da maioria das crianças evoluem gradativamente para um formato no qual há uma seqüência de fatos, resultados relativamente organizados e uma discussão na qual uma teoria é proposta realmente com base no fenômeno observado.

Os tipos de questões levantadas também mudam durante esses anos: aos sete anos, por exemplo, questões de ordem etimológica – como, por exemplo, “por que matéria se chama ‘matéria’?” - são bastante comuns. Aos dez anos, esse tipo de questão é praticamente ausente. O questionamento sincero da validade do conhecimento (que pode ser chamado epistemológico) aparece com mais freqüência em crianças menores do que em crianças mais velhas. Aos dez anos, esse questionamento, quando aparece, ocorre freqüentemente como uma defesa frente a um conteúdo mais complicado. É mais fácil uma criança de dez anos

perguntar, por exemplo, a idade do universo, enquanto que não seria menos provável uma criança de sete anos perguntar como se sabe a idade do universo. Essa mudança no padrão de questionamento pode ser resultado do aumento de conteúdos abordados em todas as áreas, embora eu creia que esse não deve ser o único fator relevante, uma vez que ambos os questionamentos, o etimológico e o epistemológico, desaparecem em conjunto.

Tenho observado que os comportamentos típicos frente às Ciências (tais como curiosidade, reflexão, ceticismo, gosto pela organização de dados e idéias) variam muito de turma para turma, mais do que entre indivíduos de uma mesma turma. Geralmente, as turmas em que um ensino do tipo mão-na-massa (*hands-on*) funciona melhor são aquelas nas quais há uma homogeneidade, com a maioria das crianças se situando em um nível aproximadamente igual de aproveitamento. Turmas nas quais há uma discrepância maior geralmente não funcionam como grupos e, na minha perspectiva, o trabalho realizado pelos alunos em um ensino baseado em pesquisa (*inquiry-based learning*) aparentemente aumenta essas discrepâncias, pois um grupo passa a discutir acaloradamente os resultados observados enquanto outro dispersa sua atenção. Dessa forma, alguns dos resultados observados após uma mesma atividade realizada em anos diferentes (duas segundas séries, por exemplo) foram desiguais. Em alguns momentos, uma turma não levantou nenhuma questão a partir dos resultados de uma dada atividade, enquanto que outra turma de mesma idade levantou questões capazes de estender o assunto abordado por várias aulas.

Tendo em vista o restrito número de turmas que passaram pelas aulas de Física descritas nesse trabalho e que em cada turma havia, em média aproximada, dez crianças, fica difícil chegar a uma conclusão clara a respeito do quão efetivo tem se mostrado o currículo que proponho. Creio ser possível, contudo, afirmar que a resposta dada pelas crianças a essas atividades é, na maioria dos casos, positiva. É ainda cedo para se ter alguma noção se esse currículo fará diferença no Ensino Médio dos alunos da minha escola, a primeira turma com quem trabalhei na segunda série está atualmente, segundo semestre de 2004, começando a sétima. O mais importante é que muitas dessas crianças têm

tomado a iniciativa de procurar em livrarias livros de Ciências, envolvendo assuntos variados como astronomia, botânica e magnetismo, entre outros. Isso tem feito que elas tragam para aulas inúmeras questões envolvendo desde buracos negros até a uso medicinal de plantas. Outro ponto a ser destacado é a perspectiva que a comunidade que envolve a escola (familiares dos alunos) tem geralmente demonstrado com relação ao ensino de Ciências: em geral, essa área é apontada como um dos pontos fortes da escola.

Por fim, além daquilo que seria de se esperar (o gosto expresso pelas crianças por fazer experiências), noto que as turmas que atualmente se encontram em séries posteriores às iniciais ou seja, de quinta à sétima séries, e que tenham passado pelas aulas de Física descritas neste trabalho, demonstram curiosidade, nível geral de informação e, principalmente, independência maiores do que turmas de anos anteriores, que haviam passado por um ensino de Ciências tradicional, centrado na biologia e no uso de livros-texto. Mesmo não sendo conclusivos, esses fatos observados evidenciam, a meu ver, uma melhora sensível nos resultados do ensino de Ciências, principalmente Física, na escola que trabalho.

