

821

A TERMODINÂMICA

*um ensino por
investigação*

Anna Maria Pessoa de Carvalho
(coordenadora)

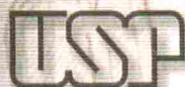
Emerson Izidoro dos Santos

Maria Cristina P. Stella de Azevedo

Marlene Petruche da Silva Date

Seiji Ricardo Sano Fujii

Viviane Briccia do Nascimento



Faculdade de
Educação

TERMODINÂMICA

***um ensino por
investigação***

Anna Maria Pessoa de Carvalho (coordenadora)

Emerson Izidoro dos Santos

Maria Cristina Paternostro Stella de Azevedo

Marlene Petruche da Silva Date

Seiji Ricardo Sano Fujii

Viviane Briccia do Nascimento



Faculdade de Educação

São Paulo

1999

Ficha catalográfica elaborada pelo SBD/FEUSP.

Termodinâmica: um ensino por investigação/
Anna Maria Pessoa de Carvalho (coordenadora) et al... São Paulo: FEUSP, 1999.
123 p.

1. Termodinâmica. I. Título.

CDD 536-7

Índice para catálogo sistemático

1. Ensino de física
2. Física – estudo e ensino

CONTEÚDO

APRESENTAÇÃO.	9
ATIVIDADES DE HISTÓRIA DA CIÊNCIA	15
DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES	
LIGADAS AOS TEXTOS HISTÓRICOS	15
PRESSUPOSTOS TEÓRICOS	16
IMPORTÂNCIA DO CONHECIMENTO DA HISTÓRIA	
DA CIÊNCIA NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM	16
ESTRATÉGIAS DE UTILIZAÇÃO DOS TEXTOS	
HISTÓRICOS EM SALA DE AULA	18
TEXTOS HISTÓRICOS E ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	20
Textos selecionados	20
Atividades desenvolvidas a partir dos textos.	21
TEXTO 1: TERMÔMETROS: SUA EVOLUÇÃO	
ATRAVÉS DOS TEMPOS	27
TEXTO 2: CALOR: SUBSTÂNCIA?	31
TEXTO 3: CONVECÇÃO	35

DEMONSTRAÇÕES EXPERIMENTAIS INVESTIGATIVAS	43
O QUE SÃO DEMONSTRAÇÕES EXPERIMENTAIS INVESTIGATIVAS	43
O PAPEL DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO	44
O PROFESSOR E O ALUNO NUMA PROPOSTA INVESTIGATIVA.	49
COMO TRABALHAMOS AS ATIVIDADES DEMONSTRATIVAS	50
AS ATIVIDADES, UMA A UMA	52
MEDIDA DE TEMPERATURA ATRAVÉS DO TATO	52
ISOLANTES E CONDUTORES TÉRMICOS	54
CONDUÇÃO DE CALOR	54
CONVECÇÃO	56
DILATAÇÃO	59
Primeiro Episódio de Ensino	
A Observação de Concepções Prévias	60
Segundo Episódio – A criação de conflitos	63
Terceiro episódio: a argumentação em sala de aula.	64
Outras atividades de dilatação	66
INFLUÊNCIA DA PRESSÃO.	67
LABORATÓRIO ABERTO	69
PROPOSTA DO PROBLEMA	70
LEVANTAMENTO DE HIPÓTESES	71
ELABORAÇÃO DO PLANO DE TRABALHO	71
MONTAGEM DO ARRANJO EXPERIMENTAL E	
COLETA DE DADOS	71
ANÁLISE DOS DADOS	72
CONCLUSÃO	72

UMA ATIVIDADE DE LABORATÓRIO ABERTO LEVANTAMENTO:	
DA CURVA DE AQUECIMENTO DA ÁGUA	72
A ATIVIDADE EM SALA DE AULA	72
Aula 1.	72
Aula 2.	74
Aula 3.	75
Aula 4.	76
QUESTÕES E PROBLEMAS ABERTOS.	79
QUESTÕES ABERTAS	79
COMO USAMOS AS QUESTÕES EM SALA DE AULA	81
PROBLEMAS ABERTOS	87
COMO USAMOS OS PROBLEMAS EM SALA DE AULA	90
SUGESTOES BIBLIOGRÁFICAS PARA A SALA DE AULA	95
RECURSOS TECNOLÓGICOS.	97
QUANTO AOS FILMES.	98
1. CALOR E TRANSFERÊNCIA DE ENERGIA	98
2. CALOR, TEMPERATURA E PROPRIEDADES DA MATÉRIA.	101
3. FILME DA SÉRIE "O PROFESSOR": TRANSMISSÃO DE CALOR	104
4. FILME DA SÉRIE "O UNIVERSO MECÂNICO": TEMPERATURA E LEI DOS GASES	105
QUANTO AOS SOFTWARES.	109
SOFTWARE 1.	109
SOFTWARE 2.	110
PLANEJAMENTO	113
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	119

INTRODUÇÃO

Este livro é fruto de uma pesquisa, cujo objetivo foi verificar a possibilidade de se obter a melhoria no aprendizado dos alunos sobre o conteúdo de Termodinâmica, nas condições normais de trabalho no ensino médio das Escolas Públicas, a partir de uma mudança do ensino realizado por seus professores.

Como professores de ensino médio, estávamos insatisfeitos com os resultados obtidos em nossos cursos: alunos com dificuldades, que não entendiam a matéria, que não a relacionavam com seu dia-a-dia, que procuravam apenas descobrir que fórmula usar para acertar o problema. Buscávamos um modo de, mudando nossa prática, atingir melhores resultados em relação à aprendizagem.

Trabalhou-se no sentido de buscar alternativas para essa situação, desde o ano de 1996, quando parte de nosso grupo, ainda fazendo a graduação, participou de atividades do projeto CAPES/PADCT. Em 1997, realizou-se um curso de 180 horas para 30 docentes das escolas públicas, com financiamento da FAPESP/CAPES, coordenado pela Prof^a Anna Maria Pessoa de Carvalho. Durante o curso, o nosso modo de encarar a

relação ensino–aprendizagem foi mudando e percebemos que com essa mudança poderíamos atingir nossos objetivos. Ao final do curso, a professora Anna Maria propôs a elaboração de um projeto de pesquisa, visando pôr em prática as idéias e atividades desenvolvidas no curso, parte delas testadas em caráter experimental, nas teses e dissertações de mestrado defendidas no LaPEF – Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física da Faculdade de Educação da USP (Teixeira 1993; Castro 1993; Santos 1993; Laburu 1993, Silva 1995; Vannucchi 1997). Do grupo inicial, seis professores propuseram-se a realizar esse trabalho.

A idéia central de todas as atividades parte do princípio de que um aprendizado significativo dos conhecimentos científicos requer a participação dos estudantes na (re)construção dos conhecimentos que, habitualmente, se transmitem já elaborados. As recentes investigações didáticas mostram que “os estudantes desenvolvem melhor sua compreensão conceitual e aprendem mais acerca da natureza das ciências quando participam em investigações científicas, em que haja suficiente oportunidade e apoio para reflexão” (Hudson 1992).

Durante o desenvolvimento do projeto de pesquisa, no período de maio de 98 a maio de 99, participamos de um processo de tomada de consciência do próprio ensino (White e Gustone, 1989; White e Mitchell; 1994), de tal modo que a participação dos estudantes ficasse bem definida para nós: planejando com cuidado essa mesma participação durante todas as aulas, procurando sempre deixar claro como e quando nós (os professores) dávamos oportunidade para que os alunos refletissem sobre o que estavam aprendendo, estimulando, assim, a participação do aprendiz em seu próprio aprendizado.

Em relação a essa tomada de consciência, tanto o curso como a pesquisa, em si, mostraram-se terrenos férteis para a reflexão e o resgate da importância da atividade docente e o questionamento de suas práticas, permitindo a vivência e conduzindo à necessidade de um processo investigativo de ensino.

Neste enfoque, a atividade docente não pode ser encarada “meramente como uma vocação, situação em que o ‘professor nasce feito’,

mas passa a ser fruto de um trabalho técnico e complexo que valoriza o professor como um especialista” (Pereira;1997). Assim, “a complexidade da atividade docente deixa de ser vista como um obstáculo à eficácia e um fator de desânimo, para tornar-se um convite a romper com a inércia de um ensino monótono e sem perspectivas, e, assim, aproveitar a enorme criatividade potencial da atividade docente... trata-se, portanto, de orientar tal tarefa docente como um trabalho coletivo de inovação, pesquisa e formação permanente” (Carvalho et al; 1993).

A metacognição sobre o trabalho docente dirigiu-se, fortemente, no sentido da relação entre as nossas ações e nossos questionamentos e a qualidade da participação dos estudantes em nossas aulas. Nesta linha, foram selecionadas e/ou elaboradas atividades e empregadas estratégias diversificadas para propiciar, da forma mais ampla possível, este exercício metacognitivo. Esta diversificação de atividades e estratégias enriqueceu, sobremaneira, o ensino deste conteúdo, fugindo do ensino restrito a giz e lousa, encontrado, muitas vezes, na realidade do ensino público. Desta forma, desenvolveram-se atividades relativas a questões e problemas abertos, demonstrações investigativas, textos de história da ciência, textos de apoio e recursos tecnológicos. Em todas elas, a relação professor-aluno foi o foco de nossas discussões, sempre procurando as melhores condições de trabalho do professor, para que os alunos construíssem, a partir de sua linguagem cotidiana, uma linguagem científica (Lemke 1997; Driver e Newton 1997).

Os principais conceitos da Termodinâmica como: calor, temperatura, calor específico, energia, solidificação, etc., são familiares aos alunos em uma linguagem coloquial. O nosso problema foi proporcionar condições, a partir de nossas atividades, para que os alunos passassem dessa linguagem coloquial, na qual os conceitos são indissociáveis, para uma linguagem científica, em que cada palavra tem um significado preciso e os conceitos são relacionados por formulações matemáticas. O entendimento e o domínio dessas três linguagens – a cotidiana, a científica e a matemática –, pelos alunos, foi o nosso principal objetivo.

Não queríamos que nosso curso retratasse a Ciência de uma maneira positivista, como é comumente ensinada nas escolas, onde sempre existem “respostas certas” e os dados dos experimentos conduzem incontestavelmente às conclusões.

Procuramos, em nossas discussões, no LaPEF, e em nossas aulas, apresentar a Ciência (neste caso, a Termodinâmica) como um processo em que o conhecimento científico é (em sala de aula) e foi (na História da Ciência) socialmente construído. Nesta mesma linha, os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio propõem, entre as habilidades e competências a serem desenvolvidas: “Compreender as ciências como construções humanas, entendendo como elas se desenvolveram por acumulação, continuidade ou ruptura de paradigmas, relacionando o desenvolvimento científico com a transformação da sociedade.”

O papel da argumentação entre os alunos foi bastante valorizado e muitas atividades em grupo, para discutirem questões específicas, foram planejadas e realizadas em classe. Procuramos que as atividades dadas em aula proporcionassem aos nossos alunos boas oportunidades para suas práticas discursivas, socializando os jovens na argumentação científica (Driver e Newton 1997).

Nossas experiências de laboratório, mesmo as de demonstração, foram planejadas a fim de que os alunos expusessem suas idéias – na busca de explicações para os fenômenos apresentados, testando os seus modelos explicativos espontâneos e, auxiliados pelas argumentações: aluno–aluno, aluno–professor, aluno–textos – construíssem seus modelos científicos.

Muito se tem discutido sobre a necessidade de se mudar a prática docente tradicional, mas poucos materiais trazem propostas claras, objetivas e práticas para os professores que têm pouco (ou quase nenhum) tempo para dedicar ao estudo de teorias pedagógicas e, além disso, encontram grande dificuldade para aplicá-las de fato. Assim, nossa intenção, nesse trabalho, é mostrar atividades que podem ser efetivamente aplicadas em um curso para alunos do ensino médio, apresentando as teorias que embasam cada uma delas.

Elaboramos nosso planejamento, usando:

- a) textos históricos, pois, afinal, a Física, como todas as ciências, desenvolveu-se relacionada às diferentes épocas e situações sócio-culturais, e pensamos que o aluno, diante do texto histórico, percebe o desenvolvimento de seu modo de pensar, que pode ser semelhante ao que ocorreu na história, fazendo um “diálogo” com os textos;
- b) experiências de demonstração investigativa. São demonstrações por serem feitas pelo professor e observadas pelos alunos. Porém, são investigativas, na medida em que não são usadas para ilustrar uma teoria, mas para fazer o aluno refletir sobre o assunto, sobre o que ele está vendo e buscar a explicação conceitual para o observado;
- c) laboratório aberto. É um tipo de laboratório em que o aluno participa ativamente de todas as etapas, desde a elaboração de hipóteses, até a elaboração da conclusão, junto com o professor. O laboratório aberto é uma atividade bastante importante, pois coloca o aluno em contato com o trabalho científico, tal como ele é feito, no qual, ao final do trabalho, é produzido um relatório experimental, que é o conjunto de todas as etapas desenvolvidas em classe, com gráficos, equacionamento de retas, etc.;
- d) questões e problemas abertos. São questões para discussão em grupo, por meio das quais novas situações são apresentadas. O grupo de alunos discute e apresenta suas respostas, sempre com base na teoria explicada. Os problemas abertos são situações gerais, que são apresentadas aos grupos ou à classe, para se discutir desde as condições de contorno, até as possíveis soluções das mesmas;
- e) textos de apoio. São textos adaptados e/ou sugeridos de livros, que auxiliam o aluno e dão o embasamento teórico imprescindível para que ele possa estudar e esclarecer as possíveis dúvidas, em casa ou nas discussões das questões e problemas, e nas avaliações com consulta;

- f) recursos tecnológicos. Em certos conteúdos, a visualização do modelo auxilia e facilita a compreensão dos fenômenos estudados. Procuramos, assim, introduzir, também, novas tecnologias, a fim de motivar o aluno.

Não se trata, portanto, de um manual de atividades, mas de sugestões e princípios norteadores para que o professor, a partir dessa leitura, possa desenvolver uma atividade docente em que, refletindo sobre sua prática, perceba a importância de um ensino de Física baseado na investigação, em que tanto professores como alunos possam, efetivamente, participar da construção do conhecimento.

Cada item desses será desenvolvido em um capítulo, no qual se encontram a fundamentação teórica, os exemplos de atividades, como usamos em sala de aula e exemplos do trabalho desenvolvido com os alunos.

Esperamos que nossa experiência seja útil e colocamos-nos à disposição para qualquer sugestão, comentário ou crítica.

1

ATIVIDADES DE HISTÓRIA DA CIÊNCIA

DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES LIGADAS AOS TEXTOS HISTÓRICOS

Em diversos trabalhos de pesquisa em ensino de Física, destaca-se a relevância da função da História da Ciência no seu ensino e aprendizagem. Neste capítulo, abordaremos os pressupostos teóricos, envolvendo a importância do conhecimento da História da Ciência no processo de ensino, e estratégias de utilização dos textos históricos em sala de aula. Serão apresentados, também, os textos selecionados para as atividades de ensino, sugestões de momentos de sua utilização, ao longo de um planejamento de aulas, e o detalhamento de como foram desenvolvidos com nossos alunos.

■ PRESSUPOSTOS TEÓRICOS

IMPORTÂNCIA DO CONHECIMENTO DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM

No que se refere ao conhecimento da História da Ciência e à utilização de textos históricos, pensamos na melhoria da qualidade de ensino, na linha destacada por Castro e Carvalho (1992), da qual transcreveremos, a seguir, trechos da publicação, em que se ressalta a importância do conhecimento da História da Ciência, tanto para o aluno como para o professor, no processo de ensino-aprendizagem:

□ Para o professor,

- “Conhecer o passado das idéias e buscar compreender o progresso delas, pode ajudar a conhecer a ciência como recorte da realidade que se relaciona com outras atividades humanas, com outros diferentes recortes. O professor, em formação, poderá inteirar-se dos obstáculos que travam o desenvolvimento da ciência, as dificuldades de percurso ao longo da evolução das idéias e conteúdos, e isso poderá fazer com que ele não subestime as dificuldades de seus alunos e reconheça a complexidade de certos conceitos que ensina (Satiel e Viennot, 1985). Assim, poderá pôr um fim à ilusão de que simplesmente repetindo, transmitindo informações, que nem sempre são compreendidas, não se chega à construção efetiva de conhecimento. Procurará, então, estabelecer estratégias (Gagliard, 1988), elaborar atividades desequilibradoras, analisará a pertinência e a prioridade dos conteúdos que vai analisar.”

□ Para o aluno,

- “... acreditamos ser a informação histórica geradora de mecanismos desinibidores que propiciam o evidenciamento de lacunas, exatamente por encaminhar o raciocínio de uma maneira mais próxima da forma de pensar do aluno, de seu agir cotidiano, levando em conta causas, motivos, co-

erências e incongruências em suas conclusões e nas dos outros. Ao conhecer um pouco mais sobre o conteúdo em estudo, quando ainda não tinha sido formulado na forma acreditada como científica, o aluno transmite com mais naturalidade suas posições e é capaz de buscar explicações em um nível mais profundo, não se contentando com meras definições ou chavões.”

- “O contato, ainda que limitado, com o conhecimento do processo de elaboração faz com que as características próprias ao saber científico apresentem-se com mais clareza para os alunos. O processo de ensino reveste-se, então, das características dos processos de investigação, passando a ser, também, uma busca interminável. Familiarizando-se com os mecanismos da ciência, o aluno adquire uma postura mais científica em relação à realidade, havendo, portanto, uma aproximação, em nível metodológico, entre o ensino da ciência e a pesquisa científica. O aluno passa a ter contato com os aspectos corriqueiros da comunidade científica, que, muitas vezes, são mascarados pela mistificação da ciência. Tomar conhecimento do mecanismo de troca de informações entre pesquisadores, saber da ocorrência de inúmeras divergências ao longo da construção das idéias, ou seja, inteirar-se melhor dos mecanismos de produção do conhecimento científico, possibilita a necessária aproximação metodológica entre a ciência e o ensino dela.”
- “Talvez seja um dos caminhos eficazes para a desmistificação da ciência enquanto ‘assunto vedado aos não iniciados’, para a ruptura com uma metodologia própria ao senso comum e às concepções espontâneas e, para, finalmente, estabelecer uma ponte para as primeiras modificações conceituais.”

Portanto, “encarar a ciência como um produto acabado confere ao conhecimento científico uma falsa simplicidade que se revela cada

vez mais como uma barreira a qualquer construção, uma vez que contribui para a formação de uma atitude ingênua ante a ciência. Ao encararmos os conteúdos de ciência como óbvios, as diversas redes de construção, edificadas para dar suporte a teorias sofisticadas, apresentam-se como algo natural e, portanto, de compreensão imediata” (Robilotta, 1988). Assim, o conhecimento científico, construção sofisticada e gradual na mente humana, passa a ser tomado como algo passível de mera transmissão, de revelação e não como conhecimento a ser elaborado. Esta atitude mostra-se claramente nociva a qualquer tentativa de se aproximar da ciência. A introdução da dimensão histórica pode tornar o conteúdo científico mais interessante e mais compreensível exatamente por trazê-lo para mais perto do universo cognitivo não só do aluno, mas do próprio homem, que, antes de conhecer cientificamente, constrói historicamente o que conhece.”

ESTRATÉGIAS DE UTILIZAÇÃO DOS TEXTOS HISTÓRICOS EM SALA DE AULA

No que concerne ao desenvolvimento de habilidades em nossos alunos, a partir de estratégias que envolvam a utilização dos textos históricos, adotamos, como pressupostos teóricos para melhoria da qualidade do ensino, aqueles desenvolvidos e levantados por Vannucchi (1996), dos quais transcrevemos:

“Pesquisas demonstram que, quando aumentam as oportunidades de discussão e argumentação, também se incrementa a habilidade dos alunos compreenderem os temas submetidos à investigação e os processos de raciocínio envolvidos (Newman, Griffin & Cole 1989; Resnick, 1987; Rogoff & Lave 1984, apud Duschl, 1995). Autores como Deanna Kuhn (apud Duschl, 1995) defendem a habilidade de argumentação como uma das realizações mais importantes na educação científica.”

Duschl (op. cit.) sustenta, desta forma, a argumentação e a explicação como práticas e objetivos das estratégias de aprendizagem. Na

mudança de enfoque proposta, as atividades instrucionais devem ser elaboradas para permitir: 1) produção de idéias e explicações, por parte dos estudantes; 2) discussão sobre essas idéias e sua compreensão; e 3) avaliação e *feedback* das mesmas.

Nota-se a concordância com o que Wheatley (1991) denomina de “aprendizagem centrada no problema”, cujas três componentes essenciais seriam: a tarefa, o trabalho em grupo, o compartilhamento das idéias. Os estudantes, inicialmente, debruçam-se sobre o problema em pequenos grupos, sendo o papel do professor, nesse momento, o de promover o trabalho cooperativo. Em um segundo momento, a classe reúne-se como um todo para o compartilhamento das idéias.