## Capítulo V – Considerações Finais

As atividades sugeridas no capítulo III não podem, isoladamente, ser consideradas como um currículo completo de Física para as séries iniciais. Essas atividades são a parte de tal currículo destinada a levantar o interesse das crianças para que possam, a partir dessas vivências iniciais, colocar suas próprias questões e se propor a desenvolver projetos nos quais procurem as respostas. A prática de ensino que desejo propor para outros professores de Ciências não se resume a fazer experimentos com crianças, mas abrir a elas possibilidades, criar dúvidas às quais elas próprias proponham maneiras de explorar, pesquisar e encontrar respostas que elas mesmas possam julgar o quanto satisfatórias possam ser.

No capítulo II foi mostrada qual a referência teórica e quais as experiências anteriores que dão suporte a este trabalho. O currículo de Física que proponho às séries iniciais segue a abordagem construtivista do ensino e aprendizado, na qual as situações em que a criança interage com outros sujeitos e com o meio, interação esta ditada por signos e significados que os indivíduos envolvidos comunguem, a leva a construir um arsenal de conceitos com os quais possa lidar com novas situações. No presente capítulo, além de outros pontos, discuto a opção de inclusão da Física nas séries iniciais que considero mais apropriada, tendo em vista esse referencial teórico e minha experiência pessoal.

Também o sucesso alcançado pelo ensino de outros países, notadamente as práticas de sala de aula de Matemática no Japão, influenciaram em grande escala o resultado final aqui apresentado. O interesse e a curiosidade gerados pelo contato diário que tenho tido com professores de outros países (principalmente Nova Zelândia e Austrália) foi outro fator que pesou, em muito, para o fato de eu ter procurado referências de fora do Brasil. Desconsiderando fatores culturais, próprios de cada país ou região, acredito

que há muito que os professores brasileiros possam aprender com as práticas adotadas no exterior.

Como foi apontado por Stigler e Hiebert ([www.kiva.net](http://www.kiva.net)), muitas vezes as práticas que são tomadas com “naturais” ou “universais” são, na verdade, típicas de uma determinada região. Mesmo assim, essas práticas passam a ser encaradas como valores fundamentais, intrínsecos à atividade educacional. Da mesma forma como foi descrito no capítulo I, se idiosincrasias pessoais podem bloquear o aprendizado de uma língua ou da Física, também os valores coletivos podem impedir o bom rendimento das escolas. Neste capítulo também são discutidas algumas dessas práticas: a posição das crianças na sala de aula (tanto no sentido físico como em um contexto social), a visão que os professores, alunos e familiares têm do seus papéis e, principalmente, o tipo de alternativas que podem ser oferecidas aos professores do Ensino Fundamental.

Muitas questões ainda permanecem em aberto ao término deste trabalho. Destas questões, as que mais merecem atenção são tratadas com mais detalhe nos itens a seguir.

### 5.1. Textos de apoio

Os livros-texto de Ciências, tanto brasileiros como de outros países, apresentam um enfoque, no meu ponto de vista, inapropriado: as atividades e experimentos, quando existem, são desculpas para se introduzir ou ilustrar teorias científicas. Antes ou após uma atividade, os livros descrevem aquilo que a criança deveria ver (ou ter visto) acontecer, não havendo espaço para que ela expresse seus próprios pontos de vista.

*A American Association for the Advancement of Science*, ao analisar dez títulos de livros-texto de Ciências para escolas primárias, encontrou apenas um, exclusivamente destinado para alunos de oitava série, que efetivamente encoraja alunos a expor suas próprias idéias antes de tratar de teorias

científicas (AAAS, Project 2061). Os livros-texto também pecam pelo excessivo rigor formal, apresentam textos repletos de termos científicos, forçando o foco no aprendizado de vocabulário. Todos os textos baseados neste tipo de livros que ocasionalmente apresentei para os alunos como complemento das atividades, terminaram por criar confusão e esta prática, no momento, não vem sendo adotada. Seria muito importante contar com textos de apoio que se ajustassem às atividades que desenvolvo com crianças de maneira significativa, sem rigor formal e promovendo ainda mais a oportunidade de as crianças exporem e discutirem suas idéias.