Carvalho et al. (1995), ao discutirem o papel das atividade na construção do conhecimento em sala de aula, também sugerem, como procedimento de ensino, atividades de discussão, inclusive por sua utilidade na superação de dificuldades enfrentadas pelos professores, como a impossibilidade de identificação de um ponto único pelo qual possam coordenar o trabalho de todos os estudantes. As atividades exigem do professor gradações distintas, o que inclui perguntas intermediárias, esclarecimento de dúvidas e sugestões adequadas a cada caso. Atividades de discussão – tanto as que se realizam em pequenos grupos, quanto entre professor e todo grupo – facilitariam tais procedimentos.

Além disso, considerando a dimensão social do conhecimento, situações de aprendizagem incluem, necessariamente, o diálogo. A importância que a socialização e o trabalho em grupo têm para o desenvolvimento cognitivo vem sendo demonstrada por diversos pesquisadores (Doise e Mugny, 1984; Haste, 1987; Piaget e Inhelder, 1969, apud Wheatley, 1991).

Desta forma, é preciso que os estudantes tenham oportunidades de compartilhar suas idéias com seus pares, tanto em pequenos grupos, quanto com a sociedade em sala de aula. Pequenos grupos proporcionam oportunidades para os estudantes explicarem e defenderem seus pontos de vista, processo que estimula a aprendizagem. No processo de contar aos outros como pensam sobre um problema, os estudantes ela-

boram e refinam seus pensamentos e aprofundam sua compreensão (Wheatley, op. cit.).

Soma-se, ainda, nessas situações de diálogo, o fato dos estudantes serem estimulados por desafios às suas idéias, reconhecendo a necessidade de reorganizá-las e reconceitualizá-las. Como afirmam Noddings e Shore (1984, apud Wheatley, op. cit.), “A maior parte de nós precisa do interesse e do criticismo construtivo de outros, melhor informados.” Além disso, o próprio ato de formular a maneira de expor pontos de vista promove ao indivíduo reflexão, o que leva à revisão (Haste, 1987, apud Wheatley, op. cit.)”.

TEXTOS HISTÓRICOS E ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Textos selecionados

O critério da seleção dos textos pautou-se pela escolha de material que possibilitasse o desenvolvimento dos pressupostos teóricos apresentados anteriormente, no que se refere ao conhecimento da História da Ciência (Castro e Carvalho, op. cit.), e o desenvolvimento de habilidades como exposto por Vannucchi (op. cit.).

Os momentos do curso, nos quais os textos históricos seriam utilizados, foram decididos pelo grupo de professores, durante as reuniões do projeto. Ficou estabelecido que, embora fosse interessante que textos históricos estivessem presentes em todos os tópicos a serem abordados, o fator tempo era um impeditivo para a utilização destes, dentro do planejamento de aulas previstas. A partir de pré-testes com os textos, verificou-se que o trabalho com estes demandava um número significativo de aulas, o que denotava a não possibilidade de se desenvolver o curso dentro da previsão, se os adotássemos um para cada tópico.

Resolveu-se, então, eleger textos significativos, nos quais pudéssemos desenvolver os pressupostos teóricos adotados. O trabalho de pesquisa bibliográfica utilizou, como referência básica, material do curso do PEC: “O Ensino de Termodinâmica”, realizado em 1997, a partir

do qual concebeu-se o Projeto de Melhoria da Qualidade de Ensino de Termodinâmica, que deu origem a esse livro.

O material, que continha excertos de teses, de dissertações e de outras referências bibliográficas concernentes à História da Ciência, incentivou-nos à leitura das próprias na íntegra. Assim, a partir destas leituras, foram selecionados textos que propiciassem a realização de atividades com os alunos, envolvendo: reconstrução racional, atividades dialógicas, a partir de textos originais (Maggie, 1935); utilização de textos que trabalhassem a história recontada. A seguir, a relação dos textos:

- “Termômetros: sua evolução através do tempos”. Texto sobre técnica fundamental para o avanço dos estudos relativos a calor e temperatura.
- “Calor: substância?”. Discussão dos modelos em Ciência e, neste caso, em particular, do calórico e da teoria cinético-molecular.
- “Convecção: Rumford”. Tradução de original do Conde Rumford, desenvolvendo, também, uma atividade dialógica texto-aluno.

Anexo, encontra-se o posicionamento da utilização destes textos, ao longo do planejamento do curso, e cópias dos textos utilizados.

Atividades desenvolvidas a partir dos textos

TEXTO 1 – TERMÔMETROS: SUA EVOLUÇÃO ATRAVÉS DOS TEMPOS

Texto histórico adaptado da dissertação de Castro (op. cit.), desenvolvido sob o prisma da reconstrução racional, utilizado após a atividade referente ao equilíbrio térmico, relatado no capítulo 2 desta obra.

Os alunos, divididos em grupos com quatro integrantes, realizaram a leitura do texto até o trecho que antecedia às escalas Celsius e Fahrenheit, em uma primeira etapa. Metade dos grupos foi incumbida de formular perguntas às quais a outra metade responderia, dinamizando a discussão. Privilegiou-se o trabalho em pequenos grupos, valorizando-se o diálogo e a socialização, proporcionando a oportunidade para que os estudantes explicassem e defendessem seus pontos de vista,

estimulando a aprendizagem (Wheatley, 1991). Tal dinâmica foi utilizada, já que, em uma tentativa anterior de trabalho, na qual foi somente realizada a leitura e, em seguida, a resposta de questões referentes ao texto, não se verificou maior interesse dos estudantes pela leitura. As reuniões semanais do projeto possibilitaram uma intensa troca de experiências entre os professores, a partir das quais, estratégias eram discutidas e, muitas vezes, reformuladas, de forma a aprimorar o curso, como exposto neste parágrafo.

O texto, como o próprio título sugere, discorre sobre a evolução da técnica de construção de termômetros, personagens importantes nesta trajetória e suas realizações, desnudando “processos, motivos e opções”. Além disso, resgatou-se “a discussão sobre características da atividade científica (por exemplo, a aleatoriedade/arbitrariedade de certas opções)...”, o que “também era uma forma de aproximar o discurso do aluno do discurso do cientista” (Castro, op.cit.).

Em um primeiro momento, percebeu-se uma dificuldade na elaboração de perguntas por parte dos grupos: as questões eram incompletas, parciais e, muitas vezes, sem nexo: “O que ocorreu no início do século XVII?”. Após orientação do professor, houve um melhor direcionamento na formulação destas: “Quais foram as melhorias realizadas por Santório, no início do século XVII, no seu termômetro?”. Verificou-se, portanto, que muitos alunos não possuíam a habilidade de sintetizar trechos do texto, para deles serem extraídas questões, o que passou a ser melhor observado e desenvolvido durante a orientação dos grupos.

O debate transcorreu com grande participação dos grupos, que escolhiam seus pares para efetuar as perguntas, tendo o direito de aceitar ou não a resposta dada, justificando as recusas, sendo permitido, portanto, réplica e tréplica. Incentivava-se, assim, a argumentação, como sustentada por Duschl (op.cit.). Caso o grupo inquirido não conseguisse responder à pergunta, qualquer outro grupo poderia fazê-lo.

Findo o debate, os grupos responderam às seguintes questões, como forma de avaliação de compreensão da primeira parte do texto:

1. Entre outras contribuições para a técnica de construção de termômetros, encontramos:
 - a) Fernando II fechando a extremidade do tubo do termômetro, sugerido por Jean Rey;
 - b) Fahrenheit, propondo a substituição de um bulbo esférico por um bulbo cilíndrico.

Explique por que podemos dizer que ambas contribuições foram melhorias.

2. Na evolução da construção dos termômetros, nota-se que houve uma mudança das substâncias termométricas utilizadas. Qual(is) foi(ram) o(s) motivo(s) dessas mudanças? E, em relação às escalas, por que foi necessária a elaboração de escalas termométricas?

Na segunda parte do texto, que envolvia as escalas Celsius e Fahrenheit e suas relações, houve necessidade de orientação do professor para que se chegasse às relações: $t_F = 1,8.t_C + 32$ e $t_C = (t_F - 32)/1,8$. Nas trocas de experiências entre os professores, esta divisão do texto em duas partes, foi julgada como necessária, pois, em testes prévios, propôs-se aos estudantes que fossem feitas perguntas também deste trecho do texto e pouquíssimos alunos apresentaram compreensão significativa da relação entre as escalas e, até mesmo, de como foi o processo para o estabelecimento das escalas termométricas.

Com esta divisão, e por conseguinte, com um trabalho mais específico da segunda parte, conseguiu-se desenvolver com o aluno, de forma mais eficaz, o ensino deste conteúdo. Como forma de avaliação da compreensão deste trecho, foram propostas as seguintes questões:

3. Como cada personagem estabeleceu sua escala? Como você faria a sua?
4. Como você transformaria uma temperatura da escala que você criou para uma temperatura em graus Celsius?

5. Troque a escala criada pelo seu grupo com a de outros grupos e chegue às relações necessárias para as conversões entre as escalas.
6. Dois termômetros de vidro foram construídos, utilizando-se, em um deles, como substância termométrica, o mercúrio e, no outro, o álcool. Em cada um deles foram marcados os mesmos pontos fixos – o de fusão do gelo e o de ebulição da água –, correspondendo aos mesmos valores numéricos. O intervalo entre estes dois pontos fixos foi dividido em 100 partes, em ambos os termômetros, estabelecendo, assim, uma mesma escala para os dois. As indicações desses dois termômetros sempre coincidem? Por quê?
7. Dois estudantes de Física faziam medições de temperatura em um laboratório. Um deles usando termômetro graduado em escala Celsius e o outro usando termômetro graduado em escala Fahrenheit. Observaram que uma determinada temperatura era indicada, pelos dois termômetros, pelo mesmo valor numérico. Que temperatura era esta?

TEXTO 2 – CALOR: SUBSTÂNCIA?

Este texto, extraído da dissertação de Castro (op. cit.), tradução do *Source Books on Physics*, foi desenvolvido sob o caráter de atividade dialógica: “traduziria a necessidade de estabelecer um diálogo (e não um paralelo) entre o processo de construção da ciência pelos cientistas e o processo de construção compreendido pelos alunos. A partir de dúvidas, questões ou mesmo concepções detectadas em sala de aula, voltaríamos à história, a fim de, por meio dela, identificar como os obstáculos foram transpostos, como as barreiras foram removidas ou, apenas, como os homens da ciência lidaram com as mesmas preocupações que os alunos, vez por outra, parecem manifestar.” Associado ao texto do *Source Book*, foi utilizado o texto de apoio do *GRAF*, sobre a teoria cinético-molecular da matéria. Nestes, apresentavam-se as duas teo-

rias ligadas ao calor: o calor como calórico e o calor como energia, na visão da teoria cinético-molecular.

Como no texto anterior, sua leitura foi precedida por uma atividade motivadora: a demonstração investigativa de condução (capítulo 2), na qual objetivava-se a explicitação das idéias prévias dos estudantes a respeito do fenômeno da condução de calor. Com este texto, esperava-se que os estudantes pudessem identificar qual teoria mais se aproximava de suas explicações e “inteirar-se dos obstáculos que travam o desenvolvimento da ciência, as dificuldades de percurso ao longo das idéias e conteúdos...” (Satiel e Viennot, 1985).

A discussão do texto propiciou uma introdução ao questionamento da importância dos modelos na Ciência. Com a orientação do professor, os alunos puderam relacionar os seus modelos explicativos com os do texto e caracterizá-los de forma mais detalhada.

Mais uma vez, os estudantes tiveram “oportunidades para compartilhar suas idéias com seus pares, tanto em pequenos grupos, quanto com a sociedade em sala de aula..., explicarem e defenderem seus pontos de vista, processo que estimula a aprendizagem” (Wheatley, op.cit.).

Quanto à avaliação da compreensão, parte dos professores valeu-se da verificação das respostas verbais, dadas pelos grupos, no que se refere aos modelos citados, e outros, ainda, por meio de questões dissertativas que foram respondidas pelos grupos:

1. Qual a dúvida que pairava sobre Rumford a respeito da natureza do calor?
2. Como o trabalho com os canhões, auxiliou Rumford a discordar do modelo do calórico?
3. Explique o experimento da condução realizada em sala de aula, utilizando, inicialmente, o modelo do calórico e, posteriormente, o modelo cinético-molecular.

TEXTO 3 – CONVECÇÃO

O texto foi trabalhado, após a demonstração investigativa (capítulo 2) da convecção, na qual os estudantes foram estimulados a

formular hipóteses sobre o que ocorreria e fornecer explicações a respeito do fenômeno observado. Desenvolvendo, mais uma vez, a “argumentação e a explicação como práticas e objetivos das estratégias de aprendizagem” (Duschl, op.cit.). Ao tentar explicar o fenômeno, a partir de sua observação, o estudante aproxima-se da situação em que Rumford, ao observar o bulbo do termômetro, próximo à janela, percebe, também, o fenômeno. Faz-se, então, a comunicação entre passado e presente.

Realizou-se a leitura do texto com os alunos, praticamente, parágrafo por parágrafo, na qual eles eram questionados, pelo professor, da compreensão do trecho lido, por meio de perguntas. Questões finais de compreensão foram propostas, a saber:

1. Como o conde de Rumford descobriu que o calor se propaga por convecção?
2. O autor do texto afirma que “se os líquidos não são condutores de calor, qualquer coisa que tendesse a obstruir esse movimento deveria retardar a operação”, isto é, o aquecimento do líquido. De acordo com a teoria cinético-molecular, por que os líquidos não são bons condutores de calor?
3. Nota-se que Rumford usa, ainda, explicações coerentes com a teoria do calórico. Em que trecho isso aparece? Como poderia ser explicado pela teoria cinético-molecular?

A seguir, estão os textos utilizados em sala de aula.

**FACULDADE DE EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
PROJETO: MELHORIA DO ENSINO DE TERMODINÂMICA**

**TEXTO 1
TERMÔMETROS: SUA EVOLUÇÃO
ATRAVÉS DOS TEMPOS**

Como pudemos verificar, por meio do experimento da “medida” de temperatura pelo tato (cap. 02), as sensações podem nos enganar facilmente, levando-nos a conclusões errôneas sobre a temperatura deste ou daquele corpo. Daí, a necessidade da criação de um instrumento capaz de medir a temperatura, de forma precisa e confiável.

Estas tentativas remontam aos antigos filósofos gregos, passando pelo início da era cristã (quando alguns médicos tentavam representar, numericamente, as diversas graduações de “quente” e “frio”) e tomando fôlego no final do século XVI, permitindo avanços significativos no estudo de fenômenos ligados à física térmica.

O final do século XV trouxe ao mundo o termoscópio de Galileu, instrumento de medida de variação de temperatura construído por Galileu Galilei, inspirado nas idéias dos antigos filósofos gregos (fig.1).

O aparelho consistia em um bulbo esférico de vidro, acoplado a um tubo cilíndrico longo e de diâmetro reduzido, de mesmo material do bulbo, que era mergulhado dentro de uma cuba com água na posição indicada na figura 1. Devido à pressão atmosférica, atuante sobre a superfície da água, esta subia pelo tubo, formando uma coluna d'água.

Aquecendo-se o bulbo, o ar, contido no seu interior, sofria uma expansão, empurrando a coluna d'água para baixo, variando a sua altura. Tinha-se, portanto, como substância termométrica, o ar, que sofria expansão ou contração, a partir do aquecimento ou resfriamento do bulbo de vidro. O aparelho, no entanto, não possuía graduação, em forma de escala, ficando ao observador a "medida" da temperatura, pelo acompanhamento da variação da coluna d'água.

A graduação, em forma de escala no tubo do termoscópio de Galileu, coube ao médico Santório, no início do século XVII, que utilizava o instrumento para medir a temperatura de seus pacientes. Jean Rey, médico francês, em meados daquele século, modificou o termômetro de Santório (fig.2), virando-o e preenchendo-o com água. Esta passou a ser a substância termométrica que, com o aquecimento ou resfriamento do bulbo, expandia-se ou contraía-se. O inconveniente deste modelo, no entanto, era que a extremidade do tubo era aberta, o que permitia a evaporação da água e a influência da pressão atmosférica sobre o líquido.

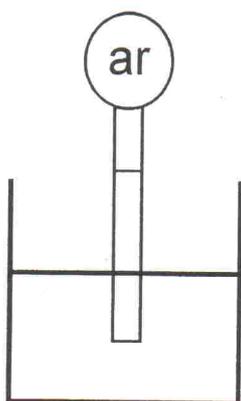


Figura 1.



Figura 2.

Semelhante ao termômetro de Jean Rey, veio o de Fernando II, que fechou a extremidade do tubo e utilizou como substância termométrica o álcool. Como criador de galinhas, este nobre italiano (Duque de Toscana), interessou-se pela construção de termômetros, com a finalidade de manter constante a temperatura dos ovos durante a incubação em chocadeiras artificiais.

Em relação às escalas termométricas criadas, ao final do século XVIII, haviam sido catalogadas mais de 60 destas, dada a arbitrariedade na sua criação. Em geral, escolhiam-se dois pontos fixos facilmente reproduzíveis, associando-se a estes valores numéricos, dividindo-se, em seguida, o intervalo entre os números em partes iguais.

Dentre as escalas atualmente utilizadas, destacamos a Celsius e a Fahrenheit. A primeira, proposta pelo astrônomo sueco Anders Celsius, em meados do século XVIII, e a segunda, em 1724, pelo físico holandês Daniel Gabriel Fahrenheit.

Celsius determinou como pontos fixos da sua escala: o ponto de fusão do gelo, associando a este o valor de zero grau; e o ponto de ebulição da água, associando a este o valor de cem graus. Se dividirmos o intervalo entre estes números, em unidades, teremos cem unidades. Por isso, a escala também era conhecida como centígrada. Esta nomenclatura foi abolida a partir de 1948, sendo a escala denominada, oficialmente, a partir de então, como escala Celsius.

Fahrenheit, em 1724, anteriormente a Celsius, já havia adotado como pontos fixos, o de fusão do gelo e o de ebulição da água, associando, respectivamente, a estes, os valores de trinta e dois, e duzentos e doze graus. Em suas observações, notou que barômetros possuíam mercúrio no seu interior e que este era uma substância extremamente sensível à variação de temperatura. Foi o primeiro, então, a utilizar, em seus termômetros, esta substância e a substituir os bulbos esféricos pelos cilíndricos, na construção destes aparelhos. Atualmente, os países de língua inglesa ainda utilizam a escala Fahrenheit, embora a Celsius tenha sido adotada como escala termométrica padrão para todos os países do mundo.

Dado que as escalas apresentadas possuem diferenças quanto a sua graduação (figura 3), é importante saber relacioná-las. A variação de 1 grau na escala Celsius, não corresponde a mesma variação na Fahrenheit, ao mesmo tempo que 0 grau Celsius corresponde a 32 graus Fahrenheit, por exemplo. Na escala Fahrenheit, o intervalo entre os pontos fixos é de 180 divisões, ao passo que, na Celsius, é de 100 divisões.

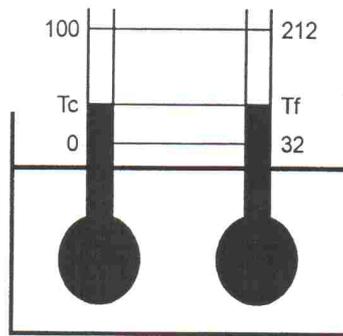


Figura 3.

Isto posto, chegamos a relação entre as variações de temperatura como sendo:

$$\Delta F = 1,8.\Delta C;$$

e a transformação de valores de uma escala para outra como:

$$tf = 1,8.tc + 32$$

**FACULDADE DE EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**
PROJETO: MELHORIA DO ENSINO DE TERMODINÂMICA

TEXTO 2

CALOR: SUBSTÂNCIA ?

Estando recentemente encarregado da superintendência de perfuração de canhões, em uma oficina de arsenal militar em Munique, fiquei impressionado com o considerável grau de calor que uma peça metálica adquire, em pequeno tempo, sendo perfurada; e com o calor até mais intenso (maior do que o da água fervente, como comprovei pela experiência) das lascas metálicas originadas pela perfuração.

Quanto mais eu pensava nestes fenômenos mais eles pareciam ser para mim curiosos e interessantes. Uma completa investigação deles parecia, ao mesmo tempo, oferecer uma satisfatória interpretação para a natureza oculta do calor e nos tornar capazes de tecer algumas conjecturas razoáveis em relação à existência ou não de um fluido ígneo: um assunto que há muito tem dividido a opinião dos filósofos. (...)

De onde vem o calor produzido na operação acima mencionada?

É ele fornecido pelas lascas metálicas que são separadas do metal pelo perfurador? Se este fosse o caso, então, de acordo com as modernas doutrinas de calor latente e do calórico, a capacidade para o calor das partes do metal reduzidas em lascas deveria não somente ser mudada, mas a mudança sofrida por elas deveria ser suficientemente grande para justificar o calor produzido.

Mas tal mudança não ocorre. Tomando iguais quantidades, em peso, destas lascas e de finas camadas do mesmo bloco metálico, separadas por meio de uma serra muito boa, coloquei-as a uma mesma temperatura (igual a da água fervente), em quantidades iguais de água fria (temperatura de 59,5°F); a porção de água na qual as lascas foram colocadas não foi mais ou menos aquecida que a outra de água, na qual as placas metálicas foram colocadas.

Este experimento foi repetido várias vezes; o resultado foi sempre o mesmo e não pude determinar nada, nem mesmo que a mudança tinha sido produzida no metal, pela produção de lascas, por meio da observação de sua capacidade para o calor.

É, pois, evidente que o calor produzido não podia ter sido fornecido pelo “gasto” do calor latente das lascas metálicas (Magie, 1935; p.151-152).

“O que é o calor? Há alguma coisa como um fluido ígneo? Há algo que possa ser propriamente chamado de calórico?”

Temos visto que uma considerável quantidade de calor pode ser produzida na fricção de duas superfícies metálicas e libera um constante fluxo, em todas as direções, sem interrupções ou intermissões e sem nenhum sinal de diminuição ou esgotamento.

De onde vem o calor que é continuamente liberado desta maneira nos experimentos precedentes? Foi ele fornecido por pequenas partículas do metal, arrancadas da massa sólida que foi atritada? Este, como já vimos, não pode ter sido o caso.

Foi ele fornecido pelo ar? Isto não pode ser, uma vez que em três dos experimentos o maquinário esteve imerso em água e o acesso do ar atmosférico foi completamente evitado.

Foi ele fornecido pela água que envolve o maquinário? Que isto não pode ser é evidente. Primeiro, porque esta água estava recebendo continuamente calor e não poderia dar calor a um corpo ao mesmo tempo que o recebe dele. Segundo, porque não houve nenhuma decomposição química (o que não seria razoável esperar). Se houvesse, um de seus componentes elásticos (mais provavelmente o ar inflamável) de-

veria ao mesmo tempo ter sido posto em liberdade e, escapando para a atmosfera, teria sido detectado. Embora eu tivesse examinado frequentemente a água, para ver se alguma borbulha de ar subia através dela e tivesse igualmente preparado para pegá-las e examiná-las se alguma surgisse, não pude perceber nada: não havia sinal de decomposição de qualquer tipo, nem outro processo químico ocorreu na água. (...)

Não devemos esquecer de considerar esta mais remarcável circunstância, na qual a fonte de calor gerada por fricção parecia evidentemente inexaurível.

É forçosamente necessário admitir que o que um corpo isolado ou sistema de corpos podia produzir de modo contínuo, sem limitação, não podia ser substância material e parece-me extremamente difícil, senão impossível, imaginar algo capaz de ser produzido ou comunicado da forma como o calor o foi nestes experimentos, exceto se ele for movimento. (Magie, 1935, p.160-161).”

QUESTÕES

1. Qual a dúvida que pairava sobre Rumford a respeito da natureza do calor?
2. Como o trabalho com os canhões auxiliou Rumford a discor-
dar do modelo do calórico?
3. Faça uma explicação do experimento da condução realizada em sala de aula, utilizando, inicialmente, o modelo do calórico e, posteriormente, o modelo cinético-molecular.

**FACULDADE DE EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
PROJETO: MELHORIA DO ENSINO
DE TERMODINÂMICA**

**TEXTO 3
CONVECÇÃO**

Benjamim Thompson, Conde Rumford, nasceu em Rumford, hoje Concord, New Hampshire, em 26 de março de 1753. As circunstâncias de sua infância foram tais que teve pouca educação sistemática. Na eclosão da revolução americana, serviu, por pouco tempo, no exército americano, mas, ofendido e talvez influenciado por princípios políticos, assim que deixou o serviço, navegou para a Inglaterra. Lá travou relações com Lorde George Sackville, que o patrocinou e lhe deu oportunidade de pesquisar ciência. Ele retornou para a América, por pouco tempo, no Serviço Britânico, e, após o estabelecimento da paz, foi para a Alemanha, a fim de servir na guerra contra os turcos. A família Real da Bavária recebeu-o, empregando-o como ministro da guerra e em vários outros serviços. Deram-lhe o título de Conde Rumford. Ele permaneceu trabalhando na Bavária, exceto por um pequeno intervalo de tempo, até 1799. Então, foi para Paris, onde viveu solitário, em Auteuil, até sua morte, em 21 de agosto de 1814.

Os trechos que seguem foram tirados do *Collected Works* de Rumford, dos quais várias edições foram publicadas. O primeiro deles, que trata da propagação de calor nos fluídos, no qual Rumford descreve sua descoberta da convecção, foi extraído do Vol. II, Ensaio II (VII).

CONVECÇÃO

No decorrer de um conjunto de experimentos sobre a transmissão de calor, nos quais eu tive oportunidade de usar termômetros de tamanho incomum (seus bulbos globulares tinham em torno de quatro polegadas de diâmetro), cheios de vários tipos de líquido. Expus um deles, que estava cheio de álcool de vinho, a um calor tão grande quanto ele é capaz de suportar. Posteriormente, eu o coloquei em uma janela, para esfriar. Dirigindo meus olhos para seu tubo, observei um fenômeno que me surpreendeu, e, ao mesmo tempo, interessou-me de fato: eu vi a massa inteira de líquido no tubo com um movimento muito rápido, em sentidos opostos, para cima e para baixo, ao mesmo tempo. O bulbo do termômetro, que era de cobre, fora feito dois anos antes que eu encontrasse tempo de fazer meus experimentos, e, tendo permanecido vazio, sem ter sido fechado com uma rolha, ocorreu que algumas pequenas partículas de pó encontraram caminho para dentro dele e essas partículas, que estavam intimamente misturadas ao álcool do vinho, sendo iluminadas pelos raios de sol, ficaram perfeitamente visíveis (como a poeira no ar de um quarto escuro que é iluminada e torna-se visível pelos raios de luz que vêm de um buraco) percebendo-se os movimentos violentos pelos quais o álcool de vinho, no tubo do termômetro, era agitado.

Este tubo, que tinha 0,43 polegadas de diâmetro interno, era muito fino e composto de um vidro incolor muito transparente, que tornava a visão clara e distinta e extraordinariamente bonita. Examinando o movimento do álcool de vinho com uma

lente, percebi que a corrente ascendente ocupava o eixo do tubo e a descendente os lados do tubo.

Inclinando um pouco o tubo, a corrente ascendente saía do eixo e ocupava o lado do tubo que estava mais elevado e a corrente descendente o espaço mais baixo dela.

Quando o resfriamento do álcool de vinho no tubo foi apressado, molhando o tubo com água gelada, as velocidades de ambas as correntes ascendente e descendente foram sensivelmente aceleradas.

A velocidade dessas correntes reduziu lentamente, quando o termômetro foi esfriado; e, quando ele adquiriu a temperatura próxima à do ar do quarto, o movimento cessou inteiramente.

Embrulhando o bulbo do termômetro em pele ou qualquer outra coberta aquecida, o movimento pode ser grandemente prolongado.

Eu repeti o experimento com um termômetro semelhante de mesmas dimensões, preenchido por óleo de linhaça, colocando na janela para esfriar, e o observado foi exatamente o mesmo. As direções das correntes e os locais que ocupavam no tubo eram os mesmos; e seus movimentos eram, aparentemente tão rápidos quanto no termômetro cheio de álcool de vinho.

Não tendo, então, por mais tempo, qualquer dúvida com respeito à causa dessas observações e estando convencido de que o movimento desses líquidos foi causado pelas partículas, *movendo-se individualmente e sucessivamente*, para dar todo seu calor para o lado frio do tubo, do mesmo modo que eu mostrei em outro lugar que as partícu-

las de ar desprendem seu calor para outros corpos. Fui levado a concluir que esses e, provavelmente, todos os outros líquidos são, de fato, *não condutores* de calor; e fui trabalhar imediatamente em planejar experimentos para colocar essa questão fora de dúvida.

Considerando os fatos atentamente, pareceu-me que, se os líquidos fossem de fato *não condutores* de calor ou se este se propagasse naqueles *apenas* em consequência dos movimentos internos de suas partículas, nesse caso, qualquer coisa que tendesse a obstruir aquele movimento, deveria certamente retardar a operação e tornar a propagação de calor mais lenta e mais difícil”.

Rumford descreve, então, experimentos relativos ao resfriamento de termômetros, cujos bulbos estavam imersos em água pura e em água engrossada com amido ou contendo penugem de ave ou maçãs cozidas. O resfriamento era invariavelmente mais lento, quando o movimento livre da água era restrito por corpos estranhos.

● **Observação:** 1 polegada = 2,5 cm

QUESTÕES

1. Como o conde de Rumford descobriu que o calor se propaga por convecção?
2. O autor do texto afirma que “se os líquidos não são condutores de calor qualquer coisa que tendesse a obstruir esse movimento deveria retardar a operação”, isto é, o aquecimento do líquido. De acordo com a Teoria Cinético-Molecular, por que os líquidos não são bons condutores de calor?
3. Nota-se que Rumford ainda usa explicações coerentes com a Teoria do calórico. Em que trecho isso aparece? Como poderia ser explicado pela Teoria Cinético-Molecular?

2

DEMONSTRAÇÕES EXPERIMENTAIS INVESTIGATIVAS

O QUE SÃO DEMONSTRAÇÕES EXPERIMENTAIS INVESTIGATIVAS

Geralmente, as demonstrações de experimentos em ciências são feitas com o objetivo de ilustrar uma teoria, ou seja, o fenômeno é demonstrado a fim de comprovar uma teoria já estudada ou em estudo.

O grupo acredita que demonstrações experimentais podem trazer uma contribuição ainda maior para o ensino de ciências, desde que envolvam uma investigação acerca dos fenômenos demonstrados.

As chamadas demonstrações experimentais investigativas, utilizadas pelo grupo, são, portanto, demonstrações que partem da apresentação de um problema sobre o fenômeno a ser estudado e da investigação a respeito deste fenômeno. Neste contexto, percebemos mudanças significativas no que se refere ao papel do professor e do alu-

no: o professor torna-se um orientador em sala de aula, tentando conduzir seus alunos, pela argumentação e pela proposição de questões, ao levantamento de hipóteses acerca da atividade experimental apresentada, com o objetivo de levar estes alunos a procurar possíveis explicações causais para o fenômeno observado, ou seja, serem ativos no processo de construção do conhecimento.

O PAPEL DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO

Uma atividade experimental (não necessariamente de laboratório) é, sem dúvida, uma importante estratégia no ensino de Física e de Ciências em geral. Moreira e Levandowski (1983) ressaltam que a atividade experimental "...é componente indispensável no ensino da Física..." e que "...esse tipo de atividade pode ser orientada para a consecução de diferentes objetivos....".

Neste momento, faremos uma análise geral sobre as atividades experimentais que tenham por objetivo principal, levar a um ensino por investigação.

Utilizar experimentos como ponto de partida, para desenvolver a compreensão de conceitos, é uma forma de levar o aluno a participar de seu processo de aprendizagem, sair de uma postura passiva e começar a perceber e a agir sobre o seu objeto de estudo, relacionando o objeto com acontecimentos e buscando as causas dessa relação, procurando, portanto, uma explicação causal para o resultado de suas ações e/ou interações.

Para Carvalho et al. (1995) "As atividades ocupam um papel fundamental num ensino que tem por objetivo proporcionar condições ao aluno para que ele construa seu conhecimento". Para isto, a atividade deve estar acompanhada de situações problematizadoras, questionadoras e de diálogo, envolvendo, portanto, a resolução de problemas e levando à introdução de conceitos.

A resolução de problemas que leva a uma investigação deve estar fundamentada na ação do aluno. Segundo Moreira (1983), uma implicação imediata da teoria de Piaget, para o ensino, “é a de que ele deve ser acompanhado de ações e demonstrações e, sempre que possível, deve dar aos alunos a oportunidade de agir (trabalho prático)”.

Portanto, para que a atividade experimental possa ser considerada uma atividade de investigação, a ação do aluno não deve se limitar apenas ao trabalho de manipulação ou observação. Ela pode, também, conter características de um trabalho científico. Para Carvalho et al. (1998) “A resolução de um problema pela experimentação deve envolver também reflexões, relatos, discussões, ponderações e explicações, características de uma investigação científica”.

Esta investigação, porém, deve ser fundamentada, ou seja, é importante que uma atividade de investigação faça sentido para o aluno, de modo que ele saiba o porquê de estar investigando o fenômeno que a ele é apresentado. Para isto, é fundamental, neste tipo de atividade, que o professor apresente um problema sobre o que está sendo estudado. A colocação de uma questão ou problema aberto como ponto de partida é ainda um aspecto fundamental para a criação de um novo conhecimento. Bachelard (1996) assinala que “todo conhecimento é resposta a uma questão”.

Para Ausubel et al. (1980), a solução de problemas envolve um grande número de habilidades. Segundo os autores:

“A solução de problemas bem sucedida requer muitas outras capacidades e qualidades, assim como poder de raciocínio, flexibilidade, improvisação, sensibilidade ao problema e astúcia tática para compreender os princípios subjacentes”.

Esta solução de problemas pode ser, portanto, um instrumento importante no desenvolvimento de habilidades e de capacidades, sejam elas as descritas acima ou, até mesmo, habilidades como de argumentação e ação.

Para Carvalho et al. (1998), além do conhecimento adquirido neste processo (que seriam de fatos e conceitos), há a aprendizagem de outros conteúdos, sendo eles: “os procedimentos e também as atitudes, os valores e as normas sem os quais os primeiros – os fatos e conceitos e procedimentos – não seriam aprendidos.”

Quando nos referimos a um *processo de construção* do conhecimento ou ainda a um *processo* de aprendizagem que envolva fatos e procedimentos, temos em mente que o processo é tão importante como o produto (aprendizagem de conceitos, por exemplo). Para Lewin e Lomascólo (1998),

“...a situação de formular hipóteses, preparar experiências, realizá-las, recolher dados, analisar resultados, quer dizer, encarar trabalhos de laboratório como ‘projetos de investigação’, favorece fortemente a motivação dos estudantes, fazendo-os adquirir atitudes, tais como curiosidade, desejo de experimentar, acostumar-se a duvidar de certas afirmações, a confrontar resultados, a obterem profundas mudanças conceituais, metodológicas e atitudinais.”

Podemos dizer, portanto, que a aprendizagem de procedimentos e atitudes torna-se, dentro do processo de aprendizagem, tão importante quanto a aprendizagem de conceitos e/ou conteúdos.

Porém, só haverá a aprendizagem destes conteúdos – envolvendo a ação e o aprendizado de procedimentos – e desenvolvimento se houver a ação do estudante, durante a resolução de um problema. Ante um problema proposto pelo professor – que muda sua postura, deixando de agir como transmissor do conhecimento, passando a agir como um guia – o aluno deve refletir, buscar explicações e participar, com mais ou menos intensidade (dependendo da atividade didática proposta e de seus objetivos), das etapas de um processo que leve à resolução do problema proposto.

Não pretendemos, porém, que a experimentação, baseada na resolução de problemas, seja suficiente para a descoberta de uma lei física e nem, tampouco, que o aluno passe por todas as etapas do proces-

so de resolução de maneira autônoma, mas, sim, que, a partir dos conhecimentos que o alunos já possuem do seu contato cotidiano com o mundo, o problema colocado e a atividade de ensino criada a partir dele venham:

- despertar o interesse do aluno;
- estimular a participação do aluno;
- apresentar uma questão que possa ser o ponto de partida para a construção do conhecimento;
- gerar discussões e levar o aluno a participar das etapas do processo de resolução do problema.

Um outro objetivo, na resolução de problemas a partir de experimentos, é proporcionar a participação do aluno de modo que ele comece a produzir seu conhecimento por meio da interação entre pensar, sentir e fazer.

O processo de pensar, que é fruto desta participação, é que faz com que o aluno comece a construir também sua autonomia (Carvalho e col., 1998).

Para Garret (1988), pensar é parte do processo de solucionar problemas “e este inclui todas as ações do ‘enfrentamento do problema’ e inclusive o reconhecimento de que existe um problema”.

A experimentação, pela observação de fenômenos em um curso de ciências, pode, ainda, ser um instrumento na criação de conflitos cognitivos. Carvalho (1992), define o conflito cognitivo como uma estratégia:

“...segundo o qual o aluno aprende se suas idéias espontâneas sobre determinados fenômenos são colocadas em conflito com as observáveis, ou seja, se suas previsões ou antecipações elaboradas dentro de um esquema conceptual espontâneo são contrariadas por resultados experimentais.”

Estes conflitos só podem ser gerados, pois, pela observação e pela ação, que são pressupostos básicos para uma atividade de demonstração investigativa.

Uma decorrência importante do ensino que busque fundamentar-se na investigação é a proximidade com a realidade acerca do que realmente é uma atividade científica. Geralmente, em livros de ciências, o “método científico” é descrito como algo fechado, uma seqüência lógica, rígida e de passos, fazendo com que o aluno pense que a ciência é fechada, criada a partir e somente da observação. Para Moreira e Ostermann (1983), uma descrição como esta “pode reforçar ou gerar várias concepções errôneas sobre ciências”.

As atividades investigativas, nas quais o aluno faz parte da construção do conhecimento, podem levar este aluno a perceber que o conhecimento científico se dá por meio de uma construção, mostrando, assim, seu aspecto dinâmico e aberto, e possibilitando até mesmo que o aluno participe desta construção.

Gil e Castro (1996) descrevem alguns aspetos da atividade científica que podem ser explorados em uma atividade investigativa, ressaltando a importância destas atividades, dentre eles estão:

1. Apresentar situações problemáticas abertas;
2. Favorecer a reflexão dos estudantes sobre a relevância e o possível interesse das situações propostas;
3. Potencializar análises qualitativas, significativas, que ajudem a compreender e acatar as situações planejadas e a formular perguntas operativas sobre o que se busca;
4. Considerar a elaboração de hipóteses como atividade central de investigação científica, sendo este processo capaz de orientar o tratamento das situações e de fazer explícitas as pré-concepções dos estudantes;
5. Considerar as análises, com atenção para os resultados (sua interpretação física, confiabilidade, etc.), a partir dos conhecimentos disponíveis, das hipóteses manejadas e dos resultados das demais equipes de estudantes;
6. Conceder uma importância especial a memórias científicas que reflitam o trabalho realizado e possam ressaltar o papel da comunicação e do debate na atividade científica;

7. Ressaltar a dimensão coletiva do trabalho científico, por intermédio de grupos de trabalho, que interajam entre si.

Podemos dizer também que, neste tipo de trabalho, há um envolvimento emocional por parte do aluno, pois ele passa a usar suas estruturas mentais de forma crítica, suas habilidades e também suas emoções. Mais uma vez, o processo de aprendizagem mostra-se importante, pois se o objetivo é o ensino de procedimentos científicos, o método é conteúdo.

O PROFESSOR E O ALUNO EM UMA PROPOSTA INVESTIGATIVA

Um aspecto que fica evidente, na análise feita sobre o papel da experimentação, é o da mudança de atitude que esta metodologia deve proporcionar tanto ao aluno como à prática do professor.

Em uma proposta que utilize a experimentação com os objetivos descritos anteriormente, o aluno deixa de ser apenas um observador das aulas, muitas vezes, expositivas, passando a exercer grande influência sobre ela: argumentando, pensando, agindo, interferindo, questionando, fazendo parte da construção de seu conhecimento. Com isso, deixa de ser apenas um conhecedor de conteúdos, para “aprender” atitudes, desenvolver habilidades – como argumentação, interpretação, análise, entre outras.

Duschl (1998) descreve as mudanças de atitude, em uma aula em que o aluno passa a agir, da seguinte maneira:

“Em particular, quando os estudantes têm oportunidades para elaborar, questionar, e defender enunciados científicos, um observador encontrará uma ampla gama de conversações em pequenos grupos e no conjunto da classe, variedades de idéias nos relatórios dos estudantes.... Em tais condições, o professor se converte em facilitador e talvez mais importante, provocador.”

Para tanto, muito mais do que saber a matéria que está ensinado, o professor, que se propuser a fazer de sua atividade didática uma atividade investigativa, deve se tornar um professor questionador, que saiba argumentar, conduzir perguntas, estimular, propor desafios, ou seja, passe de simples expositor a orientador do processo de ensino. Carvalho et al. (1998), descreve a influência do professor em um ensino no qual o aluno faz parte da construção de seu conhecimento, da seguinte maneira:

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

COMO TRABALHAMOS AS ATIVIDADES DEMONSTRATIVAS

De uma maneira geral, as demonstrações feitas em sala de aula, partiam sempre de um problema. Este problema era apresentado à classe pelo professor, que, por meio de questões feitas aos alunos, procurava “detectar” que tipo de pensamento, seja ele intuitivo ou de senso comum eles possuíam sobre o assunto. Com isso, pretendíamos que o aluno exercitasse suas habilidades de argumentação, chegando, através deste processo, à elaboração do conceito envolvido.