Dentre as alternativas possíveis, aquela que considero a mais prática está em extrair textos de revistas, tais como a *Ciência Hoje das Crianças*, da SBPC. Porém, os textos apresentados nesta revista raramente são dedicados à Física e, quando o são, repetem o mesmo padrão descrito a respeito dos livros-texto. É importante ressaltar, também, que a maioria das escolas que conseguiram adotar com sucesso programas de ensino denominados *hands-on*, abandonaram o uso de livros-texto pelo mesmo motivo (Hameyer et al., 1995). O programa FOSS supre esta carência incluindo, como parte essencial do seu enfoque ao ensino de Ciências, uma série de livros de leituras que tenham a Ciência como elemento essencial, além de uma coletânea de reportagens feita ao longo dos anos em que o programa existe, nas quais os tópicos desenvolvidos sejam discutidos. Montar uma coletânea de textos com um alcance semelhante a esse enriqueceria em muito as aulas de Física para crianças.

## 5.2. Divulgação do material e formação de professores para ensinar Física

O material produzido neste trabalho é destinado a professores e professoras das séries iniciais do ensino fundamental. Para fazê-lo atingir este público, aponto três formas possíveis de divulgação:

1. criação e manutenção de um *website* contendo as atividades descritas no capítulo III. Este *site* necessitará de revisão

permanente, com ítems adicionados, reelaborados e retirados constantemente;

2. publicação de um manual para professores, contendo as atividades do capítulo III, além de uma série de sugestões de práticas de sala de aula para tornar o ensino de Física acessível a pessoas sem formação na área;
3. organização de oficinas de ensino de Física para professores de séries iniciais (este item será desenvolvido adiante).

Essas três formas de divulgação são complementares e devem, preferencialmente, ser postas em prática simultaneamente. Restringir a divulgação a somente uma das três não produziria efetivamente o resultado esperado, que é a inclusão permanente da Física nas séries iniciais.

Os professores e professoras das primeiras séries do Ensino Fundamental têm, reconhecidamente, pouca experiência e fundamentação teórica em Ciências. Esse fato é ainda mais marcante com relação à Física: a maioria das crianças com quem trabalhei, tanto na escola em que dou aula quanto nas oficinas do Colégio Bom Conselho, haviam tido unicamente contato prévio com atividades envolvendo Biologia. Ainda assim, este contato havia sido muito restrito a textos e algumas atividades experimentais esporádicas.

As oficinas de Física que ocorreram no Colégio Bom Conselho de Porto Alegre foram a maior oportunidade que tive até o momento de trabalhar diretamente com uma professora sem experiência em Física. Após manifestar, inicialmente, interesse em auxiliar na preparação das atividades, a professora passou, aos poucos, a demonstrar cada vez menos interesse com relação a este ponto. Embora ela tenha reconhecido que as crianças da sua turma, em geral, expressassem muito interesse nas oficinas e demonstrassem valorizar as intervenções da professora, sua participação na preparação das atividades acabou sendo nula já antes do fim do primeiro dos três meses que o projeto durou. Ficou evidente, para mim, que encontrar

professores e professoras de séries iniciais que efetivamente se disponham a ensinar Física não será fácil.

Hameyer et al. (1995), ao analisarem escolas que tenham sido bem sucedidas na institucionalização do ensino *hands-on* em quatro países (Alemanha, Holanda, Suécia e EUA), apontaram fatores essenciais para esse sucesso que, em parte, são semelhantes às condições para a mudança conceitual descritos por Posner et al. (1982). Entre os fatores principais para o sucesso desse tipo de programa, destaco:

- os professores envolvidos devem demonstrar estar insatisfeitos com suas práticas de ensino;
- as novas práticas propostas devem ser eficientes e estar ao alcance desses professores e dos seus alunos;
- a direção da escola deve dar apoio incondicional, mesmo frente à resistência dos pais (que, em geral, estão preocupados com resultados visíveis, tais como notas, provas e temas de casa) e de outros professores (que podem se sentir desconfortáveis ante à perspectiva de, por exemplo, ter de ensinar Física);
- a escola deve possuir, ou se dispor a prover ou adquirir, um arsenal mínimo de materiais de apoio (que, além de aparatos de laboratório, inclui livros, revistas, computadores, acesso a bibliotecas, museus, parques);
- os professores devem ter acesso ao apoio de profissionais com experiência nesse tipo de ensino.