Para alguns alunos, muitas vezes, a “solução” para o problema parecia simples. Isto porque estávamos trabalhando diretamente com questões relacionadas ao cotidiano deste aluno, mas, em geral, nenhum aluno possuía uma explicação científica para o que estava sendo observado. O papel do professor foi o de construir, com os alunos, essa passagem do saber cotidiano para o saber científico, por intermédio da investigação e do próprio questionamento acerca do fenômeno.

A partir da formulação do problema e de uma discussão geral com a sala de aula, que se diversificou para cada experiência, como veremos a seguir, a demonstração era realizada e, só então, iniciava-se uma discussão sobre o que havia sido observado e, também, sobre qual seriam as explicações científicas sobre o observado, muitas vezes auxiliada por textos de história da ciência, que mostravam a evolução do conceito envolvido (Capítulo 1).

Além destas discussões, em todas as atividades experimentais demonstrativas, os alunos tiveram que refletir sobre o que havia acontecido, descrever as suas observações. Ou seja, as reflexões, discussões, relatos e ponderações já citadas (Carvalho et al. 1998 - op. cit.). Com isso, a atividade experimental deixou de ser apenas uma ilustração da teoria e tornou-se um instrumento riquíssimo do processo de ensino.

Após as discussões e reflexões, era a vez do professor formalizar as explicações dadas ao fenômeno, preocupando-se em enfatizar como a ciência o descrevia e, algumas vezes, quando necessário, chegando a representações matemáticas, que expressavam o fenômeno (dilatação, influência da pressão, condutividade térmica).

Além disto, as demonstrações realizadas em sala podem ser chamadas de investigativas porque o aluno foi levado a participar da formulação de hipóteses acerca de um problema proposto pelo professor, da análise dos resultados obtidos, ou seja, foi levado a encarar os trabalhos experimentais, desenvolvidos em sala de aula, como atividades de investigação (Lewin e Lomascólo 1998- op. cit.).

As análises das aulas de demonstrações investigativas permitiram que o grupo de professores verificasse que tipos de contribuições uma atividade experimental como esta, ligada à solução de problemas e à argumentação, pode trazer para o ensino de Física. Dentre elas, estão:

- percepção de concepções espontâneas, por meio da participação do aluno nas diversas etapas da resolução de problemas;
- valorização de um ensino por investigação;
- aproximação de uma atividade de investigação científica;

- maior participação e interação do aluno em sala de aula;
- valorização da interação do aluno com o objeto de estudo;
- valorização da aprendizagem de atitudes e não apenas de conteúdos;
- possibilidade da criação de conflitos cognitivos em sala de aula.

Todas as contribuições dos tópicos relacionados acima, remetem a um ensino investigativo, no qual o aluno faz parte da construção de seu conhecimento, participa ativamente das aulas, para que se possa chegar efetivamente aos objetivos iniciais deste projeto: desenvolver (no aluno) uma melhoria qualitativa, especialmente na compreensão de conceitos, no desenvolvimento de habilidades de expressão escrita e oral, uso de linguagem simbólica matemática, relacionamento entre o processo histórico e a elaboração do conceito pelo aluno, elaboração de hipóteses e planejamento do experimento.

AS ATIVIDADES, UMA A UMA

MEDIDA DE TEMPERATURA PELO TATO

O objetivo desta atividade é o de demonstrar que o tato não é um bom “instrumento” de medida de temperatura e, por isso, utilizamos o termômetro como tal.

Na verdade, não se trata da demonstração de um fenômeno, mas da descrição de sensações, que nos levam à resposta do problema proposto, sendo ele: podemos confiar em nossas sensações de quente e frio? Por que utilizamos o termômetro para fazer medidas de temperatura?

A experiência utiliza-se de três tigelas, com água, a diferentes temperaturas; uma gelada, outra morna e uma à temperatura ambiente. Pedimos a um aluno que colocasse uma de suas mãos na tigela com água morna e, depois, na tigela com água à temperatura ambiente, e descrevesse o que estava sentindo. “Frio”, “está gelada” foram as respostas dadas. Em um segundo momento, pedimos que o mesmo aluno colocasse uma de suas mãos na água gelada e, logo após, na água à tem-

peratura ambiente. Pedindo que ele descrevesse sua sensação, escutamos: “quente”, “morna”. A partir daí, o professor abria uma discussão com a sala de aula, questionando:

- “Como a mesma água pode apresentar duas sensações distintas?”
- “É confiável medirmos a temperatura por meio do tato?”

Alguns professores pediram que os alunos analisassem suas sensações, colocando, ao mesmo tempo, uma das mãos na tigela fria e, posteriormente, a outra mão na morna e, ainda, após um certo tempo, as duas mãos, de uma só vez, na tigela de água à temperatura ambiente, chegando aos mesmos resultados dos já descritos acima.

Uma das professoras diversificou a situação de ensino, utilizando quatro tigelas de água e pedindo a um aluno que se retirasse da sala, sem nada saber sobre as temperaturas. Com o aluno ausente, ela explicou para a sala que uma das tigelas possuía água aquecida; a outra, água resfriada; e que as duas tigelas do centro possuíam água à mesma temperatura (ambiente). Após a explicação, ela pediu que o aluno entrasse na sala de aula, pusesse suas mãos nas tigelas e descrevesse suas sensações. Após colocar uma de suas mãos na água fria, ele disse que a água que estava em uma das tigelas, ao centro (à temperatura ambiente), estava quente e, após colocar uma de suas mãos na água quente, disse que a água na outra tigela, ao centro, estava “gelada”. Para a professora, este fato gerou muita curiosidade da classe, que já sabia sobre as temperaturas iguais. É importante ressaltarmos que essas tigelas podem ser potes plásticos ou “sucata” que o professor traz de sua própria residência.

Esta questão sobre sensações térmicas pode apresentar várias aplicações práticas no próprio cotidiano do aluno, como, por exemplo, a mãe que pode estar enganada ao “medir” a temperatura de uma criança por meio do tato, ou na confiabilidade das nossas próprias sensações de quente e frio.

Como esta foi a primeira aula do curso com atividade experimental, é interessante destacarmos a primeira impressão que os alunos tiveram da aula “prática”: muitos não estão habituados a terem aulas não

expositivas e sentem-se “honrados” ao ver o professor preocupado em utilizar um outro instrumento na aula. Eles demonstraram isso claramente, questionando-nos sobre o que iria ser feito, o porquê de estarmos levando aquelas tigelas para a sala de aula e, também durante a “apresentação”, com silêncio, atenção, etc. (Lewin e Lomáscolo, 1998 - op. cit.). No geral, não apenas esta, mas todas as aulas com atividades foram aulas bastante motivadoras e estimuladoras.

Ao final da aula, os alunos tiveram que responder a questões abertas, relacionadas com o conteúdo (capítulo 4). O assunto também se tornou uma âncora para a discussão sobre condutibilidade térmica.

ISOLANTES E CONDUTORES TÉRMICOS

Esta atividade de demonstração investigativa foi levada à sala de aula, após as aulas sobre condutibilidade térmica, para ilustrar a “questão da blusa de lã”: a lã realmente produz calor ou apenas isola termicamente o corpo? Nesta atividade, retirada de um texto lido pelos professores, no curso de 1997, procurávamos, a partir da apresentação de um problema, gerar um conflito cognitivo no aluno, fazendo com que ele verificasse se suas idéias prévias eram compatíveis ou não com o observado.

Para isto, colocamos dois cubos de gelo (um envolvido por lã e um outro não) sobre a mesa e perguntamos aos alunos: “Qual dos cubos derreterá mais rápido: o que está envolvido pela lã ou o que não está?”. Neste momento o professor pôde observar quais as concepções prévias que os alunos possuíam sobre este assunto (para eles a lã aquece, então o gelo envolvido na lã derreterá mais rápido).

O observado (de que o gelo envolvido conserva-se por muito mais tempo) vai contra as concepções espontâneas que os alunos possuem sobre o fenômeno. A partir daí, o professor tem por tarefa orientar os alunos, de modo a que eles cheguem a uma explicação para o fenômeno observado, argumentando sobre a propriedade de certos materiais conduzirem ou não calor, com facilidade.

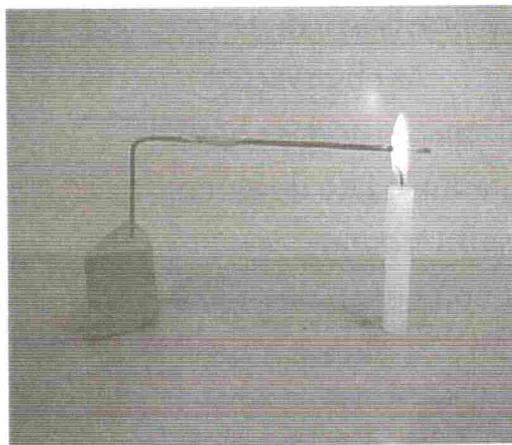
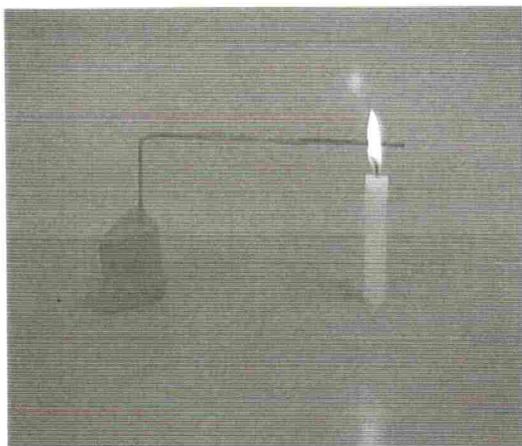
CONDUÇÃO DE CALOR

Nesta experiência, o que foi utilizado como ponto de partida foi o senso comum do aluno sobre a condução de calor que ele observa, por exemplo, na panela metálica de sua casa. Ela, também, tornou-se um instrumento importante na introdução da teoria cinético-molecular, que nada mais é do que a explicação científica para o fenômeno que pode ser observado.

A experiência consistia no aquecimento de um (ou dois) fios metálicos, envolvidos por parafina de vela (ver figuras 1 e 2), a partir do seguinte problema:

- *O que acontecerá com a parafina se aquecermos o(s) fio(s)?*
- *Como e por que isto acontece?*

O que aconteceria foi uma questão que pôde ser respondida com facilidade, em razão do pensamento comum que o aluno traz do seu cotidiano. “A parafina vai derreter”, diziam eles. Alguns chegavam a falar da forma como se daria o derretimento. Percebemos, neste momento, que os alunos gostam de dar uma explicação muito simplista para o que estão observando e ficam satisfeitos, dando respostas como: o calor vai passando (explicação coerente com a teoria do calórico) de um pedaço para o outro do fio. Às vezes, chegam a respostas coerentes com o fenômeno, porém em escala macroscópica. Contudo, a explicação científica para o fenômeno não pôde ser observada.



Figuras 1 e 2: Arranjo utilizado para a demonstração da condução nos sólidos, no início e após algum tempo do aquecimento do fio metálico.

Neste momento, é que o professor teve um papel muito importante, questionando de forma norteadora – levando o aluno a pensar sobre formas de levá-lo a resolver o problema em questão – sobre o que estava sendo observado, com perguntas do tipo:

- *De que forma o calor vai se propagando?*
- *A parafina derrete de uma só vez?*

Sobre esta ação do professor em sala de aula, temos o estudo de Kubli (apud Moreira, 1983), que descreve que ações e demonstrações “devem estar sempre integradas à argumentação, ao discurso do professor. Seria uma ilusão acreditar que ações e demonstrações, mesmo realizadas pelos alunos, têm por si mesmas o poder de produzir conhecimento: elas podem gerá-lo somente, na medida em que estiverem integradas à argumentação do professor”.

Como, neste momento, nenhum dos alunos tinha conhecimento sobre a teoria cinético-molecular, foi preciso o professor argumentar, expor e introduzir o conceito científico que estava implícito na experimentação realizada em sala de aula. Para isto, foram utilizados dois textos: um, histórico, que procurou ressaltar as diferenças entre a teoria do calórico (demonstrando suas falhas e porque ela não é mais aceita) e teoria cinético-molecular (Capítulo 1), e um outro texto, de apoio, especificamente sobre a teoria cinético-molecular (Capítulo 5). Nisto pudemos, também, explorar o aspecto da construção do conhecimento científico, suas crises, tentando fazer com que o aluno percebesse o caráter provisório deste conhecimento e sua contínua reconstrução.

As observações feitas por alguns professores, que posteriormente foram discutidas e aceitas pelo grupo foram parecidas, estes professores citaram o fato do aluno não ter o costume de pensar com profundidade para responder a uma questão e, sim, de apenas tentar dar respostas simples e rápidas. Em uma das observações, uma professora ressaltou o fato dos alunos comentarem que já possuíam conhecimento anterior (porém de senso comum) sobre o que iriam observar, com frases como:

- *Já sei, vai derreter.*
- *É condução. (mas não o que era a condução)*

CONVECÇÃO

A aplicação desta atividade de investigação, que envolve o fenómeno de convecção, também provocou o aparecimento dos conceitos espontâneos, reforçados por explicações simples, sobre o que o professor exporia em sala de aula.

As demonstrações foram feitas com materiais simples. Para a demonstração de convecção nos gases, foi utilizada uma espiral – feita, muitas vezes, rapidamente, pelo professor com papel sulfite, sendo suspensa por uma linha comum – e uma vela. A figura 3 apresenta um arranjo experimental como o utilizado, porém um pouco mais elaborado, feito com “espetinho” de madeira como suporte e papel alumínio grosso (como os dos lacres de achocolatados), para a confecção da espiral. Já para a demonstração da convecção nos líquidos, utilizamos o arranjo mostrado na figura 4, ou seja, béquer, tripé, tela, lamparina e confetes. Estes confetes – papéis picados – foram confeccionados pelos professores, muitas vezes, no início da aula, com papel celofane ou até mesmo sulfite.



Figura 3: Arranjo experimental utilizado para a demonstração de convecção nos gases.

As demonstrações de convecção partiram do seguinte problema:

“O que acontece com a espiral ao colocarmos a chama em baixo dela?” – Ver figura 3.

A partir daí, o aluno era levado a argumentar sobre as prováveis soluções, ou seja, o professor estava tentando tornar o processo de aprendizagem próximo de uma atividade científica, partindo da elaboração de hipóteses sobre um problema colocado. Gil e Castro (1996- op. cit.) ressaltam que em uma atividade experimental que pretende se aproximar da investigação, como uma atividade científica deve “considerar a elaboração de hipóteses como atividade central de investigação científica, sendo este processo capaz de orientar o tratamento das situações e de fazer explícitas as pré-concepções dos estudantes”.

Após o levantamento de hipóteses, o aluno pôde verificar se suas concepções estavam de acordo com o observado. O professor demonstrou o fenômeno de convecção nos gases, questionando a classe sobre a causa do giro da espiral.

Muitas foram as concepções espontâneas observadas acerca da explicação deste fenômeno. A seguir encontram-se algumas delas, apontadas pelos professores do grupo:

- Em relação a uma espiral girar quando o ar embaixo desta espiral era aquecido, os alunos disseram que o giro era causado pelo aquecimento do papel.
- O ar quente sobe (sem chegar ao conceito de densidade).

O experimento de convecção da água serviu para ilustrar que, quando houve limitação do espaço físico – toda a água estava confinada dentro do béquer –, a substância, em aquecimento, formou correntes de convecção e que o mesmo aconteceria para o ar, caso estivesse limitado em um espaço físico. Para tanto, o professor questionou, inicialmente, a sala sobre o que aconteceria com um líquido se fosse aquecido, colocando o seguinte problema:

“Ao aquecermos a água, como os confetes se comportarão dentro do béquer?” – Ver figura 4.

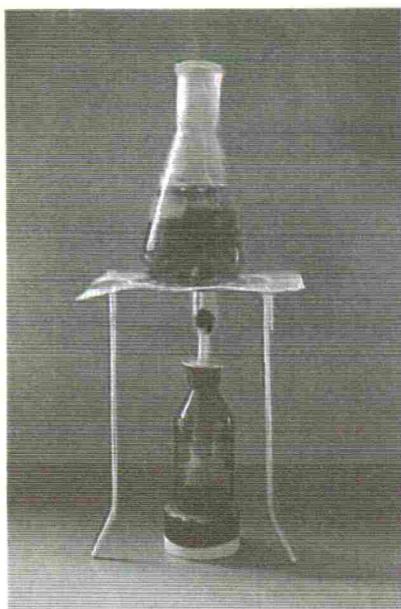


Figura 4: Arranjo utilizado para a demonstração das correntes de convecção formadas no aquecimento da água.

Posteriormente, com a discussão já feita, a formalização realizada pelo professor enfatizou a constituição molecular de um gás e de um líquido, assim como as causas de um aumento de energia e, nestes casos, conseqüentemente, um aumento da temperatura nestes dois estados físicos, chegando a explorar conceitos, como densidade, e, também, porque os líquidos e gases não são bons condutores de energia, já que um dos objetivos das experiências era que o aluno observasse as correntes de convecção nos líquidos e nos gases e conseguisse (também com o apoio da leitura de um texto histórico) explicar o fenômeno observado por meio da teoria cinético-molecular.

Este foi um outro assunto que teve uma aplicação prática, diretamente relacionada à vida do aluno, por intermédio da discussão das trocas de calor ocorridas por convecção em uma geladeira e de como devem ser utilizados aparelhos, tais como: ar-condicionado e aquecedores de ar.

DILATAÇÃO

Nas atividades de demonstrações referentes ao fenômeno de dilatação das substâncias, pudemos detectar, questionar as concepções espontâneas dos alunos, por meio de conflitos cognitivos, criados com o auxílio das demonstrações feitas.

Os professores utilizaram arranjos experimentais a fim de demonstrar a dilatação das substâncias nos três estados: sólido, líquido e gasoso.

Esta atividade tornou-se ainda mais importante, por ter sido gravada em vídeo e por esta gravação ter gerado, posteriormente, uma análise cuidadosa da aula e uma discussão entre o grupo de professores pesquisadores.

Pretendíamos, com as gravações, avaliar a participação dos alunos e as questões relevantes no processo de construção do conhecimento (Carvalho et. al. 1995).

Estas questões importantes foram explicitadas pelos episódios de ensino que foram selecionados da aula demonstrativa de dilatação. Estes episódios são definidos por Carvalho (1996) como o momento em que fica evidente a situação que se deseja estudar/analisar.

Os episódios que serão expostos, a seguir, deixam claro o que o professor pôde observar, durante a demonstração, e, também, algumas das ações (tanto por parte do aluno como também do professor), em relação a ela, sendo que o professor foi capaz de:

- observar algumas das concepções espontâneas sobre o fenômeno em questão;
- colocar as idéias do aluno em confronto com as observáveis (conflito cognitivo);
- levar em consideração as idéias do aluno a respeito do fenômeno, partindo, daí, para a explicação do mesmo;
- valorizar a interação e a argumentação do aluno.

Primeiro Episódio de Ensino – A Observação de Concepções Prévias

A professora apresenta para a sala de aula, um arranjo experimental que consta de uma bexiga acoplada a um erlenmeyer, colocando o seguinte problema:

“O que acontecerá com a bexiga ao aquecermos o sistema aqui apresentado?” – Ver figura 5.

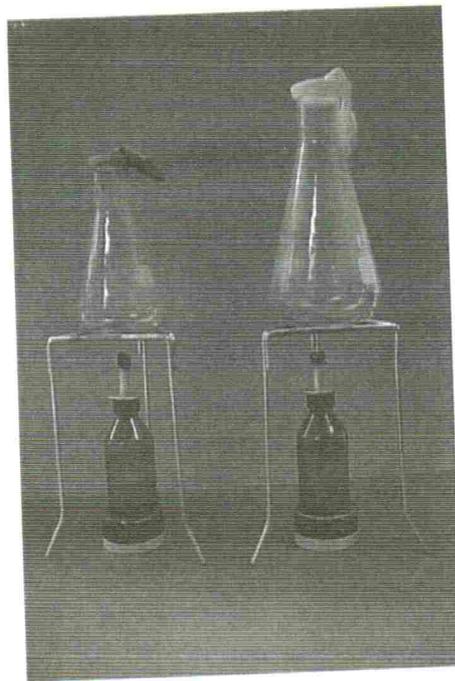


figura 5: Sistema utilizado para a verificação da dilatação dos gases.

Um aluno diz, inicialmente, que tem ar no erlenmeyer e que este ar irá aquecer e expandir, mas, ao se perguntar à classe porque o ar iria expandir, os alunos (representados por: aluno1 - A1, aluno2 - A2, etc.) descrevem o fenômeno da mesma forma que um outro já estudado anteriormente: a convecção. Depois de observado o fenômeno, ocorre o seguinte diálogo:

Professora: O que acontece com o ar que está lá dentro?

A1: Aquece...

Professora: Se aquece, o que é que acontece?

A2: Sobe.

Professora: Vai subir mesmo?

A3: Vai, a Amanda falou que vai encher a bexiga e que ela vai subir.

A4: Já encheu, já?

Professora: Por que ela vai encher?

A5: Porque o ar aquece

A2: ...se expande....

A6:sobe....

Professora: Sobe? As partículas aumentam?

A1: Não, só a movimentação.

- Professora: A movimentação vai ser maior, a energia cinética... o que mais? Como a movimentação é maior, o que acontece?
- A7: O ar vai ficar menos denso.
- Professora: Vai ficar menos denso? Será que este é um problema de densidade?
- Professora: Vocês estão achando que o ar menos denso sobe? Por isso ele está enchendo a bexiga, é isso?
- A3: Eu acho que está enchendo mais porque o ar está aí dentro, tá subindo...
- Professora: É, eu estou pensando em dar um jeito de vocês verem, sem achar que é por causa da densidade...
- Professora: Vocês estão achando que ele está subindo daqui pra cá... [apontando o arranjo experimental]
- A1: O ar está se espalhando...
- Professora: Tá se espalhando, está ocupando mais espaço
- Professora: Então, não é porque ele é menos denso....
- A5: Não, necessariamente...
- Professora: Uma coisa é você achar que o ar está subindo, que ele está aqui e está subindo; outra é você achar que ele está ficando espaçoso:

A professora pega o erlenmeyer com a bexiga e vira-o de ponta-cabeça.

Questionando os alunos sobre o que aconteceria se ela aquecesse o erlenmeyer de cabeça para baixo, eles respondem:

A5: Vai encher também

A4: Vai subir

A6: Vai sair voando...

Fica claro, na descrição acima, a oportunidade que está sendo dada ao aluno de questionar e refletir sobre o problema apresentado, deixando que ele mesmo tente chegar a uma explicação para sua observação.

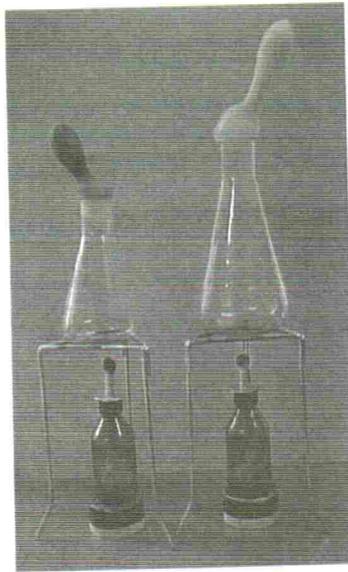


Figura 6: Após o aquecimento do sistema, pode-se observar o aumento de volume das bexigas, o uso de recipientes diferentes demonstra a influência do volume inicial.

Observa-se, também, que a partir da fala do aluno, o professor pôde perceber que tipo de concepções espontâneas os alunos possuíam sobre o fenômeno que estava sendo analisado – Gil e Castro (1996 – op. cit.).

Além de estar se aproximando de uma atividade de investigação científica, a importância do episódio em relação à experimentação dá-se pela oportunidade que esta atividade experimental demonstrativa, ligada à argumentação, criou para que as concepções espontâneas dos alunos pudessem ser explicitadas.

Criou-se, portanto, a oportunidade do professor receber informação sobre as idéias prévias dos alunos, de modo que ele pudesse, a partir dessas idéias, elaborar uma estratégia de ensino que viesse proporcionar uma aprendizagem efetiva.

Segundo Episódio – A criação de conflitos

Logo em seguida ao episódio descrito acima, a professora começa a aquecer a bexiga, desta vez virada de cabeça para baixo, o que ela mesma definiu como um “clique”, ou seja, uma estratégia para demonstrar que as concepções dos alunos não estavam de acordo com as observáveis.

Após um certo tempo, os alunos observam que a bexiga continua enchendo apesar de estar de cabeça para baixo. Uma aluna pergunta:

A8: Professora, por acaso, tem aquecimento e o ar que tá lá dentro desce, ou sobe?

Professora: Por que pelo aquecimento você consegue ver que o ar quente desce?

A8: Novo fenômeno.

Professora: É uma coisa nova, né?

Professora: A gente viu que o ar quente sobe, mas porque que ele está descendo? Agora, o de cima está empurrando o de baixo, por quê? Por que ele quer ...

A2: Se expandir ...

A6: Tá expandindo...

Desta vez, a atividade experimental, que estava sendo desenvolvida, contribuiu para a demonstração de que as concepções do aluno sobre o fenômeno não eram satisfeitas se uma variável (no caso a posição) fosse alterada.

A partir da definição de Carvalho (1992), para o conflito cognitivo, pode-se dizer que, no momento, em que a bexiga continua aumentando de volume apesar de estar orientada de outra maneira, se estabelece um conflito no estudante, pois suas explicações não são mais satisfatórias para o que está sendo observado. A aluna percebe, por si só, que é um “novo fenômeno” que está sendo apresentado.

No modelo de Posner, Strike, Hewson & Gertzog (1982), apresentado por Aguiar (1995), a primeira condição para que a mudança conceitual ocorra é a insatisfação com as concepções existentes. Pode-se dizer que o professor, por meio da experiência demonstrativa, criou uma situação de desequilíbrio e que para este desequilíbrio seja desfeito, novas explicações têm que ser incorporadas ao conjunto de conhecimentos do aluno, o que foi possível, graças à orientação e argumentação do professor.

Terceiro episódio: a argumentação em sala de aula

Na seqüência do episódio descrito acima, no qual os alunos dizem que o ar está se expandindo, ocorre o seguinte diálogo, em sala de aula.

- Professora: A gente viu que o ar quente sobe, mas por que ele está descendo? Agora, o de cima está empurrando o de baixo, por quê? Por que ele quer ...?
- A2: Se expandir.
- A6: Tá expandindo.
- Professora: E por que ele se expande?
- A2: Por que ele está sendo aquecido?
- Professora: Por que, quando ele está sendo aquecido, se expande?
- A5: Porque se agita.
- Professora: Aquece mais, agita mais, ocupa mais espaço e mantém o ar lá pra baixo. Como é que chama isso aqui?
- A10: É isso que a gente queria saber.
- Professora: Então, não é a mesma coisa que a gente viu na outra aula?
- A8: Não.
- Professora: Nós vimos, agora, o que nós chamamos de dilatação volumétrica.
- Professora: Por que aumentou o volume, o espaço que ele ocupa? Se não aumentou o ar é porque aumentou o espaço, por quê? Porque as partículas estão mais velozes, uma empurrou a outra e ela foi expandindo, não é?
- Professora: Conforme ela vai esfriando, o que vai acontecendo?
- A9: A bexiga vai voltando ao jeito que ela era.

Nas seqüências de aula, descritas anteriormente, e nesta, descrita acima, aparece grandemente a figura do aluno como ser ativo na aula. É através de sua fala que se pode detectar suas concepções prévias, o que ele havia realmente aprendido sobre outros conteúdos de termodinâmica, que foram ensinados anteriormente, e, também, que se observa a explicação que ele está dando para o fenômeno.

O aluno (levado pela argumentação do professor) participou da elaboração da explicação do problema, assim como está explicitado na transcrição acima.

Fez-se com que o aluno participasse da formulação de hipóteses, da análise de resultados, ou seja, encarasse o trabalho de demonstração como projeto de investigação, favorecendo a motivação dos estudantes e fazendo-os adquirir atitudes (Lewin e Lomascólo, 1998).

A partir desta mudança no aluno, começa-se a alterar também a caracterização do professor, passando de uma circunstância em que ele é o criador – único – de situações em sala de aula para uma outra, na qual ele se torna o mediador de situações que possam ser criadas por ele ou pelos alunos, por meio de questionamentos, de argumentações, entre outras coisas.

Após a seqüência de aula transcrita acima, a professora faz o seguinte pedido: “Então, dilatação volumétrica... Vamos anotar como a gente fez na aula passada, o material, o procedimento, o que você viu e o como você explica.”

A ação do aluno não fica somente limitada à observação, discussão, criação de hipóteses e participação nas explicações para o problema. Os estudantes, neste momento da aula, são levados a discutir, refletir sobre a sua observação e elaborarem de forma esquematizada suas próprias explicações – Carvalho e col. (1998).

Outras atividades de dilatação

Além da expansão ou dilatação dos gases, o grupo de professores trabalhou com duas outras atividades de dilatação: a dilatação dos líquidos e a dilatação dos sólidos.

A atividade de dilatação dos líquidos baseou-se na construção de um termômetro, cuja substância termométrica era a água, misturada com um corante qualquer, como, por exemplo, anilina. Os termômetros foram construídos com: um balão de fundo chato ou um tubo de ensaio (ver figura 7); uma rolha que permitia total vedação ao balão ou tubo de ensaio; e um tubo capilar acoplado a esta rolha. Quando aquecíamos o sistema, com o auxílio de uma lamparina, a coluna de água – que podia ser observada no capilar – aumentava. Com isto, pudemos também discutir a diferença entre a dilatação dos líquidos e a dilatação dos gases (podendo também discutir, a partir daí o significado do coeficiente de dilatação).

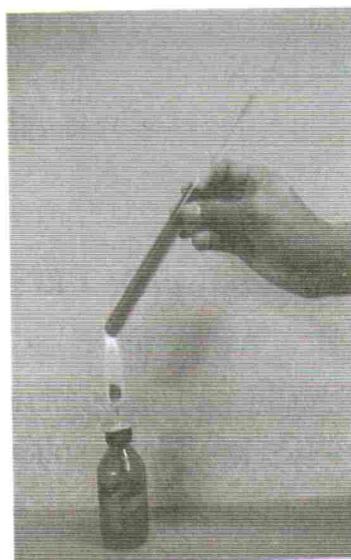


Figura 7: A dilatação dos líquidos pode ser observada por meio do uso de um tubo capilar, acoplado a um tubo de ensaio com água e corante.

A atividade de dilatação dos sólidos foi feita, em classe, com o auxílio de dois suportes metálicos e com um fio de cobre estendido entre esses suportes. Antes da execução da atividade de demonstração, o professor pode conduzir, aos alunos, questões do tipo:

— “O que acontecerá com o fio de cobre quando o aquecermos?”

Muitos dos alunos chegaram a responder que ele aumentaria de tamanho, o que nos levou a discutir dilatação volumétrica, superficial e linear. Porém, ao aquecermos o fio de cobre, passando por ele apenas a lamparina, os alunos percebem que não há alteração visível, seja no comprimento ou na espessura. Neste momento, pudemos discutir a influência da variação de temperatura na dilatação. Aí, sim, com o auxílio da queima de um cordão ou barbante de algodão embebido no álcool,

enrolado no fio de cobre, pudemos mostrar que, para maiores variações de temperatura, a dilatação poderia ser observada com maior facilidade.

Pela dilatação do fio de cobre, o professor pode discutir de que forma há a influência do comprimento inicial do fio na dilatação ou do volume inicial ocupado por uma substância, na dilatação volumétrica, chegando, finalmente, à compreensão sobre a relação matemática que expressa o cálculo da dilatação de uma certa substância.

INFLUÊNCIA DA PRESSÃO

A experiência de influência da pressão tem por objetivo principal a verificação da temperatura de ebulição da água para diferentes pressões, chegando à explicação do fato da água, na atividade de laboratório aberto (capítulo 4), não ter ultrapassado 98°C.

Para isto, colocamos aos alunos a seguinte questão:

— “Por que a panela de pressão cozinha mais rápido do que uma panela comum?”

Verificamos que alguns alunos possuem a idéia de que a temperatura alcançada, dentro da panela de pressão, é maior do que a temperatura de uma panela comum. A partir daí, realizamos as demonstrações.

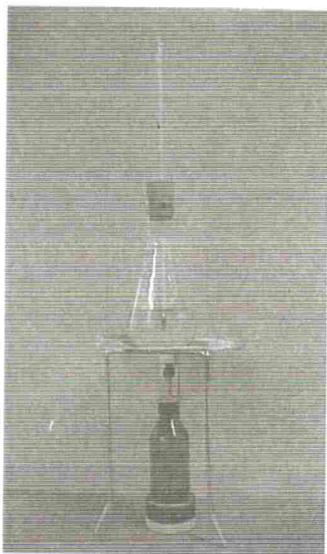


Figura 8: Aumentando a pressão exercida no líquido, observamos um aumento da temperatura de ebulição.

Em um primeiro momento, os professores aqueceram uma certa quantidade de água até a ebulição. Vedaram a boca do erlenmeyer com a rolha acoplada a um termômetro, aquecendo novamente o sistema, e observando que a água ferve a temperaturas superiores a 100°C. Já, em um segundo momento, diminuíram pressão (com auxílio de gelo) interna no erlenmeyer (Ver figura 9). Com isto, pudemos observar que a água entrava em ebulição sem o auxílio de uma fonte de energia

(mas somente com o contato com o gelo) e, assim, continuava para temperaturas menores do que 100°C (cerca de 60°C).

Esta demonstração dá margem à discussão de vários conteúdos em sala, como por exemplo: ponto triplo, equação de Clayperon e a resposta da questão sobre a panela de pressão em nosso cotidiano.

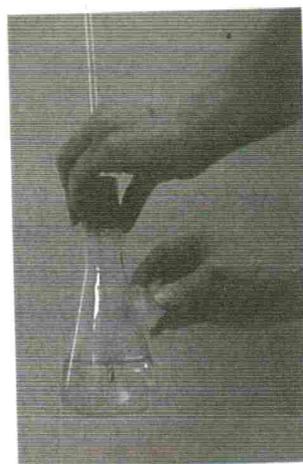


Figura 9: Diminuindo a pressão exercida pelo líquido, podemos observar que ocorre ebulição a temperaturas da ordem de 60°C .

3

LABORATÓRIO ABERTO

Em um laboratório tradicional, o aluno deve seguir instruções (de um manual ou do professor) sobre as quais não tem qualquer poder de decisão. Seguindo uma série de passos propostos, deve chegar a um objetivo pré-determinado.

Segundo Carrasco (1991), as aulas de laboratório devem ser essencialmente investigações experimentais por meio das quais se pretende resolver um problema. Esta é uma boa definição para a abordagem do Laboratório Aberto. Em uma atividade de laboratório, dentro desta proposta, o que se busca não é a verificação pura e simples de uma lei. Outros objetivos são considerados como de maior importância. Como por exemplo, mobilizar os alunos para a solução de um problema científico e, a partir daí, levá-los a procurar uma metodologia para chegar à solução do problema, às implicações e às conclusões dela advindas.

Os objetivos pedagógicos, que se procuram atingir com esta abordagem, podem ser resumidos na lista de cinco grupos, propostos por Shulman Tamir (1973) e citados por Blosser (1988):

- (1) habilidades – de manipular, questionar, investigar, organizar, comunicar;
- (2) conceitos – por exemplo: hipótese, modelo teórico, categoria taxionômica;
- (3) habilidades cognitivas – pensamento crítico, solução de problemas, aplicação, síntese;
- (4) compreensão da natureza da ciência – empreendimento científico, cientistas e como eles trabalham, a existência de uma multiplicidade de métodos científicos, inter-relações entre ciência e tecnologia e entre várias disciplinas científicas;
- (5) atitudes – por exemplo: curiosidade, interesse, correr risco, objetividade, precisão, perseverança, satisfação, responsabilidade, consenso, colaboração, gostar de ciência;

Uma atividade de laboratório aberto busca sempre a solução de uma questão e essa busca de solução pode ser dividida basicamente em seis momentos, que veremos a seguir.

■ PROPOSTA DO PROBLEMA

O problema deve ser proposto na forma de uma pergunta que estimule a curiosidade científica dos estudantes (5)*. É importante também que esta questão não seja muito específica, de modo que possa gerar uma discussão bastante ampla.

A resposta a esta questão inicial (3) é que será o objetivo principal do experimento.

* Os números que aparecem entre parênteses referem-se à lista de objetivos pedagógicos citada no início do capítulo e serão mostrados sempre que um momento da atividade corresponder a um destes objetivos.

LEVANTAMENTO DE HIPÓTESES

Proposto o problema, os alunos devem levantar hipóteses (2) quanto à solução do problema, por meio de uma discussão feita, inicialmente, em pequenos grupos, e, depois, com toda a turma, para que os grupos possam trocar informações e experiências (5).

ELABORAÇÃO DO PLANO DE TRABALHO

Levantadas as hipóteses, deve-se discutir como será realizado o experimento (5). Esta etapa, que chamamos plano de trabalho, é quando será decidida a maneira como a experiência será conduzida, desde o material necessário, passando pela montagem do arranjo experimental, coleta e análise de dados.

Aqui, sugerimos que a discussão seja feita, inicialmente, com toda a turma, para que se observe que nem todas as hipóteses podem ser testadas pela realização de um único experimento e, portanto, a vantagem de se ter vários grupos para realizar “o mesmo” experimento, testando as diversas hipóteses levantadas pelas mudanças controladas nos arranjos experimentais. Decididas quais serão essas mudanças, cada grupo deve detalhar seu plano de trabalho

MONTAGEM DOS ARRANJOS EXPERIMENTAIS E COLETA DE DADOS

Esta é a etapa mais “prática” do laboratório, já que é quando os alunos manipulam (1) o material. Esta manipulação é extremamente importante para que eles se acostumem a ver a Física como uma ciência experimental.

Após a montagem do arranjo, devem passar à coleta de dados, que deve ser feita de acordo com o plano de trabalho elaborado pelo grupo.

ANÁLISE DOS DADOS

Obtidos os dados, é necessário que estes sejam analisados para que possam fornecer informações sobre a questão problema. Esta etapa inclui a construção de gráficos, obtenção de equações e teste das hipóteses.

CONCLUSÃO

Na conclusão, deve-se formalizar uma resposta ao problema inicial, discutindo a validade (ou não) das hipóteses iniciais e as consequências delas derivadas.

UMA ATIVIDADE DE LABORATÓRIO ABERTO: LEVANTAMENTO DA CURVA DE AQUECIMENTO DA ÁGUA

Nesta atividade, procuramos atingir os objetivos propostos por Shulman e Tamir (Op.cit). Acrescentamos, ainda, a esta lista, os conceitos (2) físicos de calor, temperatura e mudança de estado, e, às habilidades cognitivas (3), a capacidade de argumentação.

A ATIVIDADE EM SALA DE AULA

Aula 1

Na primeira aula, relativa à atividade de Laboratório Aberto, propusemos aos alunos uma questão para ser discutida por toda a turma. Esta aula correspondeu ao levantamento de hipóteses e à parte da elaboração do plano de trabalho.

O problema proposto foi o seguinte:

— “*O que acontece com a temperatura da água enquanto nós a aquecemos?*”

A partir desta questão, pedimos aos alunos que elaborassem suas hipóteses (1) e procurassem explicá-las (3). Basicamente, as hipóteses levantadas foram duas:

- “... a temperatura da água vai subir, sem parar, até esta se evaporar.”
- “.. a temperatura vai parar de subir e a água vai evaporar completamente, a essa temperatura.”

Alguns alunos chegaram a afirmar que a temperatura máxima seria 100° C. Porém, nenhuma explicação foi dada, nessa etapa, para justificar esta afirmação.

Em várias turmas algum aluno dizia:

- “*Depende!*”

Aqui, já percebemos uma tentativa de aprimoramento do modelo teórico (2), bem como o pensamento crítico sobre a questão (3).

A partir daí, passávamos à questão:

- “*Depende do que?*”

Se não surgisse a interrogação acima, o professor procurava encaminhar a discussão nessa direção, com perguntas como:

- “*O que pode influenciar esse aquecimento?*”

A partir dessas questões os alunos elaboravam novas hipóteses:

- “*Depende da quantidade de água.*”
- “*... da intensidade da chama.*”
- “*... do tempo de aquecimento.*”
- “*... do material do recipiente.*”

Cada nova hipótese levantada era discutida por toda a turma e o autor (ou autores) precisava argumentar (3) sobre a necessidade de testarmos tal hipótese.

Após esta etapa, a questão era como poderíamos testar estas hipóteses. A resposta da maioria dos alunos foi:

- “*Tem que fazer a experiência.*”

A partir desse momento, pedimos para os alunos formarem grupos de quatro integrantes, para que passássemos à elaboração do plano de trabalho (4), com a pergunta:

- “*Qual seria o material necessário para realizarmos a experiência?*”

Os alunos não tiveram dificuldade em chegar ao consenso (5) de que precisariam de fogo (lâmparas), recipientes (béqueres), termômetros (para medir a temperatura).

Foi necessário insistir no interesse de sabermos o que acontece **durante** o experimento e não apenas no final, para que citassem a necessidade de um relógio (para cronometrar).

Aula 2

Nesta segunda aula, o material experimental foi apresentado aos alunos, que podiam estar no laboratório ou na própria sala de aula (improvisando mesas pela união de carteiras), divididos em grupos, como os da aula anterior. Foram montados os arranjos experimentais para a coleta de dados, considerando as hipóteses levantadas.