A seguir, aponto a seguir outros fatores são essenciais para a adoção de um ensino *hands-on*, baseado na minha experiência pessoal.

- *A disposição das salas de aula.* No Brasil, ainda prevalece a colocação de mesas em filas, voltadas a um quadro-negro, onde o professor escreve a matéria para que os alunos copiem. Essa prática, que considero incompatível com ensino *hands-on*,

é ainda mais presente em escolas públicas. O ideal seria que as turmas trabalhassem a maior parte do tempo em grupos e tivessem espaço na sua sala de aula para manter acessível a maior quantidade de recursos possível, tais como livros em geral, computadores e materiais para experimentos.

- *As formas de avaliação*, que não podem se restringir a testes nem a temas de casa (que, por sinal, podem ser relegados a segundo plano).
- *A visão que os professores têm da sua função*. No Brasil, as atitudes dos professores deixam claro que muitos se vêem como transmissores de conhecimento, não como facilitadores de aprendizagem, por mais que se declarem *construtivistas*. Por trabalhar em uma escola com professores brasileiros e de outros países, tenho tido a oportunidade de observar as diferenças de atitudes e perspectivas entre profissionais de diferentes origens. A diferença mais ilustrativa que observo pode ser percebida dos corredores da escola: quando um professor brasileiro está dando aula, pode-se ouvir sua voz o tempo todo do lado de fora da sala; ao contrário, praticamente nunca se escuta a voz de professores australianos e neo-zelandeses (norte-americanos e canadenses com quem trabalhei e trabalho possuem uma atitude mais próxima à dos brasileiros do que aquela dos australianos e neo-zelandeses). Com esse tipo de perspectiva da sua função, é muito difícil que um professor ou uma professora do Brasil consiga adotar um estilo de ensino centrado na criança, no qual o aluno assuma um papel ativo, ganhando mais autonomia para se expressar e decidir o que e como vai aprender.
- *A visão que os pais, professores e alunos têm do papel dos alunos*. Às crianças deve ser dado maior autonomia para decidir

o que e como aprender e como avaliar o que aprendeu. Isto significa que os alunos devem passar a tomar iniciativas, correr riscos, aprender a refletir, e não somente esperar instruções do professor ou professora. Aos pais cabe, também, uma mudança de expectativa: em vez de colocar a carga de um aproveitamento abaixo da média sobre o professor (exigindo aulas de reforço ou pagando aulas particulares), esperar da criança a iniciativa e dar apoio para que esta iniciativa ocorra.

- *O trabalho cooperativo entre os professores.* Considero este um fator-chave. Os professores precisam planejar projetos, unidades e aulas em conjunto, trocando idéias e experiências. De preferência, essa troca deveria acontecer também entre professores de escolas diferentes. Infelizmente, da maneira que o ensino está estruturado no Brasil, onde professores trabalham em várias escolas diferentes, geralmente ultrapassando as 40 horas em sala de aula por semana, torna este tipo de cooperação praticamente impossível. Porém, minha opinião é que, por ser importante, o trabalho cooperativo entre professores deveria ser parte central da incorporação do ensino de Física nas séries iniciais.

O essencial, acima de tudo, é que os professores do ensino fundamental tenham acesso a novas práticas de ensino, a novos conteúdos e sejam estimulados a tentar pôr em prática o novo. Somente assim haverá a possibilidade de eles reconhecerem que estas novas práticas são úteis e acessíveis. Como Hameyer et al. (1995) descreveram, é a crescente adoção espontânea de novas práticas por parte dos professores que, após uma série de etapas posteriores, leva à institucionalização efetiva dessas práticas; os demais fatores permanecem relevantes, mas não produzem resultado sem esse elemento-chave.