Material

- Béqueres de 250 ml
- Recipiente de alumínio de 250 ml
- Termômetros (-10°C a 110°C)
- Lamparinas
- Tripés
- Telas
- Papel milimetrado

Arranjo experimental

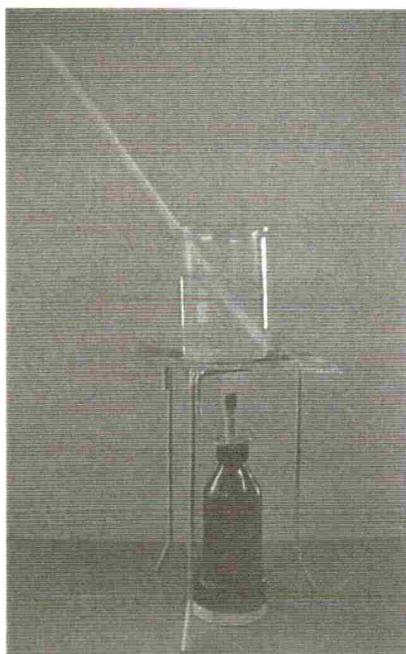


Figura 10: Arranjo experimental utilizado para a realização da atividade de laboratório aberto.

O material foi entregue aos alunos divididos em grupos. Perguntou-se como eles poderiam verificar se as dependências que eles haviam assumido como hipóteses, na aula anterior, existiam ou não.

— “*Temos que usar quantidades diferentes.*”

— “*...intensidades de chamas diferentes.*”

(mas as lamparinas são iguais)

— “*Então, algum grupo usa duas.*”

— “*Aquecendo por tempos diferentes.*”

Quanto à última hipótese (sobre o material do recipiente), concluíram que um grupo deveria usar recipiente de material diferente. Usaram um recipiente de alumínio.

Os alunos, nas discussões em grupos, decidiram pela necessidade de construir uma tabela da temperatura em função do tempo de aquecimento, para tomada de dados (2). O intervalo entre as observações foi discutido dentro dos grupos, tendo uns decidido por um minuto e outros por trinta segundos.

Durante a tomada de dados, anotavam observações sobre o que acontecia durante o processo. Logo perceberam que a temperatura subia até se estabilizar, ocorrendo, então, a ebulição. Verificaram que a ebulição ocorria a uma temperatura um pouco inferior a 100° C.

Aula 3

Nesta aula, iniciou-se a análise dos dados obtidos no experimento.

Após a tomada de dados, os alunos deveriam construir um gráfico da temperatura em função do tempo (além de auxiliar na compreensão do fenômeno, a construção do gráfico mostrava uma aplicação científica da matemática que eles aprendem).

Nesta etapa do trabalho, a grande maioria dos alunos teve grandes dificuldades, pois, anteriormente, não tinham tido a oportunidade de construção efetiva de gráficos, a partir de uma tabela de tomada de dados. Os professores tiveram de explicar, principalmente, como trabalhar as escalas no papel milimetrado.

Obtidos os pontos, devido à grande curiosidade sobre a estabilização da temperatura, foi necessário discutir, primeiramente o patamar do gráfico (ebulição), sem entrar em detalhes, pois isso seria feito em aulas posteriores, quando discutiríamos a influência da pressão no ponto de ebulição. A principal intenção era que eles percebessem que aqueles pontos, apesar de não perfeitamente alinhados, poderiam representar uma reta horizontal. Assim, poderíamos introduzir o conceito de ajuste de reta e erros experimentais.

Então, perguntávamos, aos alunos, se seria possível ajustar uma reta para os primeiros pontos dos gráficos.

— “*Só se for uma reta inclinada.*”

Então, eram traçadas as retas para os primeiros pontos. Chegando às retas, comparávamos suas inclinações e perguntávamos as prováveis razões das diferenças e semelhanças entre elas. Desta forma, eles puderam testar suas hipóteses e relacioná-las aos resultados obtidos pelos gráficos.

Aula 4

Formulação matemática da Equação do Calor Sensível

Em seguida, era perguntado, aos alunos, se poderíamos, a partir daqueles gráficos, chegar à função matemática, ali representada.

Esta foi, em geral, a etapa mais complicada do trabalho, pois os alunos, apesar de saberem construir o gráfico a partir de uma função, não tinham nenhuma experiência sobre como fazer o inverso.

A principal função do professor, nesse momento, foi dirigir o trabalho dos alunos, de modo a lhes transmitir interesse pela tarefa (Carvalho e Gil-Pérez, 1995).

Foi preciso discutir o significado dos coeficientes linear e angular em uma função do primeiro grau, para que chegássemos às funções representadas pelos gráficos experimentais.

Estes resultados foram apresentados em relatório, no final das atividades. Esse relatório foi discutido com os alunos, para que se aproximasse o máximo possível de um relatório científico. A estrutura geral

do relatório foi baseada na proposta de Sousa e Spinelli, 1997, em seu *Guia prático para Cursos de Laboratório*.

Chegamos à expressão $Q = mc\Delta t$, a partir das equações obtidas das retas ajustadas aos gráficos. Com a apresentação de textos de apoio, que tratavam de calorias como unidade de energia, pudemos discutir a distinção entre os conceitos de calor e temperatura, além de desenvolver os conceitos de calor específico e unidade de quantidades de calor (calorias).

Apesar dessa atividade ter consumido um grande número de aulas (quatro, ou cinco se considerarmos a aula de discussão dos relatórios), parece claro que o tempo pode ser considerado bem gasto, não apenas porque os alunos aprenderam a diferença entre calor e temperatura, mas porque entraram em contato com aspectos da Física, como processo de investigação, ou porque adquiriram algum entendimento da relação existente entre uma formulação matemática e o comportamento dos objetos materiais, além de terem desenvolvido sua capacidade de argumentação oral e escrita.

QUESTÕES E PROBLEMAS ABERTOS

Os problemas encontrados, comumente, nos livros de Física, eram inadequados ao planejamento e às propostas que tínhamos, porque apresentam uma “tendência ao operativismo, (típico de exercícios repetitivos)” (Gil Perez e Torregrosa, 1987). Nos livros didáticos, “os problemas não são apresentados, em geral, como tais, quer dizer, como investigações que suponham a ocasião de aplicar a metodologia científica, mas como simples exercícios de aplicação da teoria” (op.cit.). Partindo dessas considerações, julgamos necessário incluir, no planejamento inicial, questões abertas e problemas abertos.

Nosso objetivo era levar os alunos a pensar, debater, justificar suas idéias e aplicar seus conhecimentos, em situações novas, usando os conhecimentos teóricos e matemáticos.

■ QUESTÕES ABERTAS

Chamamos de questões abertas às questões em que procuramos propor para os alunos, fatos relacionados ao seu dia-a-dia, problemati-

zados e cuja explicação estivesse ligada ao conceito discutido e construído nas aulas anteriores, tendo como base a Teoria Cinético-Molecular.

De acordo com o planejamento inicial, seriam dadas, para os alunos, as questões abertas, após as experiências de dilatação e depois do uso do *software* sobre Leis dos Gases. Terminamos por incluir outras questões abertas, porque vimos sua importância no desenvolvimento da argumentação dos alunos e da sua redação, isto é, atingia o desenvolvimento de competências, hoje requisitadas pelo ENEM, como: demonstrar o domínio da norma culta da língua portuguesa e do uso da linguagem científica; aplicar conceitos para a compreensão de fenômenos naturais; selecionar e organizar informações para enfrentar situações-problema; organizar informações e conhecimentos, disponíveis em situações concretas, para a construção de argumentações consistentes.

Usamos algumas questões sobre equilíbrio térmico e condutividade, como as que seguem:

1. Três colheres iguais, de materiais diferentes (plástico, alumínio e madeira) são colocadas em cima de uma mesa. Ao tocá-las, você terá a mesma sensação? Qual apresentaria maior temperatura? E menor? Por quê?
2. Por que a medida de temperatura, a partir de sensações, não é confiável? Dê a resposta, associando ao experimento visto em sala de aula ou a alguma situação do seu dia-a-dia.
3. O que é fundamental para um instrumento ser um medidor de temperatura?

As questões sobre dilatação que usamos, foram:

“Usando seus conhecimentos de Teoria Cinético-Molecular, responda:

1. Por que um copo de vidro trinca ou quebra, quando recebe água fervendo?
2. É possível que duas barras metálicas de materiais diferentes e tamanhos diferentes adquiram o mesmo comprimento, usando processos térmicos e sem derreter?
3. Por que existem frestas nas calçadas e nos pisos?”

Sobre mudanças de fase:

1. Em que situação conseguimos obter uma lata de refrigerante em menor temperatura: colocando-a em gelo, a 0°C , ou em água, a 0°C ? Justifique sua resposta.
2. Uma pessoa pretende cozinhar batatas, colocando-as em uma panela aberta, em fogo “baixo”. Quando a água entra em ebulição, desejando abreviar o tempo de cozimento, ela passa o fogo para “alto”. Conseguirá que as batatas cozinhem mais depressa? Por quê?

■ COMO USAMOS AS QUESTÕES EM SALA DE AULA

As questões sobre equilíbrio térmico e condutividade foram usadas em duas situações diferentes. Para algumas turmas, foram dadas na forma de uma prova, após terem sido feitas as atividades com o termômetro (aula 2 do planejamento) e a discussão sobre equilíbrio térmico. Para outras turmas, foi feita uma discussão, em grupo grande, também no mesmo ponto do conteúdo, apenas das questões sobre as colheres e sobre a questão do experimento das sensações, já que a outra se refere ao termômetro, que não havia sido dado. Nesse caso, a maioria, ao responder, relacionou ao equilíbrio térmico e à diferença entre sensação e temperatura, previamente discutidas.

Sempre há alguns alunos que têm dificuldade em mudar seu modo de pensar e que ainda confundem sensação e temperatura ou têm muita dificuldade de expressar o que pensam, na forma escrita.

A questão, que relaciona sensação e temperatura, que se refere ao experimento realizado em sala ou a seu dia-a-dia, foi respondida, pela maioria, corretamente, pois a experiência em sala, por ser praticamente a primeira do ano, chama muita atenção e eles gravam bem o que acontece.

Sobre o termômetro, há diferentes respostas, mas é importante o professor salientar a importância de uma escala única, que leva a uma mesma comparação.

As questões sobre dilatação foram passadas para a lousa, após a aula de demonstrações sobre dilatação dos gases e sólidos (ver cap.2). Foram propostas para trabalho em grupos pequenos, de quatro ou cinco alunos, e deixamos os grupos discutir e responder livremente.

Durante a discussão, o professor percorre os grupos ajudando, questionando, para que o raciocínio conduza à resposta correta. Por exemplo: na questão “ Por que um copo de vidro trinca ou quebra quando recebe água fervendo?”, os alunos começam respondendo que o copo trinca porque aconteceu um “choque térmico”. Ao perceber isso, o professor deve conduzir a discussão para que reflitam sobre o que estão falando e para que cheguem a uma resposta embasada na Teoria usada. Um diálogo desse tipo acontece com os grupos:

Professora: E o que vocês entendem por choque térmico?

A1: Quando uma coisa quente é colocada junto com outra fria, o choque provoca o rompimento do objeto.

Professora: E por que então um copo de alumínio não trinca quando colocamos algo quente nele?

A2: Porque é de metal.

Professora: E por que o metal é diferente do vidro?

A1: Porque as moléculas são diferentes.

Professora: Isso nos leva a pensar na Teoria Cinético-Molecular que estamos usando para explicar os fenômenos. Como você relaciona as moléculas com o que nós vimos nas experiências de dilatação e com a pergunta feita?

A2: Será que é porque o copo dilata?

A1: Se ele dilata, o alumínio também dilata.

A2: Mas o alumínio dilata fácil, porque é metal.

A1: O vidro não dilata fácil, então?

A3: Então é isso: o lado mais quente do vidro dilata e a parte de fora demora para dilatar. Por isso ele quebra.

A1: Então isso que é o choque térmico?

Professora: Isso! Pode-se dizer que sim! Muito bem! Chegaram à resposta! Agora, escrevam o que concluíram.

A seqüência de perguntas visa sempre levá-los a refletir e relacionar os conhecimentos, já trabalhados, unidos com sua experiência prática: ao sugerir que o copo de alumínio não quebra, o professor apela para uma experiência do cotidiano que a maioria dos alunos tem.

A segunda questão “É possível que duas barras metálicas de materiais diferentes e tamanhos diferentes adquiram o mesmo comprimento, usando processos térmicos e sem derreter?” é mais fácil, especialmente, se responderam a primeira. Normalmente, um dos grupos propõe:

A1: Que seja aquecida uma delas e a outra não.

A2: Depende do material, também.

Professora: E qual deve ser aquecida?

A1: A menor, mas isso se a diferença entre elas não for tão grande.

Professora: E se em vez de aquecer quisermos esfriar?

A2: Se esfriarmos a mais comprida também dá certo.

Professora: Muito bem! Agora, escreva.

Em alguns grupos, houve dificuldade em pensar que as barras não precisam ser aquecidas ao mesmo tempo.

A questão “Por que existem frestas nas calçadas e nos pisos?” não apresentou maiores dificuldades. Alguns alunos de curso noturno, que já trabalharam como pedreiros, explicaram para a classe o que era a junta de dilatação; outros associaram facilmente com as frestas em pontes e calçadas, mas as respostas foram bastante sucintas.

Questões abertas podem, também, ser colocadas em provas, como: “Por que se pode separar dois copos, um dentro do outro, aquecendo apenas o copo externo?”. Nesse caso, os alunos tiveram que pensar sozinhos e estabelecer ligações com os assuntos já tratados.

O professor deve buscar entender as respostas escritas, pois aparecem respostas inesperadas, como: “Ao aquecer o copo externo, o ar, que ficou preso entre os copos, aquece e dilata, empurrando o copo de dentro, que então se solta”. Nota - se, nessa resposta, que, apesar de errada, o aluno conseguiu propor uma solução coerente para uma situação nova, usando os conceitos já discutidos e aprendidos de dilatação. O professor, quando discutir a correção da prova, deve mostrar que, para isso ocorrer, a vedação entre os copos teria que ser quase perfeita, o que na realidade não ocorre.

As questões sobre mudanças de estado foram dadas para os alunos, ao final do desenvolvimento do conteúdo, por meio da demonstração sobre influência da pressão na temperatura de ebulição (cap. 2) e da discussão dos conceitos de ponto triplo e diagrama de fases. Também, em grupos pequenos, discutiram e escreveram as respostas.

A primeira questão, “Em que situação conseguimos obter uma lata de refrigerante em menor temperatura: colocando-a em gelo a 0°C , ou em água a 0°C ? Justifique sua resposta.”, foi a que gerou maior polêmica. Um exemplo de diálogo com um grupo, para levá-los a construir a resposta foi:

A1: Tanto faz, pois a água e o gelo estão à mesma temperatura.

A2: Não, acho que na água, gela mais, porque há um maior contato entre a lata e a água do que entre as pedras de gelo e o refrigerante.

Professora: Se você acha que o problema é o contato, pode imaginar que colocamos em gelo picado. Dá no mesmo.

A3: Mas é possível água a zero? Nessa temperatura a água não está congelada?

Professora: Imagine que seja gelo que acabou de derreter. Aí teremos água, a 0°C . Pense bem: o que acontece quando colocamos o refrigerante na água gelada?

- A2: O refrigerante esfria.
Professora: E a água?
A2: A água continua fria.
Professora: Fria como estava antes? Lembra do equilíbrio térmico? O que acontece com dois materiais diferentes quando colocados em contato?
A2: A água esquenta?
A3: Mas esquenta pouco!
Professora: Depende da quantidade de água e da quantidade de latinhas. Por que esquenta?
A1: Porque a latinha perde temperatura e a água ganha!
Professora: Perde temperatura? Não é bem isso.
A2: Perde energia.
Professora: Isso! E quando colocamos o refrigerante no gelo?
A2: O gelo esquenta?
A3: Não, o gelo derrete primeiro.
Professora: E como fica a temperatura durante a fusão?
A2: Permanece em 0°C. Então é isso, o gelo usa a energia para derreter e a água para aquecer!
Professora: Isso mesmo. Dependendo da quantidade de gelo e de refrigerante e do tempo que deixar, o refrigerante pode até chegar bem perto de 0°C. Agora escrevam.

Logicamente, essa seqüência de perguntas leva os alunos a pensar no equilíbrio térmico e nas trocas de calor, o que os conduzirá à resposta. O próximo passo é escrever a idéia, de modo que seja uma explicação coerente e justificada, o que não é fácil, mas é importante que se faça esse exercício de expressão, para que aprendam a escrever de acordo com a linguagem científica e não do mesmo jeito que falam.

Essa questão é importante, pois leva o aluno a retomar o conceito de equilíbrio térmico, que foi trabalhado no começo do curso (cap.2), e

utilizar esse conceito na resolução da questão apresentada, fazendo com que perca a visão de conteúdos como “compartimentos estanques”, que podem ser descartados, após a passagem do bimestre ou da avaliação.

A segunda questão aberta de mudança de estado, “Uma pessoa pretende cozinhar batatas, colocando-as em uma panela aberta, em fogo ‘baixo’. Quando a água entra em ebulição, desejando abreviar o tempo de cozimento, ela passa o fogo para ‘alto’. Conseguirá que as batatas cozinhem mais depressa? Por que?”, é considerada fácil pelos alunos que percebem logo que a temperatura de ebulição constante implica a não alteração do tempo de cozimento das batatas. Pode-se aproveitar a correção das questões para comentar que devemos economizar energia, pois isso faz bem não só ao bolso, mas também à natureza, e perguntar:

Professor: Como seria mais econômico, se quiséssemos cozinhar mais depressa?

A: Acendendo o fogo “forte”, enquanto a água não ferve, depois abaixando o fogo, deixando de preferência a panela tampada.

Professor: E o que aconteceria se deixássemos o fogo alto, se a temperatura não muda?

A: A água vai evaporar mais rápido. A água vai secar mais rápido.

Deve-se tomar cuidado para que não ocorra que um grupo, que chegue à resposta, explique-a para o outro grupo, pois isso faria com que não houvesse a discussão entre os componentes deste último. Outro cuidado é que não venham perguntar para o professor um ou dois alunos de vários grupos, ao mesmo tempo, porque, aí, alguns apenas seguem o raciocínio e “levam” a resposta pronta para os demais colegas do grupo.

As respostas podem ser recolhidas e corrigidas, se houver objetivo da parte escrita. Caso contrário, pode-se discutir as respostas, em grupo grande, com os alunos colocados em círculo, buscando que um complete a resposta do outro e finalizando, com o professor, redigindo na lousa as idéias de cada aluno que conduzem à resposta certa.

É importante que haja sempre um registro escrito da resposta, de modo que o aluno vá organizando uma “memória” dos fatos e discussões da classe.

As questões abertas também podem ser propostas como desafio para a classe. Temos sempre alunos ou salas que não se interessam em responder e é preciso tomar cuidado, pois os alunos têm uma “inércia de trabalho” bastante grande e, se não há a cobrança do professor, perde-se muito tempo em classe, até que a atenção do grupo volte-se para a resposta às questões.

Outro cuidado que deve ser tomado é quanto à anotação das respostas por todos os componentes do grupo, já que apenas um vai entregar. Se houver descuido, os demais componentes do grupo não têm a resposta anotada. É interessante que, na aula seguinte, o professor retome as questões e faça uma discussão geral para que os outros alunos possam corrigir suas respostas. Essa seria uma forma de recuperação contínua: os grupos que não conseguiram responder poderiam refazer em casa e entregar novamente as respostas.

PROBLEMAS ABERTOS

Os problemas abertos são situações gerais que são apresentadas aos grupos ou à classe, nas quais se discute desde as condições de contorno até as possíveis soluções para a situação apresentada. De forma diferente das questões abertas, que abrangem apenas os conceitos, o problema aberto deve levar à matematização dos resultados.

Essa atividade é muito diferente da resolução de problemas de lápis e papel, sendo que a alteração do problema de lápis e papel tem sido objeto de muitas investigações científicas e tem encontrado dificuldades muito superiores às da associação de práticas de laboratório com problemas científicos (Gil Perez et al., 1999). “Na realidade, não se ensina a resolver problemas, quer dizer, a enfrentar-se com situações desconhecidas, ante as quais o que resolve se sente inicialmente perdido, mas sim que os professores explicamos soluções que nos são perfeitamente co-

nhecidas e que , evidentemente, não nos geram nenhum tipo de dúvida nem exigem tentativas. A pretensão do professor é que o estudante veja com clareza o caminho a seguir; dito com outras palavras, pretendemos converter o problema em um não-problema”.(op.cit)

A resolução de problemas abertos é uma atividade bastante demorada, por incluir diversos aspectos:

“I – Considerar qual pode ser o interesse da situação problemática abordada: ... além de proporcionar uma concepção preliminar e de favorecer uma atitude mais positiva em relação à tarefa, permite uma aproximação funcional às relações Ciência–Tecnologia–Sociedade que continuam sendo, reconhecida sua importância, um dos aspectos mais geralmente esquecidos.

II – começar por um estudo qualitativo da situação, tentando abordar e definir, de maneira precisa, o problema, explicitando as condições que se consideram reinantes, etc.

Cabe destacar que isso é o que habitualmente os *experts* realizam ante um verdadeiro problema e o que em ocasiões se recomenda, sem demasiado êxito. Mas os alunos agora são obrigados a realizar a análise qualitativa: não podem evitá-la, tentando operar com dados e incógnitas, porque não dispõem destes. Têm que, necessariamente, imaginar a situação física, tomar decisões para “abordar” tal situação, explicitar o que se quer determinar, etc.”(Gil et al.,1992,p.13)

“Convém recordar a esse respeito as palavras de EINSTEIN: ‘Nenhum cientista pensa com fórmulas. Antes que o físico comece a calcular deve ter em seu cérebro o curso dos raciocínios. Estes últimos, na maioria dos casos, podem ser expostos com palavras sensíveis.’(Op. Cit., p. 8).

- III – Emitir hipóteses fundadas sobre os fatores dos quais pode depender a grandeza buscada e sobre a forma dessa dependência, em particular em casos limites de fácil interpretação física.” (Op.cit,p.14). Ao emitir hipóteses, o aluno desenvolve a criatividade, e precisa ser mais rigoroso, pois precisa fundamentar suas idéias.(...)
- “IV – Elaborar e explicar possíveis estratégias de resolução, antes de proceder a esta, evitando o puro ensaio e erro. Buscar distintos modos de resolução para possibilitar a contrastação dos resultados obtidos e mostrar a coerência do corpo de conhecimentos de que se dispõe.(...)
- V – Realizar a resolução, verbalizando ao máximo, fundamentando o que se faz.(...)
- VI – Analisar os resultados à luz das hipóteses elaboradas e, em particular, dos casos limites considerados,(...)
- VII – Considerar as perspectivas abertas pela investigação realizada(...)
- VIII– Elaborar uma memória que explique o processo de resolução(...)”(op. Cit. p. 15 a 17).

Dadas as atuais circunstâncias dos cursos de Física, a inclusão de um problema aberto no planejamento, apesar de contemplar muitos e importantes objetivos e o desenvolvimento de várias habilidades, deve ser pensado tendo em vista o número de aulas necessárias para seu completo desenvolvimento.

Tínhamos previsto resolver em classe os seguintes problemas:

1. “Quando aquecemos líquidos diferentes qual atinge uma certa temperatura, por exemplo, 50°C primeiro?”
2. “O que acontece com a temperatura do leite, quando adicionamos café?”
3. “Qual a diferença entre um pneu calibrado e um descalibrado?”

COMO USAMOS OS PROBLEMAS EM SALA DE AULA

Apenas um problema foi usado, o do “café com leite”: com os alunos sentados em círculo, foi proposto o problema. Inicialmente, a discussão girou em torno das temperaturas iniciais de cada um e da temperatura de equilíbrio.

A1: Como assim? Depende.

Professor: Depende de que?

A2: Depende da temperatura do leite e do café. Se eu puser café quente com leite quente é lógico que a mistura vai ficar mais quente!

Professor: Mais quente ou muito quente?

A2: Mais quente, porque a temperatura do café soma com a do leite.

A3: Não, a temperatura não soma, porque eu, em casa, ponho café quente no leite frio e fica morno.

Professor: O que é morno?

A3: Ah, é uma temperatura agradável, boa para beber,

A2: Mas eu gosto de tomar café com leite bem quente. Então, para mim, isso que é agradável.

Professor: Precisamos então sair do que “eu gosto” e começar a colocar um pouco mais objetivamente. Voltemos à pergunta: “O que acontece com a temperatura do leite, quando colocamos café?”

A1: Professora, já disse que depende.

Professor: E depende de que?

A2: Da temperatura inicial do leite e do café.

Professor: E de que mais?

A3: Da quantidade: um pode gostar de café com leite mais claro, outro mais escuro e, se as temperaturas não forem iguais, isso faz diferença!

Professor: Muito bem! Depende então das temperaturas iniciais do café e do leite e da quantidade de cada um. Em Física, nós costumamos falar da massa, porque a quantidade a que você se referiu, que é o volume, nós já vimos que dilata conforme a temperatura.

● **Nota:** os alunos já levantaram as grandezas envolvidas no problema e já perceberam que a diferença das condições iniciais levará a diferentes resultados. Estão percebendo a necessidade de fixar valores. A professora, no caso, busca resgatar o que de importante já foi dito e, enquanto a discussão acontece, ela se levanta (estava sentada no círculo com os alunos) e anota, na lousa, as observações relevantes para a resolução do problema. O próximo passo é que percebam o balanço energético.

Professor: Voltemos ao que A2 e A3 estavam falando. O que acontece quando coloco o leite, por exemplo, frio com o café quente, se pensarmos nas partículas?

A4: As mais quentes estão mais agitadas e as mais frias menos agitadas,

Professor: E aí...?

A4: As mais quentes passam temperatura para as mais frias até ficarem com a mesma temperatura.

Professor: Passam temperatura? Acho que não é bem isso!

A2: Passam energia. As mais quentes têm mais energia e fornecem energia para as mais frias até ficarem no mesmo nível.

A3: Ou seja, até ficarem com a mesma temperatura.

• **Nota:** percebe-se que os alunos ainda confundem temperatura, energia e calor, mas, se os fizermos parar e pensar, acabam corrigindo as idéias.

Professor: Então, colocando o café com o leite, a temperatura final fica a mesma, porque quem tem mais energia, ou seja, quem tem as partículas mais agitadas, passa essa agitação para quem tem as partículas menos agitadas. Lembram da discussão do laboratório? (Cap.3) Chegamos a uma expressão que relaciona essas grandezas que vimos que são importantes para chegarmos à resposta do problema, que era $Q = m.c.\Delta t$. O que era Q ?

A1: A quantidade de energia que o corpo ganha quando esquenta.

Professor: Então, como vamos escrever quanto de energia o leite ganhou? E quanto o café perdeu? Concordam que a energia que o leite ganha vem do café?

A3: É lógico! De onde viria?

Professor: Então $Q(\text{leite ganhou}) = Q(\text{café perdeu})$.

A2: Isso vale sempre?

Professor: O que vocês acham?

A4: Lógico, porque tanto faz o leite quente e o café frio ou o contrário; sempre o que um perde o outro ganha.

A3: E o ar? Não esfria tudo?

Professor: Sem dúvida. Com o tempo, tudo vai ficar com a temperatura ambiente. Como faremos para resolver esse problema que apareceu agora?

A2: E se a gente pensar que vai beber logo, não dá tempo de esfriar!

A3: Ou se a gente misturar em uma garrafa térmica.

Professor: Muito bem! Então, precisamos restringir nossa resposta: ela vale, desde que não deixemos muito tempo, para reduzir a influência do ambiente. Vamos anotar nossas hipóteses e nossas conclusões

A função do professor, durante a discussão, é fazê-los pensar e avaliar as diferentes situações. É um exercício que se torna difícil, para o professor, o fato de não dar a resposta pronta e, sim, fazer o aluno chegar à conclusão, devido à formação que teve. Isso, às vezes, gera nos alunos uma certa impaciência, já que eles também não estão acostumados a pensar e muitas vezes reclamam, chegando a dizer: “Pensar cansa!” ou “A senhora tem que dar a resposta, porque professora é para isso”. É preciso evitar, no entanto, que isso bloqueie as perguntas dos alunos. Tivemos casos de alunos que disseram: “Não pergunto mais, porque toda vez que eu pergunto, em vez da senhora responder, a senhora faz outra pergunta”. Ou ainda: “Tudo tem que ter um porquê?”

A partir do ponto da discussão acima, escrevemos a equação da situação, identificando as variáveis – e, especificamente, a variável que responderia à pergunta do problema – e como faríamos os cálculos para a conclusão. Iniciamos, escolhendo algumas temperaturas que corresponderiam a “quente” e “frio” e “morno”, e resolvemos numericamente para um caso.

A atividade levou duas aulas até conseguimos equacionar. Os alunos tiveram dificuldades com a resolução literal e ficaram mais satisfeitos ao trabalharem com os valores numéricos, o que levou mais uma aula.

5

SUGESTÕES BIBLIOGRÁFICAS PARA A SALA DE AULA

Os professores utilizaram textos de apoio referentes a alguns dos conteúdos desenvolvidos. Estes textos possuíam por objetivos principais:

- formalizar os conteúdos trabalhados em sala de aula;
- oferecer ao aluno o acesso a um material de estudo que não fosse limitado somente ao registro das aulas ou ao discurso do professor;
- servir como fonte de consulta de informações, para a realização de atividades posteriores;
- atenuar a utilização excessiva do quadro negro para a exposição de formulações matemáticas, definições e conceitos, o que dispenderia grande parte do tempo de aula.

Termodinâmica: Um Ensino Por Investigação

A seguir, elencaremos os textos recomendados pelos professores durante o curso:

1. *Teoria cinética e molecular da matéria*, do livro "Física 2" GREF. EDUSP, pp. 53 a 57.
2. *Variação de temperatura*. Texto elaborado pelo grupo de professores do Projeto.
3. *Mudança de Fase: Sólidos. Líquidos e Gases*, do livro "Curso de Física", v.2, Alvarenga e Máximo, Editora Scipione, pp. 661 a 668
4. *Leis da Termodinâmica*, de Antônio de Souza Teixeira Júnior. Revista Ensino de Ciências, FUNBEC.

6

RECURSOS TECNOLÓGICOS

Muito se tem discutido sobre os dispositivos que se podem empregar para o auxílio no processo de ensino. Um deles foi o questionamento dos efeitos e das formas de transmissão de conhecimentos da escola tradicional, que chamou a atenção dos educadores para a necessidade de renovação e de adaptação aos novos tempos, para a busca de uma comunicação mais atualizada com o educando. “A televisão e o vídeo, prolonga o ritmo do aprendizado, pois também é um momento de produção. Essa forma de comunicação deixa sempre um espaço livre para a participação criativa do receptor e possibilita com isso a expansão de seu imaginário, dentro daquilo que ele já conhece.” (Marcondes, 1988).

Baseando-nos em leituras adicionais, vimos que, no Projeto de Pesquisa, os recursos tecnológicos contribuem muito para sua eficiência e estão diretamente relacionados aos meios de informação, contribuindo, assim, um pouco mais para a melhoria na qualidade de ensino do educando.

“... é necessário que o educador compreenda o processo de informação, isto é, que esses recursos comuniquem alguma coisa a alguém”. (Oliveira, 1975).

Um dos objetivos do uso dos recursos tecnológicos é pensar e fazer pensar. Vemos que esses recursos são também meios de transmissão de informações, ajudando muito o educador, pois eles são mais ágeis, mais imaginativos, mais coloridos e aparentam trazer um sentido novo para o que já era conhecido.

Visando a uma melhoria qualitativa, especialmente na compreensão dos alunos e no desenvolvimento de habilidades de expressão escrita, oral e visual, resolvemos fazer o uso desses recursos, como revisão do conteúdo já trabalhado e, também, para auxiliar na construção do Modelo Atômico-Molecular, o que não impede de usá-los para outros fins.

Os recursos, que usamos e que indicamos no Projeto, são filmes sobre calor, temperatura e pressão, com os devidos roteiros, e dois *softwares* sobre a simulação de temperatura e pressão, com os respectivos guias de apoio, para o uso dos programas.

■ QUANTO AOS FILMES

1. CALOR E TRANSFERÊNCIA DE ENERGIA

Onde encontrar: VIDEOTECA DO IFUSP.

Produzido por: CORONET – FILMS.

Série: DIDAK.

Duração: 13 minutos.

Resumo: Do espaço cósmico ao centro da Terra, todas as coisas vivas e não vivas do nosso universo são atingidas por transformações energéticas – que geram calor –, como também pela transferência de energia térmica de um lugar para outro, por condução, convecção e irradiação. A teoria atômica explica a relação entre calor e energia ci-

nética dos átomos, íons e moléculas. Avanços tecnológicos ampliam nossa capacidade de controlar o calor e de observá-lo por meio de sensores infravermelhos.

O filme procura mostrar:

- calor como forma de energia, comparando-o com as energias elétricas, químicas e nucleares;
- a relação do cotidiano com o calor e a transferência de energia;
- calor pela teoria atômica;
- relação entre calor e energia cinética;
- atrito (com o chão e com o ar);
- velocidade x calor;
- calor como forma de movimento;
- energia térmica como forma de energia cinética.
- relação do calor (energia térmica) com energia elétrica (corrente elétrica), usando aparelhos domésticos;
- relação do calor com energia química (combustão), com o uso do balão de ar quente;
- o Sol, como a principal fonte de calor, sofrendo reações nucleares e transformando-se em calor. A Terra também sofre reações nucleares, na fissão de elementos radioativos (lava – vulcão).
- transferência de calor (por condução, dando vários exemplos);
- velocidade de condução do calor nos diferentes materiais;
- diferença entre condutores e isolantes;

- a teoria atômica demonstra que todos os sólidos conduzem calor, transmitindo as vibrações de uma partícula para outra, e que uns conduzem melhor o calor que outros. Todos os exemplos são feitos a partir do cotidiano.
- a convecção, que é feita através dos líquidos ou gases (ar e oceano);
- como o calor do Sol chega à Terra;
- a irradiação que é transmitida sob a forma de ondas eletromagnéticas que, diferente do calor, move-se no vácuo, sob a forma de fótons;
- que a velocidade de transferência de energia, varia de corpo para corpo;
- relação entre absorção e irradiação do calor.

☛ **Obs:** Em vários momentos do filme, é sempre bom retomar a diferença que existe entre calor e temperatura.

Ao término do filme, é importante que haja um espaço para discussão e reflexão, associando o filme ao cotidiano do aluno. Para iniciar o diálogo podemos apresentar perguntas, como:

Professor: Durante o nosso curso, em algum momento, tivemos fatos parecidos?

Al: Vendo o filme, lembrei do caso do Paulinho (avaliação dada), que ele discutiu com sua mãe, qual piso era o mais frio, o de lajota ou de madeira?

Professor: E o que fez lembrar disso?

Al: É que apesar dele estar certo, dizer que os dois tem a mesma temperatura, é difícil da gente aceitar.

- A2: É mesmo, pois quando medimos as temperaturas, no início do ano, de diferentes materiais, num mesmo ambiente, ainda assim dava uma pequena diferença.
- Professor: É que, quando fizemos as medições, nós não colocamos o termômetro dentro dos materiais (nem todos) e, sim, colocamos sobre eles, e isso pode ter dado uma pequena diferença de leitura.
- A3: E quanto aos balões, que ao receber ar quente, ele empurra o ar frio para baixo...
- A4: Aí é que aparece a condução...
ou... convecção?
- Professor: Alguém poderia explicar isso?
- A5: Explicar eu não sei, mas só sei que condução só acontece com sólidos e convecção com gases e líquidos.
- Professor: Pronto, eis a explicação!

2. CALOR, TEMPERATURA E PROPRIEDADES DA MATÉRIA.

- Onde encontrar: VIDEOTECA DO IFUSP.
- Produzido por: CORONET BY CENTRON FILMS.
- Série: DIDAK
- Duração: 15 minutos.
- Resumo: Altas temperaturas e brilho dos materiais (aço); dilatação térmica de materiais em função da temperatura (condução térmica); expansão dos gases – motor a combustão e seu funcionamento; estados da matéria.

- O filme procura mostrar:
- temperatura e processos industriais (modelagem de plásticos e metais);
 - temperatura e a velocidade nas reações químicas (baixa e alta);
 - processos vitais;
 - papel da geladeira;
 - aparelhos para medir temperatura (termômetros de coluna – relação do aumento do volume com o aumento da temperatura; termômetros a gás – baixas temperaturas; termistor e magnetômetro – com demonstração de uso);
 - escalas de medição de temperatura (Celsius, Fahrenheit e Kelvin), com os respectivos pontos de ebulição e fusão;
 - definição do zero absoluto (movimento molecular cessa);
 - Teoria Cinético-Molecular (movimento das partículas – maior ou menor, de acordo com a temperatura);
 - definição de calor e temperatura – diferenças existentes, com exemplos do cotidiano;
 - dilatação – exemplos das estruturas de concreto que usam o aço como reforço;
 - definição de calor latente;
 - definição de caloria (por meio da quantidade de calorias que um certo alimento fornece ao nosso corpo, em que não há relação com a temperatura – tabela de calorias e o processo para a obtenção para o número delas).

- ☛ **Obs:** Em muitos momentos, o filme trata o calor como calórico e é bom ressaltar a Teoria Cinético-Molecular, como também dar ênfase à diferença que existe entre calor e temperatura. Os conceitos aparecem rapidamente, mas o que é bom, é que são exemplos de situações do cotidiano.

Terminado o filme, tente fazer um diálogo relacionado com algum momento que mais chamou atenção.

- A1: Quando fala em mudança de escalas, eu me lembro daquele texto sobre a construção de termômetros e que eu tive que construir uma escala minha. Ah! Como sofri com a matemática!
- A2: Deu pra perceber como que os cientistas também sofriam e que nada era fácil.
- Professor: O importante foi ter entendido a história que o termômetro tem e que, a partir de agora, também fazemos parte dela.
- A3: Em vários momentos do filme, eu me via nas aulas iniciais, em que alguns alunos davam exemplos, de rachaduras de paredes de azulejos, de pisos, de pontes e, com isso, tenho certeza que não esquecerei nunca.
- Professor: Só relacionando com o seu dia-a-dia, é que você vai aprendendo de fato.
- A4: Quando citou a geladeira, eu consegui rever os quatro momentos do motor, dados naquelas transparências.
- Professor: O ciclo de um motor, que foi dado com um texto e com as transparências, para dar uma melhor explicação.

3. FILME DA SÉRIE “O PROFESSOR”. TRANSMISSÃO DE CALOR

Onde encontrar: VIDEOTECA DO IFUSP.

Produzido por: TV CULTURA.

Série: DIDAK – O PROFESSOR.

Duração: 28 minutos.

Resumo: O filme é apresentado em forma de diálogo entre o “professor” e uma menina. O cenário é a casa do professor, contribuindo para a imagem de que a física está no nosso cotidiano. Os conceitos são trabalhados de forma simples e envolvem temperatura, calor, condução e convecção. A seguir, será narrada a seqüência dos conceitos e como a explicação é realizada, cabendo ao educador decidir se o filme deve ou não ser utilizado integralmente.

O filme procura mostrar: Ao fazer o chá, aparecem os termos “quente” e “frio”. Então, o professor evidencia a necessidade de utilizar uma medida: a temperatura. Para realizar a experiência, o professor utiliza três recipientes com água, a temperaturas diferentes, e pede para a menina que, por meio do tato, verifique as diferenças. Surge a confusão, então, o professor mostra a necessidade de conceituar temperatura.

Continuando o diálogo, ele discute o que é calor (é a passagem de energia de um corpo de maior temperatura para um de menor). As idéias, no filme, são discutidas claramente, mas deve-se ter o cuidado de discutir bem o calor como forma de energia e sempre fazer a diferença com temperatura.

O filme continua, dando exemplos bem simples do cotidiano, para explicar os conceitos de troca de calor por condução e convecção, de isolantes e condutores térmicos.

Enfim, o filme é interessante, pois é rico em exemplos e os conceitos são claros, não esquecendo de enfatizar o calor como energia, nos momentos em que ele utiliza a idéia de calor como substância.

Eis alguns comentários surgidos após esse filme:

A1: A dúvida da menina é igual a nossa no início, pois a gente achava que o agasalho servia para esquentar o nosso corpo.

Professor: Temos que tomar cuidado, ao falar de calor e temperatura, pois podemos confundir...

A2: É verdade professora, pois outro dia um repórter disse que muita gente em Campos de Jordão, estava comprando vários casacos de lã, para esquentar o corpo.

Professor: Para manter a temperatura do corpo.

4. TEMPERATURA E LEI DOS GASES “O UNIVERSO MECÂNICO”

Onde encontrar: VIDEOTECA DO IFUSP.

Produzido por: The Annenberg/CPD Project e reproduzido pela TV Cultura.

Série: SRAV – FEUSP, número 45 – 1985.

Duração: 28 minutos.

Resumo: O apresentador tenta fazer uma conexão entre temperatura e o movimento aleatório dos átomos e moléculas, além de discutir: escalas termométricas; pressão de um gás; lei dos gases ideais (relacionando com a energia cinética). Mostra por meio de uma animação, a variação das velocidades das moléculas de um gás em um êmbolo, variando a pressão e o número de moléculas no êmbolo (assemelha-se muito ao *software* a ser utilizado). Todos os temas são tratados com uma parte histórica, atores e animações gráficas, e são apresentadas as Leis de Boyle, de Charles e de Gay-Lussac, assim como a Temperatura Absoluta.