Hameyer et al. (op. cit.) separaram o processo de institucionalização de práticas de ensino *hands-on* em três etapas:

- *Inicialização*, na qual alguns professores começam a tentar as novas práticas;
- *Implementação*, na qual as novas práticas são desenvolvidas e, após inicialmente coexistir com as práticas antigas, passam a dominar e, por fim, tornar-se a regra;
- *Institucionalização*, na qual pode-se identificar claramente que as novas práticas estão consolidadas e não coexistem com as antigas.

Este processo levou em média seis anos nos casos relatados. Surge, então, um novo fator essencial para a adoção de novas práticas de ensino: a continuidade de programas e projetos ao longo de períodos mais longos do que a eventual passagem de um partido no governo.

A mais efetiva das maneiras de se levar à inclusão da Física nos currículos das séries iniciais está, portanto, em se expor aos professores interessados o novo currículo desejado. Esse período deve, acima de tudo, ser seguido por períodos nos quais, com supervisão adequada, os professores testem as novas práticas e continuem a trocar idéias com outros professores e orientadores. Os resultados dessas novas práticas poderão, então, gerar em outros professores desconforto com suas próprias práticas e levá-los a tentar o novo, também com o mesmo tipo supervisão e acompanhamento. Somente oferecer uma série de oficinas nas quais experiências são mostradas não levaria a uma verdadeira mudança, ou seja, à incorporação da Física no currículo das séries iniciais. Professores e professoras poderiam tentar as atividades somente uma ou duas vezes com seus alunos e voltar à velha prática por falta de estímulo para continuar experimentando. O acompanhamento posterior, por um período de tempo razoável, é essencial, pois somente através dele manter-se-á estes professores estimulados a continuar tentando o novo.

Assim, a maneira que penso ser mais eficiente para se incluir a Física nas séries iniciais deve possuir pelo menos três etapas:

1. *Oficinas seguidas de acompanhamento.* Em um primeiro momento, deve-se oferecer uma série de oficinas nas quais as práticas a serem adotadas nas aulas de Física (e não somente experiências sejam demonstradas) é introduzida. Os professores que participarem destas oficinas devem ter um acompanhamento, no qual experimentam o novo sob supervisão, além de ser mantido um espaço nos horários desses professores no qual possam, entre outras coisas, reunir-se e debater o que está acontecendo em cada sala de aula, ou elaborar projetos em conjunto, programar visitas mútuas às escolas e dividir materiais. Pela minha experiência pessoal, creio que este período deva se estender por, pelo menos, um ano letivo inteiro. Neste período, é necessário que os professores passem a apreciar a prática de ensinar Física, caso contrário não haverá sentido em se seguir as demais etapas.
2. *Adoção por parte das escolas.* Quando um primeiro grupo de professores já tiver incorporado a Física às suas práticas de sala de aula, as respectivas escolas devem assumir a responsabilidade de tornar essas práticas estáveis e difundidas. Novamente, essa etapa deve ser acompanhada e supervisionada de perto, garantindo espaço para intercâmbio permanente de professores e coordenadores das escolas entre si e com os supervisores.
3. *Avaliação.* Embora a avaliação deva ser permanente durante todo o processo, é necessário que haja um ponto a partir do qual se possa considerar que a Física esteja incorporada ao currículo de uma escola. Uma maneira de se identificar quando a Física deixa de ser uma exceção e passa a ser a regra deve

ser estabelecida por quem for responsável pela orientação do processo aqui descrito. Isto não significa que, a partir deste ponto uma dada escola vá ser excluída. Pelo contrário, as escolas onde a incorporação da Física tenha ocorrido com sucesso são as mais necessárias para promover o intercâmbio e auxiliar na continuidade do processo.

### 5.3. A avaliação dos alunos

A avaliação do aproveitamento e do progresso das crianças é uma questão que ainda precisa ser desenvolvida, especialmente nas idades de 7 e 8 anos, quando ainda não possuem fluência suficiente para colocar seus relatos em forma escrita, ficando estes relatos muito restritos a desenhos e discussões orais.