Os filmes foram usados da seguinte maneira.

Um dos professores usou apenas a “Lei dos Gases”, do Universo Mecânico. Passou uma primeira vez e, uma segunda vez, passou parando e explicando, para que os alunos percebessem e anotassem o que mais chamava a atenção. Como sempre, alguns se interessaram e outros não. Os alunos assistiram a primeira vez, e na segunda, a professora foi parando a fita nos momentos fundamentais, explicando os seus significados: o que é pressão, a Lei de Boyle e a Lei de Gay-Lussac.

Nessas pausas foram feitas explicações e perguntas aos alunos, tais como:

Professor: Esses recipientes são chamados pistões. A tampa é móvel e a massa, em cima, representa a pressão atmosférica. O que tem de diferente entre os dois pistões?

A1: Um tem mais molécula que o outro.

A2: As moléculas estão mais rápidas.

Professor: E o que quer dizer isso?

- A1: Que tem mais energia.
A2: Que a temperatura é maior.
Professor: Reparem, então, na animação, o que está acontecendo no pistão que tem a temperatura maior?”
A1: A pressão é maior, porque a massa também é maior.
Professor: Isso mesmo. Então com maior temperatura, o gás consegue fazer uma pressão maior, porque tem maior energia cinética.

No final, ela fez um resumo no quadro com as leis dos gases, pois pensava que o conteúdo poderia se perder, caso não houvesse algum registro no caderno.

Outro professor utilizou apenas “O Professor” – Transmissão de Calor, como revisão das atividades para iniciar o Laboratório Aberto. Depois do filme, foi feita uma discussão geral com a participação de todos os alunos.

O mesmo filme foi utilizado por um terceiro professor, no final do curso, pois como não deu tempo para trabalhar todo o conteúdo previsto, pôde fazer, assim, uma revisão do ano todo. Muitos alunos conseguiram lembrar-se dos experimentos feitos em classe, fazendo comentários coerentes. No final, o professor pediu para que fizessem uma pequena avaliação, baseando-se no filme, sobre Calor e Temperatura. Ele ficou satisfeito com o resultado, pois vários alunos conseguiram colocar em um pequeno texto, o que havia ficado como aprendizado. Como revisão, ele achou válido.

Temos aqui parte das avaliações de alguns de seus alunos:

- A1: “Eu aprendi como saber a temperatura Celsius, Fahrenheit e Kelvin... a importância do calor em tudo... agora, quando vejo a água ferver, esfriar ou congelar, lembro da importância da física no nosso dia-a-dia... foi muito fácil aprender com os experimentos, pois onde eu estudava (entrou em agosto), as aulas eram dadas somente em teorias e era difícil de entender”.
(Lidiane Lima da Mata).
- A2: “(...) o professor tem que pegar no pé pra valer, e estar sempre estimulando a curiosidade e a inteligência do aluno com questões para serem resolvidas na hora, com experiências, filmes e etc.(...)” (Wagner Cruz da Silva).
- A3: “(...) as aulas de física nos ensina a trabalhar em grupos, onde há troca de informações, discussões e às vezes, o interessante, é que o aluno participa tanto, que se torna até o professor.(...); (...) às vezes, quando se fala em física, as pessoas tem a impressão que seja algo impossível de entender, mas na verdade, depois de textos, explicações, experimentos, filmes, a gente acaba percebendo que a Física, sempre esteve presente na nossa vida.”
(Samuel Silva Lima).
- A4: “Com o filme acabei entendendo o que tinha ficado meio confuso.” (José de Oliveira).

O quarto professor utilizou o vídeo completo; recebeu elogios sobre o conteúdo trabalhado, mas não pôde fazer nenhuma avaliação.

O quinto professor usou apenas parte do vídeo “O Professor” – Transmissão de Calor, depois do texto sobre a Convecção de Calor. Também não teve condições de avaliar. E o sexto, usou parte do vídeo.

■ QUANTO AOS SOFTWARES

Alguns professores, que participaram do projeto, utilizaram os *softwares* desenvolvidos pelo professor Dr. Norberto Cardoso Ferreira da Experimentoteca/Ludoteca do IFUSP (www.ludoteca.if.usp.br) e pelo prof. Ricardo Naruki Hiramatsu. Estes *softwares* possibilitaram a simulação do comportamento dos gases, mediante a alteração de variáveis como pressão, temperatura e volume. Desta forma, acompanhava-se as conseqüências destas alterações, permitindo, também, uma discussão a respeito da teoria cinético-molecular.

SOFTWARE 1

Conceitos que podem ser trabalhados:

- visão molecular de um gás;
- visão molecular para pressão;
- associação da velocidade das partículas com a temperatura.

Requisitos do Micro: (mínimo)

- Windows 95 (32 bits);
- resolução do vídeo 600 x 800 *pixels*;
- não precisa instalar (executável diretamente no disquete);
- nome do *software*: “Pressao.exe”.

Não esquecer de dizer ao aluno que o *software*:

- é uma simulação;
- as partículas são ideais;
- o número de partículas consideradas no programa é muito baixo em relação a realidade.
- não existem colisões entre as partículas, sendo que existe na realidade.

O *software* simula o efeito de pressão para um gás confinado em um cilindro com um êmbolo móvel, onde a posição desse vai depender do número de colisões das partículas do gás no êmbolo. Sendo pressão “alta” quando o êmbolo estiver na parte alta do cilindro, podemos obter pressão “alta”, de duas maneiras: aumentando a velocidade das partículas e/ou o número de partículas. E para obter a pressão “baixa”, é só fazer o processo inverso.

SOFTWARE 2

(Segunda parte do *software* 1 que trabalha com a noção de pressão)

Conceitos que podem ser trabalhados:

- tratamento estatístico da Teoria Cinético-Molecular;
- Lei de Boyle-mariotte;
- Lei de Charles.

Requisitos do Micro:

- Windows 95 (32 bits);
- resolução de vídeo 600 X 800 *pixels*;
- necessidade da instalação prévia para executar o *software*;
- nome do *software* “Gases.exe”.

Não esquecer de dizer ao aluno que esse *software* obedece às mesmas condições do anterior.

O *software* simula algumas partículas de gás confinado em um cilindro, com êmbolo fixo, sendo que, na parte inferior do cilindro, tem um forno; e faz a contagem das colisões das partículas no êmbolo.

Esse *software* trabalha com as Leis de Boyle-Mariotte e de Charles, produzindo gráficos de PRESSÃO X VOLUME e PRESSÃO X TEMPERATURA, respectivamente.

Vimos, até aqui, ao investigar e assistir aos fenômenos que envolvem o calor, trocas de calor e de transformação de energia, um espaço bem aberto para uma construção ampliada do conceito de energia.

Trabalhando com recursos tecnológicos, queremos que sejam desenvolvidas as seguintes competências e habilidades: representação e comunicação (que se conheçam fontes de informações e formas de obtenção de informações relevantes, sabendo interpretar notícias científicas); investigação e compreensão (que compreenda a Física presente no mundo vivencial e nos equipamentos e procedimentos tecnológicos); contextualização sócio-cultural (dimensionar a capacidade crescente do homem, propiciada pela tecnologia, de emitir juízos de valor em relação a situações sociais que envolvam aspectos físicos e/ou tecnológicos relevantes).

Para dar continuidade ao trabalho, podemos sugerir os seguintes sites:

1. PROJETO INTERAGE – SIMULAÇÕES INTERATIVAS
Experimentoteca – Ludoteca
<http://www.ludoteca.if.usp.br>.
2. ENSINO ON LINE – educare informática
<http://eu.ansp.br/~secedusp>
E – mail:secedusp@eu.ansp.br
3. Positivo Informática
<http://www.positivo.com.br>
E – mail:ensino-on-line_info@positivo.com.br
4. Nova Escola
<http://www.novaescola.com.br>
5. Prossiga
<http://www.prossiga.cnpq.br>
6. SciCentral
<http://www.scicentral.com.br>
7. Via Telemática
<http://www.darwin.futuro.usp.br/indel.htm>
8. Escola do Futuro da USP
<http://www.futuro.usp.br>
9. Multiservice
<http://www.multiservicenet.com.br>
10. Fisica.Net
<http://www.fisica.net>

PLANEJAMENTO

O planejamento, aqui apresentado, é uma sugestão para um curso semestral, com duas aulas semanais nas condições reais de nossas escolas públicas. Para tanto, ele está organizado, aula a aula, com a especificação do conteúdo a ser trabalhado, a atividade do professor, do aluno e também o material a ser utilizado.

Este planejamento começou a ser desenvolvido ao final do ano de 1997, ainda no Projeto de Educação Continuada, e, desde então, vem sofrendo alterações, fruto do resultado da aplicação das atividades em sala de aula, de suas adequações ao tempo e às condições de trabalho dos professores e das respostas dos alunos às atividades desenvolvidas. Por estes motivos, algumas atividades foram excluídas, outras incluídas ou ainda modificadas, o que reforça o caráter sugestivo, destacado anteriormente. Desta forma, cada professor deve adaptá-lo às suas condições de trabalho.

AULA	CONTEÚDO	ATIVIDADE DO PROFESSOR	ATIVIDADE DO ALUNO	MATERIAL
1	Física no cotidiano.	Fazer um levantamento de objetos do cotidiano ligados a calor e temperatura; anotar o levantamento da classe na lousa.	Participar da discussão. Anotar os levantamentos.	
2	Termômetros e escalas.	Fazer a experiência da água, a três temperaturas; levar termômetros diferentes para que os alunos meçam temperaturas.	Fazer a experiência do tato (3 temperaturas). Medir a própria temperatura, assim como de outros objetos.	Gelo, água quente, três vasilhas, termômetros: clínicos, Celsius e Fahrenheit.
3	Questões sobre equilíbrio térmico e condutividade.	Entregar as questões.	Respondê-las.	Cópias das questões.
4	Texto sobre termômetros.	Orientar a leitura do texto; discuti-lo com os alunos.	Ler o texto.	Texto: "Termômetros: sua evolução através dos tempos".
5		Continuação da aula anterior.	Responder às questões.	O mesmo.
6	Modelos de calor.	Experiência demonstrativa de condução de calor no fio de cobre ou de ferro. Discutir as possíveis explicações para o fenômeno. Orientar o relatório.	Assistir à demonstração, discutir-la em conjunto com a sala. Elaborar o relatório.	Do experimento: fio de cobre e de ferro, vela e lãparina. Resumo da teoria cinético-co-molecular.
7	Textos: "Calor: Substância?" "Teoria Cinético Molecular" — GREF.	Pedir que os alunos façam a leitura do texto. Colocar as questões.*	Ler o texto, resolver as questões	Texto do calor + texto da teoria cinético-molecular, do livro do GREF, como apoio.
8	AVALIAÇÃO 1.			1º avaliação.

* Conforme o texto de apoio usado, elaborar questões que verifiquem se o aluno compreendeu a Teoria Cinético-Molecular e as características dos estados físicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR JR., O.G. *Mudança Conceitual em Sala de Aula*. Belo Horizonte, 1995. Dissertação de Mestrado.
- ALONSO, M. E Gil, D. Los Exámenes de Física en la Enseñanza por Transmisión y en la Enseñanza por Investigación. *Enseñanza de Las Ciencias*, V.10,N.2, P.127-138, 1992a.
- ALONSO, M. E Gil, D. Concepciones Espontaneas de los Profesores de Ciencias sobre la Evaluación: Obstáculos a Superar y Propuestas de Replanteamiento. *Enseñanza de la Física*. V.5,N.2,P18-37. 1992b.
- AUSUBEL, D.P.; Novak., J.D.; Hanesian, H. (1980). *Psicologia Educacional*. Interamericana, Rio De Janeiro, 1980.
- AXT, R. O papel da experimentação no Ensino de Ciências; em *Tópicos em Ensino de Ciências* (Moreira, M.A. e Axt, R.). Sagra, Porto Alegre, 1991.
- BACHELARD, Gaston. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Contraponto. Rio de Janeiro, 1996.
- BLOSSER, Patrícia E. O Papel do Laboratório no Ensino de Ciências (Traduzido por M. A Moreira). *Cad. Cat. Ens. Física*, 5(2): (74 - 78).

- CARRASCO, Hernan Jammet ; Experimento de laboratório: Un enfoque sistêmico y Problematizador. *Revista de Ensino de Física*, 13 (77 - 85), 1991.
- CARVALHO, A.M.P. O uso do vídeo na tomada de dados: pesquisando o desenvolvimento do ensino em sala de aula. *Proposições*. Vol. 7, nº 1[19], 5-13, março de 1996.
- CARVALHO, A.M.P. *Construção do Conhecimento e Ensino de Ciências*. Em Aberto, Brasília, Ano 11, Nº 55. Julho-Setembro De 1992.
- CARVALHO, A.M.P. e Castro, R.S. História da Ciência: Investigando como usá-la num curso do segundo grau. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. Florianópolis, v.9, nº 3, p.225-37, 1992.
- CARVALHO, A.M.P.; Castro, R.S.; Laburu, C.E.; Mortimer, E.F. Pressupostos Epistemológicos para a pesquisa em ensino de ciências. *Cadernos de Pesquisa*, São Paulo, n.82, p.85-89, ago. 1992.
- CARVALHO, Anna Maria Pessoa De; Gil-Pérez, Daniel. *Formação de Professores de Ciências*. São Paulo: 2. Ed. Cortez, 1995.
- CARVALHO, A.M.P.; Garrido, E.; Castro, R.S. El Papel de las Actividades en la Construcción del Conocimiento en Clase. *Investigación En La Escuela*, (25), 60-70, 1995.
- CARVALHO, A. M. P.; Vannucchi, A.I.; Barros, M. A.; Gonçalves, M. E. R.; Rey, R. C. *Ciências no Ensino Fundamental: O Conhecimento Físico*. Editora Scipione, São Paulo, 1988.
- CARVALHO, A. M. P.; Vannucchi, A. I. *PEC- O Ensino de Termodinâmica*. São Paulo, 1997. Textos Seleccionados.
- CASTRO, R.S. *História e Epistemologia da Ciência; Investigando suas Contribuições num Curso de Física de Segundo Grau*. São Paulo, 1993. Dissertação de Mestrado.
- DARSIE, M.M. *Avaliação e Aprendizagem*. Cadernos De Pesquisa, São Paulo, (99);47-59, 1996.
- DRIVER, R., Guesnes, E., Tiberghien, A. *Ideas Científicas en la Infancia y la Adolescencia*, Morata, 1989.
- DRIVER R. E Newton P. *Paper Prepared For Presentation At The Esera Conference*. September, 1997, Rome.

- DUSCHL, R. La Valorización de argumentaciones y explicaciones: promover estrategias de retroalimentación. *Enseñanza de las ciencias*, 16(1), 3-20, 1998.
- EINSTEIN, A. 1954. *Ideas And Opinions*. New York: Crown.
- FERREIRA, Norberto Cardoso. *Proposta de Laboratório para a escola brasileira – Um ensaio sobre a instrumentalização no ensino médio de Física*. Dissertação de Mestrado, IFUSP, 1978.
- GARRET, R.M. Resolución de problemas y creatividad: implicaciones para el currículo de ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 6 (3), 224-230, 1988.
- GIL- PEREZ, D.; Torregrosa, J.M. *La Resolución de Problemas de Física*. Madrid, Mec, 1987
- GIL, D., Valdés Castro, P. La Orientación De las Prácticas de Laboratorio Como Investigación: Un Ejemplo Ilustrativo. *Enseñanza De Las Ciencias*, 14(2), 155-163, 1996.
- GIL, Daniel; Torregrosa, J. M.; Ramirez, L.; Carrée, A. D.; Gofard, M.; Carvalho, A. M.P., *Cadernos Catarinenses de Ensino de Física*, Florianópolis, V.9, N.1, P.7-19, abr.1992.
- GIL, D.; Valdés, P.; Salinas, J.; Torregrosa, J.M.; Guisasola, J. Gonzales, E. Pessoa, A. M. Tiene Sentido Seguir Distinguiendo Entre Aprendizaje de Conceptos, Resolución de Problemas de Lápiz y Papel y Realización de Prácticas de Laboratorio? *Enseñanza De Las Ciencias*. 1999, 17(2) 213 - 314.
- GRAF. *Física 2*. Edusp, São Paulo, 1992.
- HEWSON, P.W. *Teaching For Conceptual Change In Treagust, D., Duit, R., Fraser, B. (Ed) Improving Teaching And Learning In Science And Mathematics*. Teachers College Press. 1996.
- HEWSON, P., Beeth, M. Thorley N.R. Teaching For Conceptual Change. In Fraser B., Tobin K. *International Handbook Of Science Education*, Kluwer Academic Press, London, 1998
- KRASILCHIK, M. *O professor e o currículo de Ciências*. São Paulo: EPU/EDUSP, 1987.

Termodinâmica: Um Ensino Por Investigação

- LABURÚ, Carlos Eduardo. *A Construção do Conhecimento em Sala de Aula*. Tese de Doutorado, Feusp, 1993.
- LEMKE J.L. *Aprender A Hablar Ciencia: Lenguaje, Aprendizaje y Valores*. Paidós, Barcelona, 1997
- LEWIN, A .M.F.; Lomáscolo, T.M.M. La Metodologia Científica en la Construcción de Conocimientos. *Enseñanza De Las Ciencias*, 20(2), 147-1510, 1998.
- LÜDKE, M. André, M.E.D.A. *Pesquisa em educação: Abordagens qualitativas*. Editora Pedagógica e Universitária Ltda. São Paulo, 1986
- MAGGIE, W.F. *Source Book In Physics*. Mcgraw-Hill, New York, 1935.
- MARCONDES FILHO, C. *Televisão – A vida pelo vídeo*. Câmara Brasileira do Livro. Editora Moderna. São Paulo, 1988, p. 105.
- MOREIRA, M.A. *Uma Abordagem Cognitivista ao Ensino de Física*. Porto Alegre, Editora da Universidade, 1983.
- MOREIRA, M.A.; Levandowski, C.E. *Diferentes Abordagens ao Ensino de Laboratório*. Editora Da Universidade, Porto Alegre, 1983.
- MOREIRA, M.A.; Ostermann, F. Sobre o ensino do método científico. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.10, n.2, 106-117, 1993.
- MORTIMER, Eduardo Fleury. *Evolução do Atomismo em Sala de Aula: Mudança de Perfis Conceituais*. Tese de Doutorado, Feusp, 1994.
- PACCA, J.L.A.; Villani, A. Estratégias de Ensino e Mudança Conceitual na Atualização de Professores. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol.14, n. 4, 222 - 228, 1992.
- PIAGET, Jean. *A equilibração das estruturas cognitivas*. Zahar Editores. Rio de Janeiro, 1976.
- SANTOS, Marli Da Silva. *A Metodologia de Resolução de Problemas como Atividade de Investigação: Um Instrumento de Mudança Didática*. Tese de Doutorado, Feusp, 1993.
- SCOTT, P., Asoko M. M. , Driver R.. Teaching For Conceptual Change: A Review Of Strategies. In Tiberghien ^a, Jossem L. Barojas J. *Connecting Research In Physics Education With Teacher Education*, [www. Physics.Ohio-State.Edu/Jossem/Icpe/Toc.Html](http://www.Physics.Ohio-State.Edu/Jossem/Icpe/Toc.Html), 1998

- SILVA, Dirceu. *Estudo das Trajetórias Cognitivas de Alunos no Ensino da Diferenciação dos Conceitos de Calor e Temperatura*. Tese de Doutorado Feusp, 1995.
- SOUSA, Maria Helena Soares De; Spinelli, Walter. *Guia Prático para Cursos de Laboratório: do Material à Elaboração de Relatórios*. São Paulo: Ed. Scipione, 1997.
- TEIXEIRA, Odete Pacubi B. *Desenvolvimento do Conceito de Calor e Temperatura: a Mudança Conceitual*. Tese de Doutorado, Feusp, 1993.
- TOSCANO & GONÇALVES. *Física e Realidade*. Scipione, São Paulo, 1998.
- VANNUCCHI, A.I. *História e Filosofia da Ciência: da Teoria para a Sala de Aula*. São Paulo, 1996. Dissertação de Mestrado. IF/Fe, 1997.
- VILLANI, A. Planejamento Escolar: Um instrumento de atualização dos professores de ciências. *Revista de Ensino de Física*, volume 13 pp. 162-177 - dezembro de 1991.
- VILLANI, A. *Considerações sobre pesquisa em Ensino de Ciências*. Pré-print, Instituto de Física - Universidade de São Paulo, novembro de 1981.
- WHITE, R.T. ; Mitchell, I.J. Metacognition And The Quality Of Learning. Studies. In: *Science Education*.V.23,P21-37.1994.
- WHITE, R.T.; Gustone. R.F. Metalearning And Conceptual Change. *International Journal Science Education*. V.11 1989, P577-587.
- ZANETIC, J. *Física também é cultura*. Tese de doutorado apresentada à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo - FEUSP, São Paulo, 1989.