Além disso, a avaliação dessas crianças necessitaria de uma coordenação mínima com os professores das turmas, o que não ocorre na escola em que trabalho, onde esses professores encaram as aulas de Ciências como uma hora de folga e não se mostram abertos a nenhum tipo de envolvimento com planejamento, execução, organização de materiais e avaliação. As avaliações vêm sendo comprometidas por causa dessa falta de coordenação e, sob este aspecto, seria muito melhor que os próprios professores passassem a dar as aulas de Ciências com meu auxílio. Além disso, se o ensino das demais áreas (Matemática, por exemplo) continua a ser feito através do treinamento de algoritmos, técnicas de solução de questões, atividades do tipo “preencha as lacunas” ou palavras-cruzadas, é difícil que uma área isolada (Ciências) possa fazer uma diferença sensível nas atitudes dos alunos.

Professores que observo utilizar uma abordagem mais aberta nas suas práticas de ensino correm o risco de cair numa espécie de armadilha, como já relatei no capítulo II sobre o uso dos portfólios: a autonomia dada à criança pode gerar constrangimento no momento de se realizar a avaliação.

O fato de uma criança demonstrar ter dado a maior dedicação a um projeto não pode fazer com que o professor ignore, se for o caso, que o resultado apresentado esteja muito abaixo da média da turma ou do nível esperado para a idade da criança. Isto não significa que este aluno deva, por exemplo, repetir o ano, mas na avaliação deste aluno feita pelo professor deve haver uma referência clara que dê a verdadeira dimensão de como esta criança está em relação à média da idade ou da turma.

#### 5.4. Os demais anos do ensino fundamental

O currículo aqui proposto só pode resultar em um aproveitamento sensivelmente melhor das aulas de Física no ensino médio se for seguido de um enfoque semelhante para as séries seguintes (quinta à oitava). Nessas séries, pode-se começar a negociar, por meio de mais situações e experiências, as concepções dos alunos e reforçar suas inconsistências, quando for o caso.

O objetivo do ensino de Física no Ensino Fundamental é, acima de tudo, propiciar aos alunos terminar a oitava série não somente capazes de entender a Física do Ensino Médio, mas também com concepções coerentes com as teorias e modelos científicos, concepções essas baseadas em vivências de situações significativas de aprendizado. Somente expando crianças de primeira a quarta séries do Ensino Fundamental a situações deste tipo, apesar de ser muito proveitoso, não será uma prática eficaz a ponto de resultar em uma sensível melhora no Ensino Médio. É importante a continuidade desse trabalho, voltando-se aos poucos para um processo de mudança conceitual, nas séries entre quarta e o Ensino Médio.

Nas séries finais do Ensino Fundamental já há professores especialistas para diferentes áreas. Porém, a adoção de novas práticas no ensino pode, paradoxalmente, ser mais difícil: é nessa etapa que as salas de aula adquirem a disposição rígida, com filas e quadros-negros e uso de livros-texto com maior intensidade. Creio que se pode esperar mais dificuldade na

divulgação de um programa *hands-on* nesse caso: muitas escolas particulares têm, nos últimos anos, feito exatamente o caminho oposto, adotando livros-texto extremamente dirigidos e assumindo o que denominam uma “prática conteudista” sob o pretexto de prepararem os alunos para o vestibular.

O ponto mais sensível ainda é, então, a preparação para o vestibular das universidades federais. Muitas escolas de Porto Alegre se apresentam como “conteudistas”, seguindo à risca livros elaborados com o único fim de preparar os alunos ao vestibular. Mesmo que, de ano a ano, as médias das provas de Física venham sendo baixas, o efeito produzido pelos sucessivos resultados negativos do ensino tradicional de Física tem sido reforçar esse ensino “conteudista”, ao invés de promover uma abordagem mais reflexiva e crítica, que vise desenvolver a independência intelectual das crianças e adolescentes.

### 5.5. Última consideração

Embora necessite de uma ação coordenada entre escolas (que se disponham a tentar novas práticas) e universidades (que se proponham a oferecer apoio material e técnico), além de requerer uma mudança de atitude por parte de professores, alunos e familiares, a inclusão da Física no Ensino Fundamental é uma perspectiva positiva e possível. Não creio que haja nenhum requisito inalcançável nos pontos sugeridos no presente capítulo nem no currículo que proponho. Obviamente, todo o presente trabalho é uma sugestão, proposta a partir da minha prática como professor de crianças de sete a dez anos. A Física vem perdendo espaço em escolas por todo o mundo. Para reverter esse processo, a opção que considero com maior potencial de gerar frutos envolve tornar a Física mais próxima das crianças. Assim, será possível preservá-la como conteúdo escolar valorizado.

## Referências

AAAS (AMERICAN Association for the Advancement of Science) – Project 2061. Disponível em: <[www.project2061.org/curriculum.htm](http://www.project2061.org/curriculum.htm)>. Acesso em: 05 abr. 2004.

ABELL, S. K.; ROTH, M. Reflections on a fifth grade life science lesson: making sense of children's understanding of scientific models. International Journal of Science Education, London, v. 17, n. 1, 59-74, Jan./Feb. 1995.

ARNOLD, P. et al. Children's knowledge of the earth's shape and its gravitational field. International Journal of Science Education, London, v. 17, n. 5, 635-641, Sept./Oct. 1995.

AUSUBEL, D.; NOVAK, J. Educational psychology: a cognitive view. 2 ed. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1978.

BADDERS, W. et al. Discovery works. Parsippany: Silver Burdett Ginn, 1996.

CHALMERS, A. F. O que é ciência, afinal? São Paulo: Editora Brasiliense, 1997.

COSGROVE, M.; SCHAVERIEN, L. Children's conversations and learning science and technology. International Journal of Science Education, London, v. 18, n. 1, 105-116, Jan./Feb. 1996.

CROWLEY, K. et al. Shared scientific thinking in everyday parent-child activities. Science Education, New York, v. 85, n. 6, p. 712-732, Nov. 2001.

DAVIDSON, K. Carl Sagan: a life. New York: John Wiley, 1999.

ECONOMIST. Disponível em: <[www.economist.com/printedition/Story\\_ID=1718799](http://www.economist.com/printedition/Story_ID=1718799)>. Acesso em: 24 abr. 2003.

FEYNMANN, R. Surely you're joking, Mr. Feynmann, New York: W.W. Norton, 1985.

FOSS. Disponível em: <[www.fossnet.org](http://www.fossnet.org)> . Acesso em: 03 jan. 2004.

GIL-PÉREZ, D. et al. Defending constructivism in science education. Science and Education, Dodrecht, v. 11, n. 6, p. 557-571, Nov. 2002.

FIGUEIREDO NETO, A. F. et al. Novo tempo: ciências naturais. São Paulo: Scipione, 1999.

HALL, R. L.; SCHAVERIEN, L. Families engagement with young children's science and technology learning at home. Science Education, New York, v. 85, n.4, p. 454-481, July 2001.

HAMEYER, U. et al. Portraits of productive schools. Albany: State University of New York Press, 1995.

HELLMANN, H. Grades debates da ciência: dez das maiores contendas de todos os tempos. São Paulo: Editora da UNESP, 1999.

HYND, C.; ALVERMANN, D.; QIAN, G. Preservice elementary school teachers' conceptual change about projectile motion: refutation text, affective factors and relevance. Science Education, New York, v. 81, n. 1, p. 1-27, Jan. 1997.

IVANISSEVICH, A. Saber fragmentado: um retrato do conhecimento científico de nossos jovens. Ciência Hoje, São Paulo, v. 34, n. 200, p. 26-33, dez. 2003.

JONES, P. Solving problems in Math and Science education. The American School Board, Alexandria, v. 185, n. 7, p. 16-20, July 1998.

JENNISON, B. A tale of two countries: physics education in Japan from an english perspective. Physics Education, Bristol, v. 33, n. 6, p. 396-405, Nov. 1998.

KUHN, T. S. A estrutura das revoluções científicas. 3 ed. São Paulo: Perspectiva, 1992.

LA MAIN À LA PÂTE. Disponível em : < [www.lnrp.fr/lamap](http://www.lnrp.fr/lamap)>. Acesso em: 12 maio 2003.

La TAILLE, Y. D. L. et al. Piaget, Vygotsky, Wallon: teorias psicogenéticas em discussão. São Paulo: Summus, 1951.

LIMA, M. C. B.; CARVALHO, A. M. P. de. Linguagem e o ensino de física na escola fundamental. Cadernos Brasileiros de Ensino de Física, Florianópolis, v. 20, n. 1, 86-97, abr. 2003.

LUBBEN, F.; MILLAR, F. Children's ideas about the reliability of experimental data. International Journal of Science Education, London, v. 18, n. 8, p. 955-968, Dec. 1996.

MOREIRA, M. A. A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. Investigação em Ensino de Ciências, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 7-29, abr. 2002.

MEYER, K.; CARLISLE, R. Children as experimenters. International Journal of Science Education, London, v. 18, n. 2, p. 231-248, Mar. 1996.

NAP. Disponível em: <[www.nap.edu/readingroom/books/nses/html/](http://www.nap.edu/readingroom/books/nses/html/)>. Acesso em: 07 dez. 2003.

- NOVAK, J. D. Teaching science for understanding. London: Academic Press, 1997.
- NOVAK, J. D. Meaningful learning: the essential factor for concept change in limited or inappropriate propositional hierarchies leading to empowerment of learners. Science Education, London, v. 86, n. 4, p. 548-571, July 2002.
- OSBORNE, J. F.; BLACK, P. Young children's (7-11) ideas about light and their development. International Journal of Science Education, London, v. 15, n. 1, p. 83-93. Jan./Feb. 1993.
- PAIS, A. Einstein viveu aqui. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1994.
- PALMER, D. H.; FLANAGAN, R. B. Readiness to change the conception that 'motion-implies-force': a comparison of 12-year old and 16-year old students. Science Education, New York, v. 81, n.3, p. 317-331, June 1997.
- PESA, M. A.; OSTERMANN, F. La Ciencia como actividad de resolución de problemas: la epistemología de Larry Laudan y algunos aportes para las investigaciones educativas en Ciencias. Cadernos Brasileiros de Ensino de Física, Florianópolis, v. 19, p. 84-99, jun. 2002. n. especial.
- PIAGET, J.; INHELDER, B. Da lógica da criança à lógica do adolescente. São Paulo: Pioneira, 1976.
- PIAGET, J.; INHELDER, B. A psicologia da criança. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.
- PINKER, S. Como funciona a mente. São Paulo: Cia. das Letras, 1997.
- QCA (Qualifications and Curriculum Authority). Disponível em: <[www.qca.org.uk](http://www.qca.org.uk)>. Acesso em: 22 dez. 2003.
- RUSSEL, T. et al. Reflections on the implementation of the National Science Policy for the 5-4 age range: findings and interpretations from a national evaluation study in England. International Journal of Science Education, London, v. 17, n. 4, p. 481-492, July/Aug. 1995.
- SACS, O. Tio Tungstênio. São Paulo: Ed. Schwarcz. 2001.
- SECRETARIA DE EDUCAÇÃO FUNDAMENTAL. Parâmetros curriculares nacionais: ciências naturais. Brasília: MEC/SEF. 1997.
- SELLEY, N. J. Children's ideas on light and vision. International Journal of Science Education, London, v. 18, n. 6, p. 713-723, Sept. 1996.
- SHILAND, T. W. The atheoretical nature of the National Science Education Standards. Science Education, New York, v. 82, n. 5, p. 615-617, Sept. 1998.
- SMITH, F. Compreendendo a leitura. Porto Alegre: Artmed, 1988.

STARUSS, V. Back to basics vs hands-on instruction. The Washington Post, Washington, 3 Feb. 2004. Caderno A, p. 12.

STIEGLER, J. W.; HILBERT, J. Understanding and improving classroom mathematics instruction. Disponível em: <[www.kiva.net/~pdkintl/kappan/kstg9709.htm](http://www.kiva.net/~pdkintl/kappan/kstg9709.htm)>. Acesso em: 09 ago. 2003.

TOBIN, K. The practice of constructivism in science education. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1993.

VYGOTSKY, L. S. Pensamento e linguagem. São Paulo: Martins Fontes, 1993.

VYGOTSKY, L. S. A formação social da mente. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

WEAVER, G. C. Strategies in k-12 science instruction to promote concept change. Science Education, New York, v. 82, n. 4, p. 455-472, July 1998.

ZEIDLER, D. L. The central role of fallacious thinking in science education. Science Education, New York, v. 81, n. 4, p. 483-496, July 1997